

Manual del cafetero colombiano

Investigación y tecnología para la
sostenibilidad de la caficultura

Tomo 2



Manual del cafetero colombiano

Tomo 2

Investigación y tecnología para la
sostenibilidad de la caficultura





Ministro de Hacienda y Crédito Público
Mauricio Cárdenas Santamaría

Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural
Rubén Darío Lizarralde Montoya

Ministro de Comercio, Industria y Turismo
Sergio Díaz Granados

Director del Departamento Nacional de Planeación
Tatyana Orozco de la Cruz

COMITÉ NACIONAL

Período 1° enero/2011- diciembre 31/2014

José Eliécer Sierra Tejada

Jorge Cala Robayo

Eugenio Vélez Uribe

Fernando Castrillón Muñoz

Crispín Villazón de Armas

Javier Bohórquez Bohórquez

Fernando Castro Polanía

Iván Pallares Gutiérrez

Carlos Alberto Erazo López

Alfredo Yáñez Carvajal

Carlos Alberto Cardona Cardona

Darío James Maya Hoyos

Jorge Julián Santos Orduña

Luis Javier Trujillo Buitrago

Carlos Roberto Ramírez Montoya

GERENTE GENERAL

Luis Genaro Muñoz Ortega

GERENTE ADMINISTRATIVO

Luis Felipe Acero López

GERENTE FINANCIERO

Julián Medina Mora

GERENTE COMERCIAL

Andrés Valencia Pinzón

GERENTE COMUNICACIONES Y MERCADEO

Luis Fernando Samper Gartner

GERENTE TÉCNICO

Carlos Armando Uribe Fandiño

DIRECTOR INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

Fernando Gast Harders

Los trabajos suscritos por el personal técnico del Centro Nacional de Investigaciones de Café son parte de las investigaciones realizadas por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Sin embargo, tanto en este caso como en el de personas no pertenecientes a este Centro, las ideas emitidas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente las opiniones de la Entidad.

©FNC-Cenicafé - 2013

Créditos

Comité Editorial Cenicafé:

Fernando Gast H.

Ph.D. Director

Pablo Benavides M.

Ph.D. Ing. Agrónomo. Entomología

Juan Rodrigo Sanz U.

Ph.D. Ing. Agrícola. Ingeniería Agrícola

Juan Carlos Herrera P.

Ph.D. Biólogo. Mejoramiento Genético

Víctor Hugo Ramírez B.

M.Sc. Ing. Agrónomo. Fitotecnia

Marco A. Cristancho A.

Ph.D. Microbiólogo, Fitopatología

Sandra Milena Marín L.

M.Sc. Ing. Agrónomo. Divulgación y Transferencia

Asesoría Editorial

Olga Clemencia Parra C. Fundación Manuel Mejía

Edición de textos

Sandra Milena Marín L.

Diseño

Carmenza Bacca R.

Diagramación

María del Rosario Rodríguez L.

Óscar Jaime Loiza E.

Fotografías y dibujos

Cenicafé

Javier Rojas (Comité de Cafeteros del Huila)

Albeiro Cruz (Comité de Cafeteros de Nariño)

Hugo Mauricio Salazar (Comité de Cafeteros de Caldas)

Impreso por

LEGIS





Dedicatoria

En sus 75 años, Cenicafé dedica este Manual del Cafetero Colombiano, en su versión del año 2013, a los caficultores de Colombia que han posibilitado el proceso de investigación en torno al café, de manera ininterrumpida.

A Álvaro Jaramillo R. y a Jaime Arcila Pulgarín (q.e.p.d.) un reconocimiento por haber planteado esta iniciativa a la Dirección de Cenicafé, así como a los 70 autores que participaron en esta versión del Manual del Cafetero Colombiano.

A man wearing a light-colored hat and a blue polo shirt is harvesting coffee beans in a field. He is smiling and looking down at the beans he is picking. The field is lush with green coffee plants and some banana trees in the background. The scene is framed by a large yellow circular graphic on the right side.

Contenido

Manual del cafetero colombiano



Tomo 1

Prefacio

Presentación

Generalidades

El mercado mundial y nacional del café en el siglo XXI

Cenicafé a través de 75 años

El Servicio de Extensión acompañando la investigación para una mejor atención a los cafeteros de Colombia

Aportes de la investigación a la formación de los cafeteros

Gestión del riesgo agroclimático- Fuentes de amenaza climática para el café en Colombia

Gestión del riesgo agroclimático -Vulnerabilidad y capacidad de adaptación del sistema de producción de café

El cafeto

Taxonomía y clasificación del café

Estructura y funcionamiento de la planta de café

Variedades de café. Desarrollo de variedades

Aspectos agroecológicos

Factores climáticos que intervienen en la producción del café en Colombia

Suelos de la zona cafetera

Identificación de las principales unidades de suelos de la zona cafetera

Conservación de suelos y aguas



Tomo 2

Germinadores y almácigos

8 Germinadores de café

14 Manejo integrado de almácigos

22 Nutrición del café en la etapa de almácigo

Establecimiento del cultivo

28 Establecimiento de cafetales al sol

44 Establecimiento de sistemas agroforestales con café

64 Sistemas de producción de café en arreglos interespecíficos

85 Nutrición de cafetales

117 Manejo integrado de arvenses

143 Manejo integrado de enfermedades

179 Manejo integrado de plagas del café

215 Plagas del café: Broca, minador, cochinillas harinosas, araña roja y monalोनion

261 Otros habitantes naturales del cafetal

307 Renovación de cafetales

Cosecha

320 Cosecha del café



Tomo 3

Postcosecha y subproductos del café

Proceso de beneficio

Secado solar y secado mecánico del café

Calidad del café

Manejo y disposición de los subproductos y de las aguas residuales del beneficio de café

Recursos naturales

Recursos naturales y su conservación en zonas cafeteras

Otros retos de la caficultura

Producción de semilla de café Variedad Castillo® y sus compuestos regionales

Regionalización de la calidad del café de Colombia

Café con criterios de sostenibilidad

Sistemas Integrados de Gestión en Buenas Prácticas Agrícolas

Producción de café con calidad y prevención de riesgos

Anexos



Germinadores y almácigos

Germinadores de café

Carlos Alberto Rivillas Osorio; Álvaro León Gaitán Bustamante

La primera etapa del crecimiento vegetativo del café ocurre en el germinador. Esta etapa es importante en la medida que se inicia el desarrollo de los órganos vegetativos, que incluyen la raíz, el tallo y las hojas, que serán el soporte de los órganos reproductivos, directamente relacionados con la producción.

Un buen comienzo en el germinador mantendrá al máximo el potencial de crecimiento en las fases siguientes del cultivo, y es la base para el éxito de una inversión a largo plazo, cuando se renueva el cafetal por siembra nueva.

Este capítulo incluye la importancia de la selección de la semilla y los criterios para ello, la preparación del germinador y el manejo del volcamiento, principal enfermedad en la etapa de germinación del café.



La semilla: Insumo primario del germinador

De la calidad de la semilla dependerá la calidad del material con el que se desarrollará el almácigo. En Colombia, es necesario establecer cafetales con variedades resistentes a la roya del cafeto, debido a que ésta es la principal enfermedad que ataca a los cultivos en el país. Por esta razón, es indispensable adquirir **la semilla en los Comités de Cafeteros a través de los Almacenes del Café**, debidamente empacada e identificada con un código de barras para verificar su trazabilidad. La proporción de germinación de la semilla de Cenicafé es superior al 90%, luego de los procesos de lavado y secado (Alvarado, 2004).

Cenicafé no recomienda la selección de semilla en las fincas de los productores, debido a que se pierde la diversidad genética que es clave para mantener la resistencia a la roya.

Características de la semilla

La calidad de la semilla de café depende de su viabilidad, sanidad, apariencia e identidad. Además, es necesario tener en cuenta que la semilla del café no puede almacenarse por un largo período de tiempo.

Aunque las semillas de las variedades cultivadas actualmente en Colombia las produce Cenicafé, es necesario tener presentes algunos criterios que determinan su calidad y que son tenidos en cuenta por la Federación durante su proceso de obtención.

La semilla a sembrar debe provenir de frutos maduros de árboles sanos, de aspecto vigoroso y de buena producción. **El tamaño de la semilla** es determinante en el crecimiento de las plántulas de café, con incrementos del 50% o más si el grano es grande (250 mg) comparado con granos pequeños (130 mg).

Durante **el beneficio de los frutos** se deben evitar los daños en el embrión, el cual se ubica muy superficialmente en el grano, para esto la despulpadora tiene que estar graduada para no causar daños al pergamino, la eliminación del mucilago debe realizarse preferiblemente por fermentación y lavado, y el secado debe hacerse a la sombra con buena aireación. Si se aplica un secado mecánico, la temperatura nunca debe sobrepasar los 37°C, y la humedad final tiene que estar entre 11% y 12%. El desmucilagador mecánico puede generar plántulas con la raíz bifurcada (Figura 1) hasta en un 10% de la semilla sembrada, al afectarse la punta de la radícula del embrión cuando pasa por el desmucilagador, y este daño se manifiesta posteriormente como una ramificación de la raíz pivotante y reducción en la relación chapola/fósforo (Velásquez y Arcila, 2004); sin embargo, la raíz bifurcada no afecta el desarrollo posterior de la planta, y por el contrario, está asociado a un mayor crecimiento en las raíces y de la parte aérea de los almácigos (Arcila et al., 2007).

Condiciones de uso de la semilla

Una vez se tenga la semilla, **es importante que se utilice en el menor tiempo posible**, sin embargo, si se debe almacenar, debe hacerse en condiciones de temperatura ambiente, ya que los extremos térmicos afectan al embrión. Igualmente, condiciones de humedad



Figura 1.

- a. Aspecto de una chapola sana para ser trasplantada al almácigo;
- b. Chapola con raíz bifurcada.

por encima del 35% o debajo del 11% reducen el poder germinativo de las semillas hasta en un 60%, luego de 5 meses. **El promedio de la vida de una semilla de café bajo condiciones adecuadas de almacenamiento es de 6 meses.** Al momento de la siembra, las semillas deben estar libres de hongos, de pudriciones húmedas, y en general, tienen que exhibir un aspecto de almendra sana, razón por la cual es necesario verificar la etiqueta de la semilla como su apariencia física.

Para efectos de calcular la cantidad de semilla a sembrar, debe considerarse que 1,0 kg de semilla al 11,5% de humedad y con granulometría por encima de la malla 14 contiene alrededor de 4.000 semillas, de las cuales el 90% germina (Alvarado, 2004). El área requerida para sembrar 1,0 kg de semilla corresponde a por lo menos 1,5 m² (Castro y Rivillas, 2008). Las semillas que presenten pergamino (endocarpio) germinarán entre 50 y 70 días, mientras que aquellas que no lo tengan lo harán 20 días antes (Valencia, 1970). No es necesario remojar las semillas antes de llevarlas al germinador.

La preparación del germinador

El cultivo de café requiere de un germinador adecuado en cada finca, con el fin de garantizar un buen manejo agronómico y fitosanitario de las plantas en su estado inicial de desarrollo y de permitir una correcta selección de las chapolas al momento del trasplante al almácigo.

Los siguientes son criterios generales para la construcción del germinador:

El germinador debe construirse elevado del suelo, con su base al menos a 40 cm de altura, con el fin de evitar la salpicadura de aguas lluvias, contaminación con aguas de escorrentía o provenientes de desagües, daños ocasionados por animales domésticos y para minimizar el ataque del hongo patógeno *Rhizoctonia solani*, el cual es un hongo nativo del suelo causante del *Damping-off* o volcamiento. Ésta es la principal enfermedad en los germinadores de café, por reducir en un alto porcentaje la germinación de las semillas e impedir el crecimiento de los fósforos o de las chapolas de café, ocurriendo a manera de focos (Castro y Rivillas, 2008).

El germinador puede construirse en guadua u otra estructura más durable que permita drenar cualquier exceso de agua, ojalá en un lugar que tenga un sombrero regulado o también a campo abierto. En la condición a libre exposición se requiere de un riego exigente, ya que es importante mantener una saturación de agua, para que la semilla se embeba y se inicien los procesos propios de la germinación.

El germinador debe tener 30 cm de profundidad, y allí se coloca inicialmente una capa de gravilla de 1 cm de grosor, para proporcionarle un buen drenaje al sustrato, luego se ubica una capa de arena fina de río (arena de revoque), de 20 cm de grosor, la cual se debe cernir con el fin de quitar las piedras e impurezas de mayor tamaño, que puedan interferir con la germinación de la semilla. En esta capa de 20 cm de arena se dispone del espacio apropiado para el desarrollo radical del fósforo o de la chapola de café. Con la construcción del germinador en guadua, el tiempo útil de uso del mismo está entre 18 y 24 meses. A éste se le deben hacer revisiones periódicas para realizar refuerzos y reparaciones en la base del germinador, ya que ésta cede por el peso de la gravilla y de la arena.

Consideraciones prácticas

De especial cuidado en el germinador es el desarrollo de la raíz, el único órgano no renovable de la planta. La raíz desempeña un papel fundamental en el crecimiento y la producción del cafeto, debido a que determina el anclaje sólido de la planta en el suelo, es la entrada primaria de agua y nutrientes minerales y además, es la fuente de hormonas reguladoras del crecimiento. Por esta razón es prioritario realizar labores adicionales que reduzcan la presencia de *Rhizoctonia solani* y de otros patógenos del suelo que ataquen las raíces, y que no se generen problemas adicionales al hacer estas labores, por fitotoxicidad de ciertos químicos en el café.

No es recomendable construir germinadores de café empleando suelo cernido, debido a que en este sustrato se dificulta el proceso de germinación de las semillas y es fuente de patógenos. Aun con el uso de arena como sustrato, es necesario realizar una desinfección del mismo. Los caficultores utilizan diferentes sistemas, dentro de los cuales se tiene el uso de agua hervida, manejo no recomendado, ya que *Rhizoctonia solani* forma estructuras de resistencia (Esclerocios) con las cuales soporta altas temperaturas, pudiendo sobrevivir por largo tiempo y de este modo causarle mortalidad a las chapolas durante la permanencia en ese sustrato.

El tiempo total de permanencia de las chapolas en el semillero está entre 75 y 80 días. Un tiempo mayor en

el germinador ocasiona el incremento en la altura de las chapolas (Crecimiento ortotrópico), la presencia del primer par de hojas verdaderas, aspecto que dificulta la adaptación de las chapolas a las condiciones de almácigo y un crecimiento excesivo de la raíz, que puede obligar a un corte de la misma antes de la siembra en bolsa, para evitar problemas de malformaciones. La poda de la raíz pivotante presenta recuperación completa de la zona de crecimiento (Arcila *et al.*, 2007). Para este momento se puede presentar un 10% de chapolas débiles o cloróticas, y un 15% de fósforos, ambos casos no son recomendables para trasplante. El material a sembrar en las bolsas para la etapa de almácigo debe estar en condición de chapola normal (cotiledones abiertos), lo que permite seleccionar por la calidad (Figura 1a).

El volcamiento. Principal enfermedad durante la germinación

El volcamiento, *Damping-off* o mal del tallito, es una enfermedad causada por el ataque del hongo patógeno *Rhizoctonia solani*, hongo nativo del suelo, durante la etapa de la germinación.

El manejo actual en la agricultura busca preservar el medio ambiente, evitando en lo posible todo tipo de contaminación e impulsando en los cultivos un manejo sostenible, mediante el empleo de tecnologías limpias que limiten el uso de los productos químicos, se dispone de alternativas de **control biológico** basadas en la biorregulación de *R. solani* con el hongo *Trichoderma harzianum* (Tricho-D[®]) (Castro y Rivillas, 2005). Con este manejo hay que tener en cuenta que antes de aplicar el hongo antagonista en la arena debe realizarse un riego sobre ésta, con el fin de uniformizar su humedad. Luego, se aplica *T. harzianum* a una concentración de 10 g de producto comercial por 1 L de agua para 1 m² de germinador (Figura 2), y se colocan costales humedecidos sobre la arena y sobre latas de guadua que cubren externamente el semillero.

El producto biológico debe aplicarse sobre la arena 6 días antes de sembrar las semillas de café. Transcurrido este tiempo, se recoge 1 cm de la capa superior de la arena tratada, se distribuye la semilla uniformemente sobre ésta, y con la arena recogida se cubren las semillas, empleando una zaranda, para que quede homogénea la capa de arena sobre las semillas (Figura 2).

El uso de productos químicos es recomendado para limitar el impacto de *R. solani* pero deben seguirse las recomendaciones de Cenicafé, debido a que algunos de ellos, como el cobre, causan anomalías en las raíces de las chapolas (Castillo y Parra, 1959). Para realizar un manejo eficiente contra esta enfermedad se ha recomendado emplear el fungicida tiabendazol (Mertect[®]) a una dosis de 10 cc en 2 L de agua por 1 m² de germinador (Castro y Rivillas, 2008).

Una vez completado **el tratamiento biológico o químico**, nuevamente se cubre el germinador con los costales húmedos, tanto la arena como la tapa con latas de guadua, debido a que la luz tiene efectos inhibitorios sobre la formación de la raíz (Arcila *et al.*, 2007) y retarda la germinación. El riego del germinador debe hacerse sobre los costales que cubren la tapa de éste. Esta labor se realiza con cierta periodicidad (Según las condiciones climáticas). A los 40 y 65 días, los costales se retiran de la arena y de las latas de guadua, respectivamente.

El análisis económico de germinadores de café con el empleo del hongo *T. harzianum* (Tricho-D[®]) o del fungicida tiabendazol (Mertect[®]), indica que el productor de café además de obtener el beneficio con la construcción de su propio germinador, produciendo chapolas sanas y de buena calidad, reduce el costo unitario en 53%, en comparación con el valor de una chapola de menor calidad obtenida en germinadores comerciales (Castro y Rivillas, 2008).

La presencia de nematodos noduladores del género *Meloidogyne* spp. no es generalizada en esta etapa, pero en ocasiones se presenta y puede también afectar el normal desarrollo de las chapolas de café.



Figura 2.

Secuencia de preparación de un germinador por los procesos de manejo químico y manejo biológico de *Rhizoctonia solani* (Castro y Rivillas, 2008). **a.** Humedecimiento del sustrato y aplicación del hongo; **b.** y **c.** Cubrimiento del sustrato con costales húmedos; **d.** Después de 6 días se retira 1 cm de la capa superficial de arena del germinador; **e.** Distribución de la semilla; **f.** Cubrimiento de la semilla con la capa de arena

Recomendaciones prácticas

- El objetivo principal del germinador es obtener en un área reducida y a costos bajos un material seleccionable por su homogeneidad y buena calidad, que pueda ser trasplantado con éxito al almácigo. Por esto, no es recomendable la siembra directa de semillas en las bolsas de almácigo.
- La semilla a utilizar debe presentar todas las características de buena calidad de almendra, incluyendo su apariencia, tamaño, condición fitosanitaria, además de haber sido beneficiada de manera especial para preservar la viabilidad del embrión, condiciones presentes en las semillas entregadas por Cenicafé.
- Cuando se trate de sembrar lotes con material resistente a la roya se debe hacer con semilla certificada por Cenicafé, que asegura la diversidad genética y la herencia de características seleccionadas como grano excelso, productividad y calidad de taza.
- El germinador debe construirse elevado del suelo para evitar llegada de patógenos, y el sustrato debe ser tratado por medios químicos o biológicos para manejar de manera preventiva problemas de volcamiento, principal enfermedad en esta etapa.
- Un adecuado mantenimiento del germinador permite su uso durante varios años, reduciendo el costo de producción de chapolas. Igualmente, el sustrato puede ser reutilizado, pero realizando con cada siembra las labores de control fitosanitario.

Literatura citada

- ALVARADO, G. *Atributos de calidad de la semilla de café de las variedades Colombia y Tabi*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2004. 4 p. (Avances Técnicos No. 324).
- ARCILA P., J.; FARFÁN V., F.; MORENO B., A.M.; SALAZAR G., L.F.; HINCAPIÉ G., E. *Sistemas de producción de café en Colombia*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2007. 309 p.
- CASTILLO Z., J.; PARRA H., J. *Efecto tóxico del cobre en semilleros de café*. *Cenicafé* 10(4):109-117. 1959.
- CASTRO, A.; RIVILLAS, C. *Bioregulación de Rhizoctonia solani en germinadores de café*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2005. 8 p. (Avances Técnicos No. 336).
- CASTRO, A.; RIVILLAS, C. *Germinadores de café: Construcción, manejo de Rhizoctonia solani y costos*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2008. 12p. (Avances Técnicos No. 368).
- GAITÁN B., A.L. *Volcamiento o mal del tallito Rhizoctonia solani Kuhn*. Pag. 85- 90. En: GIL, F.; CASTRO, B.; CADENA, G. *Enfermedades del cafeto en Colombia*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2003. 224 p.
- VALENCIA A., G. *Tratamientos para acelerar la germinación de la semilla de café*. *Revista cafetera de Colombia* 19(146):55-59. 1970.
- VELÁSQUEZ, G.P.; ARCILA P., J. *El disturbio de la raíz bifurcada en plántulas de café*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2004. 8 p. (Avances Técnicos No. 321).

Manejo integrado de almácigos

Álvaro León Gaitán Bustamante; Carlos Alberto Rivillas Osorio;
Luis Fernando Salazar Gutiérrez

El café es una planta perenne, de la cual se espera una vida productiva de por lo menos 20 años. Es por esta razón que al renovar los cafetales por medio de siembras nuevas, es importante obtener el mejor y más vigoroso material de siembra para iniciar el cultivo. Es así como la planeación y manejo adecuado en la finca de las plántulas durante la etapa de almácigo, es determinante tanto para la calidad de las plantas obtenidas como para el éxito de la empresa cafetera.

En este capítulo se presentan las condiciones generales para el establecimiento del almácigo, una lista de chequeo para su manejo integrado, verificando las enfermedades y arvenses durante esta etapa, así como los aspectos clave para llevar los colinos al campo y garantizar su calidad para la siembra.



Conceptos Generales



Referirse a la etapa de almácigo conduce de forma directa a la renovación, que busca estabilizar el promedio de producción en la finca, al mantener cafetales jóvenes, abriendo la oportunidad de adoptar nuevas variedades mejoradas y de aumentar la densidad de siembra si ésta es muy baja, con beneficios en productividad y resistencia a enfermedades.

La renovación de cafetales es una práctica continua en la producción de café, la cual se realiza mediante el sistema de podas o con **siembras nuevas**. Cuando la renovación se hace mediante la siembra de nuevas plantas, el primer control de calidad debe realizarse en los germinadores, asegurándose de llevar solamente material sano al campo. Una vez las chapolas han alcanzado el estado de trasplante, es decir, que sus dos hojas cotiledonares están completamente extendidas, es el momento de iniciar la fase de **almácigo**. Plantas con un solo cotiledón presentan retrasos marcados en el crecimiento (Arcila et al., 2007).

Condiciones generales para el establecimiento de los almácigos

Es importante considerar que los costos de mantener plantas en el almácigo son mayores que en el germinador, y es fundamental para el futuro del cultivo producir plántulas con una condición sanitaria óptima, con el fin de garantizar el mayor crecimiento y desarrollo de las plantas adultas, de manera que tengan un alto potencial de productividad en el campo. De ahí la importancia

de tener en cuenta otros aspectos relacionados con el tiempo adecuado para la siembra, la forma de hacerlo, las condiciones del sitio y el manejo integrado del **almácigo**.

Con respecto al tiempo adecuado para la siembra en el almácigo, no se recomienda sembrar materiales en estado de fósforo, debido a que no puede hacerse una buena selección al momento de la siembra en la bolsa y éstos todavía son susceptibles al volcamiento, lo que puede llevar a múltiples resiembras.

Las chapolas del germinador deben trasplantarse por manojos para evitar la desecación. Si se requiere mover un alto número de chapolas es recomendable mantenerlas en condiciones húmedas, ya sea sumergiéndolas en un balde con agua o envolviéndolas en papel humedecido, hasta el momento de la siembra. Las chapolas deben quedar bien apretadas dentro de la bolsa, de manera que las raíces hagan buen contacto con el suelo; esto se logra introduciendo lateralmente un palo ahoyador luego de colocar la raíz, y presionando hacia el centro (Arcila et al., 2007).

En cuanto a las condiciones ambientales del sitio, es importante considerar **el brillo solar** que incidirá sobre el **almácigo**, ya que las plántulas pueden sufrir de golpe de sol, por el efecto lupa que tienen las gotas de agua sobre las hojas (Figura 1). Igualmente debe tenerse en cuenta que a medida que aumenta la altitud se disminuye el crecimiento de la parte aérea por efecto de la menor temperatura. La temperatura óptima para el crecimiento del café está alrededor de los 21°C, con límites de 10 y 32°C. Por encima de los 1.850 m de altitud no se recomienda establecer almácigos, ya que resultan en plantas enanas, cloróticas y con malformaciones,



Figura 1.

Colino de café afectado por golpe de sol.

posiblemente por efecto de la mayor radiación ultravioleta (Arcila *et al.*, 2007).

Manejo integrado en el almácigo

En el manejo integrado en la fase de almácigo deben considerarse los puntos de chequeo que se citan a continuación.

Material sano desde el germinador

Las chapolas que salen del germinador no deben tener síntomas de volcamiento o de cualquier otra pudrición, evidente por el color café oscuro o negro en el cuello de la raíz o en las raíces. Es posible que la raíz presente dos raíces principales, lo que se conoce como raíz bifurcada, la cual está asociada con el beneficio ecológico de la semilla (Velásquez *et al.*, 2003), y que no tiene ningún efecto negativo en el desarrollo y producción de la planta adulta.

Tamaño de la bolsa y edad de transplante

El crecimiento de la raíz está limitado por el tamaño de la bolsa. Cuando la raíz toca el fondo de la bolsa se produce un doblamiento irreversible en forma de "L", al que se le conoce como "**cola de marrano**" (Figura 2). Esta alteración en el crecimiento recto y en sentido vertical de la raíz tendrá efectos negativos en el anclaje de plantas adultas y en la absorción de nutrientes, causando raquitismo (Salazar, 1979; Salazar, 1991), y posiblemente, un incremento en la sensibilidad de la planta a sequías. Una

bolsa con capacidad de 1,0 kg de sustrato permite un adecuado crecimiento de la raíz, durante los primeros 4 meses. Si se planea mantener el almácigo por un período hasta de 6 meses, es necesario utilizar una bolsa de mayor capacidad, 2,0 kg aproximadamente. Almácigos de mayor edad son propensos a presentar los problemas antes mencionados en la raíz, por lo que no son adecuados para el transplante al campo. Tampoco es recomendable la poda de la raíz en esta fase del desarrollo, ya que representa una vía de entrada para patógenos del suelo.

Ausencia de nematodos

Los **nematodos del nudo radical**, que corresponden a varias especies del género *Meloidogyne*, encuentran en la etapa de almácigo un ambiente favorable para infectar las raíces de café en formación. La fuente primaria de estos parásitos es el suelo que se utiliza como sustrato, por lo que es importante verificar que las plantas que estuvieran creciendo en ellos estén libres de nematodos en sus raíces. Los síntomas del ataque de nematodos son los abultamientos que se observan como una cadena de perlas en las raíces, o los engrosamientos de la raíz principal (Figura 3). Las plantas afectadas por nematodos presentan un crecimiento reducido en su parte aérea y, en casos extremos, clorosis en las hojas y muerte.

Su control debe ser preventivo, por lo que se recomienda la aplicación al suelo de un producto biológico basado en hongos antagonistas como *Paecilomyces lilacinus*, *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* (MicosPlag®), remojando la chapola en una solución de 2 g.L⁻¹ antes de la siembra y aplicando 50 mL por bolsa



Figura 2.

Alteración del crecimiento de la raíz del café.



Figura 3.

Plántula de café con presencia del ataque de nematodos.

luego de una semana de sembrada (Castro y Rivillas, 2010).

También es posible agregar micorrizas antes de la siembra de las plantas (Rivillas, 2003), o alternativamente, se pueden usar extractos de hojas de la planta marigold (*Tagetes minuta*), en una concentración de 50 a 200 g de hojas por un litro de agua y un volumen de 40 mL por planta. El extracto se puede aplicar una sola vez, una semana después de transplantada la chapola en la bolsa (Rivillas, 2009). En Colombia, todavía no se cuenta con variedades resistentes a nematodos.

Manejo de mancha de hierro

Una adecuada nutrición por vía edáfica reduce el ataque del hongo *Cercospora coffeicola*, agente causal de la **mancha de hierro**, que se manifiesta como lesiones de color café oscuro en las hojas, con o sin halo amarillo alrededor (Figura 4). El hongo causa defoliación y las plántulas se retrasan en su desarrollo. Además de un deficiente estado nutricional, otro factor que puede influir en la aparición de ataques de mancha de hierro es la alta humedad en sitios con exceso de sombrío. El uso de micorrizas en germinadores y almácigos de café es una práctica que favorece la absorción de fósforo y otros nutrientes, al tiempo que la colonización de las raíces por parte de estos hongos benéficos presenta una barrera ante el ataque de patógenos del suelo, como nematodos y hongos (Rivillas, 2003).

La materia orgánica completamente descompuesta (Pulpa de café, gallinaza, pollinaza, cenichaza, lombricompost o lombrinaza) es una fuente alternativa de nutrientes para plántulas de almácigo, mezclada en proporción 3:1, tres porciones suelo y una porción de



Figura 4.

Plántula de café afectada por mancha de hierro.

materia orgánica. En su defecto, fertilizantes de síntesis como el fosfato diamónico (DAP), pueden utilizarse haciendo dos aplicaciones de 2,0 g por bolsa, a los 2 y 4 meses, sin sobrepasar esta cantidad, para evitar fitotoxicidad en las raíces. Plantas sembradas en suelos con contenidos de fósforo mayores de 14 mg.kg⁻¹ no responden a la fertilización con DAP (Ávila et al., 2007). La fertilización foliar no ha dado una respuesta que justifique su aplicación. Para almácigos propensos a ataques severos de mancha de hierro se recomienda complementar el manejo con la aplicación de 4 g.L⁻¹ de ditiocarbamatos (Dithane o Mancozeb) ó 1,0 cc.L⁻¹ de un triazol (Bayleton CE 250, Punch 40 CE o Alto 100 SL) (Cenicafé, 1993; Leguizamón, 1997).

Manejo de la roya del cafeto

Aunque no es usual observar ataques de roya en plantas de almácigo, la disponibilidad de inóculo combinada con las altas humedades, producto de continuas precipitaciones y bajas condiciones de luminosidad, pueden dar origen a epidemias de **roya en almácigos** de variedades susceptibles. En caso de que se aprecien pústulas del hongo *Hemileia vastatrix* en más del 5% de las plantas, es necesario iniciar un plan de aplicaciones de oxiclورو de cobre, a una concentración de 4 g.L⁻¹, con un volumen por planta de 10 centímetros cúbicos (cc). Productos basados en la molécula cyproconazol (Alto 100) deben ser aplicados al follaje, en una concentración de 1 cc.L⁻¹ y volumen de 10 cc/planta. Las aplicaciones de cyproconazol al suelo han mostrado tener efectos fitotóxicos en plantas jóvenes, por lo que no es recomendable usarlo de esta manera hasta que la planta alcance el año de edad (Gaitán et al., 2011).

Manejo de muerte descendente

El hongo *Phoma* spp. puede causar graves problemas en almácigos ubicados a altitudes mayores a 1.600 m. Este hongo se ve favorecido por corrientes fuertes de aire frío, para lo cual se recomienda instalar barreras rompevientos y polisombra (Villegas et al., 2009).

Control de cochinillas harinosas

Las raíces de plantas de almácigo pueden ser atacadas por **cochinillas**. Al igual que con los nematodos, la fuente de inóculo es el suelo con el que se llenan las bolsas, por lo que es necesario verificar en el sitio de origen si las plantas presentes allí exhiben agregaciones de estos insectos, las cuales se aprecian como masas blancas adheridas a las raíces. Las cochinillas en sus estados de ninfas y hembras adultas, se nutren de la savia de la planta, por lo que causan su debilitamiento, y además, dejan heridas abiertas que actúan como vías de entrada a hongos y bacterias del

suelo, que eventualmente ocasionan la pudrición de las raíces. Las cochinillas se han encontrado asociadas a más de 19 géneros de hormigas, por lo que la presencia abundante de estos insectos puede indicar problemas en las raíces. Una vez detectadas las cochinillas, es necesario aplicar directamente en el suelo 50 cc por bolsa de un insecticida de contacto, como clorpirifos, en concentración de 3 cc.L⁻¹ (Villegas *et al.*, 2009). Esta aplicación debe realizarse en lo posible con el suelo húmedo, a capacidad de campo, con el fin de que el producto penetre, y debe repetirse a los 15 días.



El muestreo, tanto para nematodos como para cochinillas, debe realizarse como mínimo a los 2,5 meses de establecido el almácigo, bien sea que se presenten síntomas o no en la parte aérea.

Manejo de arvenses

Las arvenses interfieren con el cultivo del café en todas sus etapas de desarrollo, siendo la etapa del almácigo una de las más críticas, ya que las arvenses pueden retrasar y afectar negativamente el crecimiento de la planta. La competencia de las arvenses con la planta se da principalmente por agua y nutrientes, y se expresa en la disminución de la altura, número de hojas, diámetro del tallo, peso total (Parte aérea y raíces), clorosis (Amarillamiento de las hojas) y pérdida de las ramas principales, entre otras. En esta etapa las arvenses también pueden ser hospedantes de nematodos y plagas como las cochinillas y babosas.

El manejo de arvenses en los almácigos de café se puede hacer al integrar los controles manual, cultural y químico. Las labores más recomendables son la desyerba manual y el manejo cultural. El primero puede realizarse si el número de plantas es reducido. El manejo cultural consiste principalmente en la regulación de la luz para el almácigo, la cual se logra al reducir la luz al 50%, mediante el empleo de sombrío transitorio de especies arbustivas como leucaena, matarratón, higuera, crotalaria y guandul, entre otros, o emplear semisombra con elementos artificiales como polisombra, latas de guadua o residuos vegetales. Igualmente, incluye el manejo del sustrato previo al llenado de las bolsas, con el fin de controlar las semillas de las arvenses antes de iniciar su proceso de germinación. Para ello, es posible

emplear la técnica de solarización del suelo, que consiste en exponer el sustrato de suelo debajo de una cubierta plástica transparente, con espesor entre 40 a 100 micras, y exponerlo directamente a la acción del sol durante 4 a 8 semanas. Otra práctica para el control cultural de arvenses es el uso de cobertura muerta, como cascarilla de arroz o cisco obtenido de la trilla de café, sobre el suelo en el almácigo ya establecido; esta cobertura obra como barrera física y retarda la germinación de las arvenses (Gaitán *et al.*, 2011).

Para el control químico de arvenses en almácigo se recomienda que una vez llenas las bolsas con el sustrato y antes de sembrar las plantas de café, se aplique por única vez el herbicida oxyflourfen 240 g de ingrediente activo por cada litro de formulación, en dosis de 1 a 2 L.ha⁻¹ (5 a 10 cm³.ha⁻¹ para un volumen de aplicación de 200 L.ha⁻¹). La aplicación debe hacerse sobre el suelo sin arvenses y en estado húmedo. Este herbicida es de tipo preemergente, es decir, actúa antes o en el momento de la germinación y sobre plántulas recién emergidas de las arvenses (2 a 4 cm de altura), controla gramíneas, cyperaceas y arvenses de hoja ancha, y su persistencia de control alcanza hasta los 90 días. El herbicida forma una barrera química para la emergencia de las arvenses, y contrario a lo que se cree no es una barrera física, por lo cual no hay impedimentos en disturbar el suelo después de su aplicación para sembrar la planta de café o para la fertilización (Valenzuela *et al.*, 1985). Su absorción por las raíces no es significativa, por lo cual no hay problemas al trasplantar la planta de café a la bolsa después de su aplicación, pero se debe evitar el contacto del producto con los meristemos (Gómez *et al.*, 1985).

La opción de descopar los colinos

Un colino de café descopado es aquel cuya yema terminal, estando en el almácigo, se corta para estimular la formación de dos tallos sobre el mismo eje. Una de las ventajas de usar este tipo de colinos, en comparación con la siembra de dos chapolas por bolsa (Uribe y Mestre, 1988), consiste en que se ahorra el valor de una chapola de café. En el caso del colino descopado se debe cortar la yema terminal de la planta luego de tres meses de edad y antes de que se forme la primera cruz (Figura 5).

Descopes tardíos corren el riesgo de llevar al lote tallos de menor desarrollo, mientras que descopes más tempranos podrían limitar seriamente el desarrollo de los nuevos tallos. El corte se hace tomando la yema terminal entre los dedos pulgar e índice, por encima del último par de hojas formado, y luego es necesario aplicar un fungicida protector (Como carbendazim), pues el corte es una herida que facilita la entrada de hongos. Esta práctica se recomienda para las variedades de porte bajo, con lo que se aumenta la población de tallos por hectárea y, por ende, se incrementa la productividad (Duque *et al.*, 2003).



Figura 5.

Descope de colinos de café.

El trasplante en el campo

El trabajo de un almácigo exitoso debe culminar con un buen trasplante en el campo, para lo cual deben considerarse los siguientes aspectos:

El tamaño del hoyo y profundidad de la siembra

Tanto en la siembra de las chapolas en las bolsas como durante el trasplante en el campo, debe asegurarse que el cuello de la raíz quede al nivel del suelo y no a una profundidad mayor. Tallos enterrados en hoyos muy profundos terminan en un ambiente que no es favorable para la fisiología de su epidermis, lo que hace que los tejidos se afecten y se conviertan en una vía de entrada para microorganismos del suelo, que al invadir el interior obstruyen el movimiento de agua, nutrientes y hormonas, entre la parte aérea y la raíz, ocasionando la muerte de la planta.

Las hojas se aprecian con clorosis y epinastia (Curvatura hacia abajo), y al extraer la planta del suelo se observa un anillamiento por encima del cuello de la raíz (Figura 6). En su interior, el tronco presenta pudrición, y en algunos casos coloraciones púrpuras, indicativo de las infecciones por hongos del género *Fusarium*. Este síntoma no se encuentra en parches en el lote, sino distribuido de manera homogénea. No hay manera de corregir este problema salvo eliminar el material sembrado y reemplazarlo por uno sembrado correctamente (Gaitán et al., 2011).

Es necesario disponer correctamente de las bolsas plásticas tanto en almácigos como en las siembras,

debido a que su abandono en el campo, así como la acumulación de basuras, piedras y troncos, crean condiciones de refugio para que proliferen babosas, las cuales posteriormente atacan los tallos de café causando anillado (Posada et al., 2001). En el almácigo el riego debe hacerse preferiblemente en horas de la tarde, de esta manera las bolsas podrán tener humedad por más de 12 horas.

Ausencia de focos de llaga negra o llaga estrellada y cochinillas harinosas

Es importante que el suelo que va a recibir las plantas no tenga antecedentes de ataques de *Rosellinia pepo* o *Rosellinia bunodes*, agentes causales de la llaga estrellada y de la llaga negra respectivamente. A diferencia de la llaga macana, estas dos llagas son enfermedades que permanecen en los trozos de raíces dejados en el suelo, luego de que el hongo *Rosellinia* ha causado la muerte de la planta, por lo que no es suficiente con remover la planta afectada, si no que es necesario extraer las plantas que rodean el foco, remover los residuos vegetales, tratar el suelo mediante solarización o aplicación de controladores biológicos, especialmente *Trichoderma*, y proteger las raíces de las nuevas plantas a sembrar con hongos benéficos como micorrizas. Si no se realizan estos tratamientos, la zona afectada va a extenderse y los nuevos materiales sembrados serán eventualmente afectados, al cabo de 6 a 12 meses, generando parches en los lotes donde no es posible mantener plantas vivas (Gutiérrez et al., 2004)).

En lo que respecta a las cochinillas harinosas, se hace necesario realizar un muestreo del lote a sembrar, el

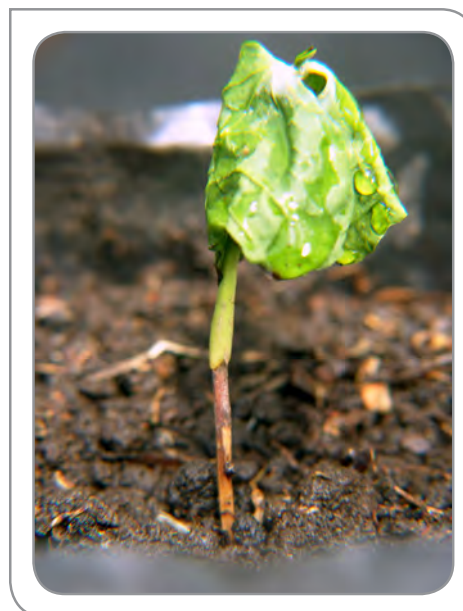


Figura 6.

Anillamiento del cuello de la raíz por siembra profunda en el almácigo.

cual puede hacerse verificando si las chapolas que se encuentran en el suelo presentan cochinillas, en cuyo caso se requiere hacer manejo (Ver capítulo Plagas del café. Tomo 2)



¡Calidad, oportunidad y manejo integrado del almácigo, mayor producción y productividad del café!

Recomendaciones prácticas

Utilice en los almácigos suelo libre de enfermedades y plagas, verificando que las plantas existentes previamente en ese suelo estén sanas.

- Siembre solo chapolas de café con buen crecimiento de raíces y sin síntomas de pudrición.
- Aplique agentes de control biológico como micorrizas y hongos antagonistas.
- Revise una vez al mes el desarrollo de las plantas de café en el almácigo, haciendo muestreos en las raíces de una de cada 100 plantas.
- Evite deformaciones de la raíz cuando el crecimiento de la misma sobrepasa la profundidad de la bolsa.
- Lleve al campo solo material sano, lo que garantiza el mejor desarrollo y productividad de las plantas en los ciclos de producción venideros.
- Si va a comprar almácigos, hágalo en lugares certificados por el SENA y registrados ante el ICA.
- Recuerde que el ICA puede exigir una “Guía de Movilización” si se transportan almácigos por las vías nacionales.

Literatura citada

- ARCILA P., J.; FARFÁN V., F.; MORENO B., A.M.; SALAZAR G., L.F.; HINCAPIÉ G., E. *Sistemas de producción de café en Colombia*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2007. 309 p.
- ÁVILA R., W.E.; SADEGHIAN K., S.; SÁNCHEZ A., P.M.; CASTRO F., H.E. *Producción de almácigos de café en el departamento de Santander con diferentes fuentes de materia orgánica y de fósforo*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2007. 12 p. (Avances Técnicos No. 356).
- BAEZA A., C.A.; LEGUIZAMÓN C., J.E. *Control de nematodos en almácigos*. Chinchiná : CENICAFÉ, 1978. 2 p. (Avances Técnicos No. 74).
- CENICAFÉ. *Control químico de la mancha de hierro en almácigos de café*. Chinchiná : CENICAFÉ, 1993. 8 p. (Avances Técnicos No. 192).
- DUQUE O., H.; ARBOLEDA V., C.; ARCILA P., J. *Colinos de café descopados: Una opción para obtener altas densidades de siembra a menor costo*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2003. 4 p. (Avances Técnicos No. 309).
- GAITÁN B., A.L.; VILLEGAS G., C.; RIVILLAS O., C.A.; HINCAPIÉ G., E.; ARCILA P., J. *Almácigos de café : Calidad fitosanitaria, manejo y siembra en el campo*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2011. 8 p. (Avances Técnicos No. 404).
- LEGUIZAMÓN C., J.E. *La mancha de hierro del cafeto*. Chinchiná : CENICAFÉ, 1997. 8 p. (Avances Técnicos No. 246).
- POSADA F., F.J.; CÁRDENAS M., R.; ARCILA P., J.; GIL V., L.F.; MEJÍA M., C.G. *Las babosas causantes del anillado del tallo del cafeto*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2001. 8 p. (Avances Técnicos No. 289).
- RIVILLAS O., C.A. *Las micorrizas arbusculares en el cultivo del café*. p. 64-74. En: GIL V., F.; CASTRO, B.L.; CADENA G., G. *Enfermedades del cafeto en Colombia*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2003. 224 p.
- RIVILLAS O., C. *Efecto de Tagetes minuta en la protección de raíces de café del complejo Meloidoyne incognita y M. javanica*. Medellín : ASCOLFI, 2009. 126 p.
- SALAZAR A., J.N. *Sistemas de siembra del café en almácigo*. Chinchiná : CENICAFÉ, 1979. 4 p. (Avances Técnicos No. 92).
- SALAZAR A., J.N. *Efecto del tamaño de bolsa sobre el desarrollo de "colinos" de café*. Chinchiná : CENICAFÉ, 1991. 4 p. (Avances Técnicos No. 170).
- URIBE, H.; MESTRE, M. *Efecto de la distancia de siembra y del número de plantas por hoyo sobre la producción de café (Coffea arabica L. var. Caturra)*. Cenicafé 39(1):15-27. 1988.
- VALENZUELA, G.; GÓMEZ, A.; RAMÍREZ, C. J.; CRUZ, R. *Manejo y control integrado de malezas en cafetales y potreros de la zona cafetera*. Chinchiná : Federación Nacional de Cafeteros, 1985. sp.
- VELÁSQUEZ, G.P.; ARCILA P., J.; ARISTIZÁBAL L., M. *Relación entre el proceso de beneficio de la semilla de café Coffea arabica var. Colombia y el disturbio de la raíz bifurcada*. Cenicafé 54(4):316-328. 2003.
- VILLEGAS G., C.; GIRALDO J., M.; BENAVIDES M., P.; GIL P., Z.N. *Aprenda a diferenciar la muerte descendente y la chamusquina en árboles de café*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2009. 8 p. (Avances Técnicos No. 385).
- VILLEGAS G., C.; BENAVIDES M., P.; ZABALA E., G.A.; RAMOS P., A.A. *Cochinillas harinosas asociadas a las raíces del café: Descripción y biología*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2009. 8 p. (Avances Técnicos No. 386).

Nutrición del café en la etapa de almácigo

Siavosh Sadeghian Khalajabadi

Contar con un almácigo vigoroso es el primer paso para el establecimiento exitoso de los cafetales y su permanencia en el campo; de allí, la necesidad de llevar a cabo labores que contribuyan en su obtención, entre las cuales la **nutrición** ocupa un lugar importante.

En el café los requerimientos nutricionales varían según la etapa de crecimiento, entre las que se encuentran la etapa germinativa, almácigo, crecimiento vegetativo o levante y crecimiento reproductivo o producción. En cada una de ellas es necesario responder las siguientes inquietudes: ¿Qué aplicar?, ¿Cuánto aplicar?, ¿Cuándo aplicar?, ¿Dónde aplicar? y ¿Cómo aplicar? (Sadeghian, 2008).

Específicamente en la etapa de almácigo, la cual transcurre desde el transplante de la chapola en la bolsa hasta el momento de la siembra en el campo, que tiene una duración aproximada de 4 a 6 meses, la planta responde positivamente a la aplicación de abonos orgánicos y a las aplicaciones de fósforo.

Cuando en esta etapa se emplean bolsas con el tamaño adecuado (17 x 23 cm), y se hace una buena mezcla con el abono orgánico, además de llevar plantas más vigorosas al campo, se enriquece el sitio de siembra con nutrientes y se mejoran las condiciones físicas y biológicas del suelo.

Finalmente, el efecto de esta etapa se puede reflejar en los rendimientos de las primeras cosechas.



Requerimientos nutricionales en el almácigo

En el café la etapa de almácigo transcurre desde el transplante de la chapola en la bolsa hasta el momento de la siembra de los colinos en el campo.

Una vez la “chapola” o la plántula de café alcance el tamaño óptimo en el germinador, ésta debe transplantarse a una bolsa plástica con suelo solo o suelo en mezcla con abono orgánico, lugar en el que permanecerá entre 4 y 6 meses, según el tamaño de la bolsa empleada, la fertilidad del sustrato y las condiciones climáticas predominantes (Humedad, temperatura y luz, principalmente).



Contar con un almácigo vigoroso es el primer paso para el establecimiento exitoso de los cafetales y su permanencia en el campo; de allí, la necesidad de llevar a cabo labores que contribuyan en su obtención, entre las cuales la nutrición ocupa un lugar importante.

Durante la fase de almácigo, al igual que en el establecimiento y la etapa de producción, la planta de café requiere de elementos que se consideran esenciales para su crecimiento y desarrollo, razón por la cual son llamados **nutrientes**.

Con referencia a lo expuesto, se debe resaltar que la práctica de la fertilización se ocupa básicamente de proporcionar los elementos minerales, es decir, aquellos que se encuentran en el suelo.

Nutrientes esenciales para el almácigo según su demanda

Provenientes del agua y de la atmósfera	Provenientes del suelo	
Carbono-C Hidrógeno-H Oxígeno-O	Macronutrientes Nitrógeno-N Fósforo-P Potasio-K Calcio-Ca Magnesio-Mg Azufre-S	Micronutrientes Hierro-Fe Manganeso-Mn Cobre-Cu Cinc-Zn Boro-B Cloro-Cl Molibdeno-Mo Níquel-Ni
Representan alrededor del 95% del peso de la planta	Representan el 5% del peso de la planta restante	

(Malavolta, 2006)

La cantidad absorbida de los nutrientes minerales por la planta de café depende de la interacción entre los mismos factores que determinan su crecimiento: La variedad, el suelo, el clima y el manejo.

Para dos unidades cartográficas de suelo -Venecia y Salgar- se reportan las siguientes cantidades extraídas por planta, con pesos secos entre 6 y 8 g: N 72,66-157,60 mg, P 20,15-29,94 mg, K 137,99-211,18 mg, Ca 34,19-35,46 mg, Mg 15,87-20,49 mg, Fe 7,67-22,11 mg, Mn 0,91-1,23 mg, Zn 0,24-0,32 mg, Cu 0,15-0,17 mg y B 0,13-0,16 mg (Sadeghian y González, 2012).

En muy pocas ocasiones, las reservas de nutrientes contenidas en el suelo suplen en su totalidad la demanda de las plantas, de allí la necesidad de proporcionarlos vía abonamiento. Al respecto, se resalta que los mejores resultados se han obtenido mediante el empleo de abonos orgánicos y fertilizantes ricos en fósforo, como el DAP (Figura 1).

A continuación se presentan los principales nutrientes para la adecuada nutrición del café en la etapa de almácigo.

Abonos orgánicos

Los fertilizantes de origen orgánico además de satisfacer los requerimientos nutricionales de las plantas, mejoran las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo para el crecimiento de raíces.

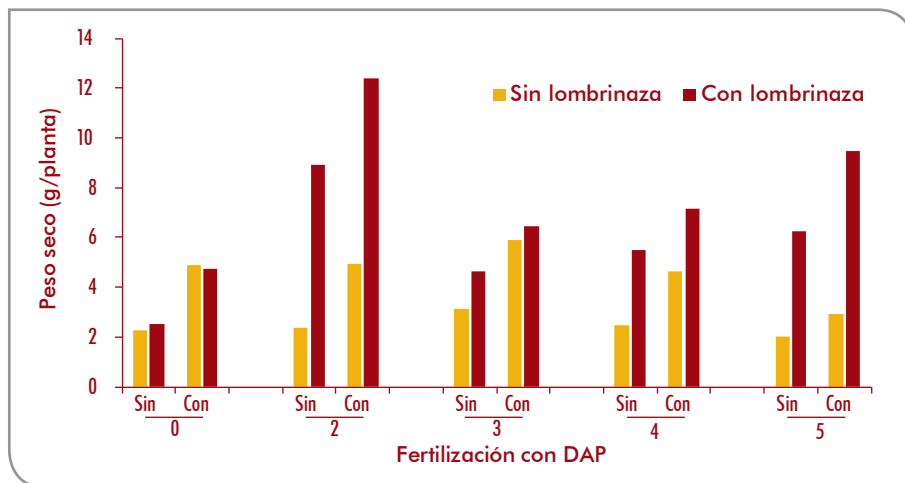


Figura 1.

Efecto combinado de la lombrinaza y DAP sobre el peso seco de las plantas de café, en cinco suelos de la zona cafetera. Adaptado de Díaz (2006).

Por lo general, la fuente de mayor disponibilidad en las fincas cafeteras es **la pulpa**, en cuyo caso se recomienda su uso sólo cuando está descompuesta. Para ello, se sugiere mezclarla con el suelo en proporción 1 a 1 en volumen (Mestre, 1973).

En el caso que se disponga de otras fuentes, como **lombrinaza de pulpa de café** (Salazar, 1992; Salamanca y Sadeghian, 2008), **gallinaza** (Salazar y Mestre, 1990; Ávila y Sadeghian, 2010), **estiércol vacuno** (Salazar y Montesino, 1994), **pollinaza** (Ávila y Sadeghian, 2010) o **cenichaza** (Salazar y Mestre, 1993), puede llevarse a cabo una mezcla en relación de 3 a 1 (Suelo:abono orgánico).

Se ha demostrado que el contenido de la materia orgánica del suelo no es un factor para ajustar las proporciones sugeridas de las anteriores mezclas, pues ésta en su composición y propiedades químicas difiere a los abonos orgánicos, los cuales normalmente ofrecen una mayor disponibilidad de los nutrientes a corto plazo (Salamanca y Sadeghian, 2008).

Consideraciones prácticas

La cantidad de abono orgánico requerido depende del número de plantas a sembrar, de la proporción de mezcla con el suelo y del tamaño de la bolsa de almácigo. Por ejemplo, cuando se hace una mezcla de tres partes de suelo por una parte de abono orgánico y se emplean bolsas con dimensiones 17 x 23 cm, con un volumen equivalente a 2,0 dm³ (Aproximadamente 2 kg), se necesitan 2,5 m³ de abono orgánico, si la plantación tiene una densidad de 5.000 árboles/ha.

Fósforo

Cuando se emplean bolsas grandes (17x23cm), se sugiere aplicar 2,0 g de fósforo (P₂O₅) por planta, a los 2 meses y a los 4 meses después del transplante, mientras que para bolsas más pequeñas es suficiente con la primera aplicación, pues normalmente el transplante se lleva a cabo antes de los cuatro meses. El fertilizante más empleado es el DAP, el cual contiene 46% de fósforo (P₂O₅) y 18% de nitrógeno; otras fuentes de este elemento son el MAP (11% de N y 53% de P₂O₅), el 10-30-10 y el 10-40-10, entre otros.

Nitrógeno, potasio y magnesio

Dosis superiores a 1,0 g/planta de nitrógeno resultan tóxicas para la planta (Salazar, 1977) y dosis menores tienen poco efecto (Sadeghian y González, 2012), razón por la cual se sugiere no emplearlo durante esta fase. La aplicación superficial de potasio (K₂O) en dosis iguales o menores a 2,0 g/planta no afecta el crecimiento (Salazar, 1977), mientras que al incorporar cantidades superiores resultan perjudiciales (Sadeghian, 2012). Efectos similares causa el magnesio cuando se emplean fuentes muy solubles –por ejemplo sulfato–, resultado que se relaciona con la salinidad generada por la fertilización (Figura 2).

Encalamiento

El encalamiento es una práctica por medio de la cual se busca corregir los problemas de acidez del suelo y aportar nutrientes como calcio y magnesio (Sadeghian, 2008).

Al emplear abonos orgánicos en dosis sugeridas se corrigen los problemas de acidez, por lo tanto, no será necesario encalar el suelo (Díaz et al., 2008). Cuando no se empleen estos abonos, y mediante el análisis de suelo

se tenga la certeza que existen problemas de acidez (Valores de pH menores a 5,0 y aluminio intercambiable mayor a 1,0 $\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$), se sugiere incorporar 1,0 kg de cal agrícola o dolomítica por cada metro cúbico (m^3) de suelo, para elevar el pH en 0,2 unidades. Por ejemplo, si un suelo tiene un pH de 4,5, será necesario mezclar 2,5 kg de cal por 1 m^3 de suelo.

Consideraciones prácticas

Cabe resaltar que cantidades de cal superiores a las sugeridas pueden tener efectos negativos en el crecimiento de las plantas, debido a un sobreencalamiento. Para lo anterior, se podrán emplear rocas fosfóricas y dolomíticas, así como escorias con fósforo (Díaz, 2006); en contraste, el empleo de silicatos no ha mostrado efectos benéficos (Salamanca y Sadeghian, 2006).



Figura 2.

Toxicidad causada por el efecto salino de fertilizantes potásicos y magnésicos en almácigos de café.

de las plantas, que es lo que finalmente interesa, máxime cuando se utiliza abono orgánico en las proporciones mencionadas.

Fertilización foliar

Con respecto a la aplicación de fertilizantes vía foliar se debe aclarar que las investigaciones desarrolladas en Cenicafé no muestran efecto de estos productos en el vigor de las plantas, evaluado en términos de peso seco (Guzmán y Riaño, 1996; Valencia 1975).

Es habitual que los caficultores apliquen fertilizantes foliares en los almácigos con el fin de obtener plantas más vigorosas. Si bien esta práctica puede conducir a mejorar el color y la apariencia visual de las hojas (Efecto maquillaje), no contribuye con el mejoramiento del vigor

Micorrizas

Las micorrizas son microorganismos del suelo que se asocian a las raíces del cafeto y pueden contribuir con la absorción de fósforo, agua y nutrimentos del suelo. Actualmente el uso de las micorrizas se encuentra encaminado a proporcionarle nutrientes como el fósforo a las plantas y proteger la raíz de la planta contra organismos patógenos como nematodos (Leguizamón, 1995). Pese a los beneficios citados, se ha demostrado que la adición de la micorriza comercial no reemplaza las bondades de la pulpa de café en almácigo (Buitrago, 1993). De manera general, se recomienda aplicar de 10 a 20 g de inóculo o micorriza comercial por bolsa al momento del trasplante de la chapola.

Recomendaciones prácticas

- Recuerde que el éxito de un cafetal comienza con la siembra de plantas vigorosas. Este propósito se logra siempre y cuando las plantas hayan recibido una adecuada nutrición durante la etapa de almácigo.
- Utilice abonos orgánicos en mezcla con el suelo para llenar las bolsas. Estos abonos ayudan a corregir la acidez del suelo, proporcionan nutrientes a las plantas y propician las condiciones para el crecimiento de las raíces.
- Tenga presente que el empleo de fósforo o micorrizas contribuye a la obtención de almácigos más grandes y sanos.
- Recuerde que la aplicación foliar de fertilizantes tiene un efecto reducido y a corto plazo, debido principalmente a la poca cantidad de nutrientes que proporcionan a las plantas en comparación con los abonos antes mencionados. Finalmente, debe tener en cuenta que éstos no contribuyen a la obtención de plantas vigorosas.
- Es importante que defina con suficiente anterioridad un plan riguroso de nutrición para los almácigos. Para ello será necesario abastecerse previamente de todos los insumos requeridos.

Literatura citada

- ÁVILA R., W.E.; SADEGHIAN K., S. Respuesta del café al fósforo y abonos orgánicos de origen avícola en la etapa de almácigo. En: Congreso colombiano de la ciencia del suelo (15 : Octubre 27–29 2010 : Pereira). Pereira : SCCS, 2010. 5 p.
- BUITRAGO R., C. Efecto de la Micorriza Vesículo Arbuscular (MVA) en café *Coffea arabica* L. var. Colombia, en la eficiencia de la toma de 32P y 15N. Palmira, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 1993. 86 p.
- DÍAZ M., C. Efecto del enclamiento sobre el crecimiento de las plantas de café en la etapa de almácigo. Manizales (Colombia), Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2006. 246 p.
- DÍAZ M., C.; SADEGHIAN K., S.; MORALES L., C.S. Cambios químicos ocasionados por enclamiento y uso de lombrinaza en la etapa de almácigo del café. *Cenicafé* 59(4):295–309, 2008.
- GUZMÁN G., C.A.; RIAÑO H., N.M. Respuesta de plantas de café en etapa de almácigo a la fertilización foliar. *Avances Técnicos Cenicafé (Colombia) No. 232:1–4. 1996.*
- LEGUIZAMÓN C., J.E. Interacción de una mezcla de micorrizas y el complejo *Meloidogyne* spp. en almácigos de café. In: CONGRESO de la Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines, 16. Medellín (Colombia), Julio 5-7, 1995. Medellín, ASCOLFI-ICA, 1995. p. 5.
- MALAVOLTA, E. 2006. *Manual de nutrição mineral de plantas.* Editora Agronômica Ceres, São Paulo. 631 p.
- MESTRE M., A. Utilización de la pulpa en almácigos de café. *Avances Técnicos Cenicafé* 28:1–2. 1973.
- SADEGHIAN K., S. Fertilidad del suelo y nutrición del Café en Colombia. *Boletín Técnico Cenicafé* 32:1–45. 2008
- SADEGHIAN K., S. Efecto de los cambios en las relaciones de calcio, magnesio y potasio intercambiables en suelos de la zona cafetera colombiana sobre la nutrición de café *Coffea arabica* L. en la etapa de almácigo. Medellín : Universidad Nacional de Colombia. Facultad de ciencias agropecuarias, 2012. 157 p.
- SADEGHIAN K., S.; GONZÁLEZ O., H. Respuesta del café *Coffea arabica* L. a fuentes y dosis de nitrógeno en la etapa de almácigo. En: Congreso colombiano de la ciencia del suelo (16:Octubre 2–5 2012 : Riohacha). Bogotá: SCCS, 2012.
- SALAMANCA J., A.; SADEGHIAN K., S. Crecimiento del café en almácigo con dos fuentes de silicio. In: CONGRESO Colombiano de la Ciencia del Suelo, 13. Bogotá (Colombia), Octubre 4–6, 2006. *Memorias.* Bogotá (Colombia), Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 2006. 6 p.
- SALAMANCA J., A.; SADEGHIAN K., S. Almácigos de café con distintas proporciones de lombrinaza en suelos con diferente contenido de materia orgánica. *Cenicafé (Colombia)* 59(2):91–102. 2008.
- SALAZAR A., J.N. La pulpa de café transformada por la lombriz es un buen abono para almácigos de café. *Avances Técnicos Cenicafé* 178: 1–2. 1992.
- SALAZAR A., J.N. Respuesta de plántulas de café a la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio. *Cenicafé* 28(2):61–66. 1977.
- SALAZAR A., J.N.; MESTRE M., A. Utilización de la gallinaza como abono en almácigos de café. *Avances Técnicos Cenicafé* 148: 1–2. 1990.
- SALAZAR A., J.N.; MESTRE M., A. Uso de la cenichaza como sustrato en almácigos de café. *Cenicafé* 44(1):20–28. 1993.
- SALAZAR A., J.N.; MONTESINO S., J.T. Uso del estiércol de ganado como sustrato en almácigos de café. *Avances Técnicos Cenicafé* 207: 1–4. 1994.
- VALENCIA A., G. Fertilización foliar en almácigos de café. *Avances Técnicos Cenicafé (Colombia) No. 49:1–2. 1975.*

A landscape photograph showing a green field with a single tree on a hill under a blue sky with yellow flowers in the foreground. The image is framed by a yellow circular border on the right side.

Establecimiento del cultivo

Establecimiento de cafetales al sol

Víctor Hugo Ramírez Builes

Cerca del 50% de la caficultura Colombiana se encuentra establecida en sistemas de producción a libre exposición solar o al sol (SICA, 2012), por lo tanto una adecuada decisión en el establecimiento contribuye a estabilizar y a aumentar la producción de café en Colombia. En este capítulo se presentan conceptos sobre los requerimientos básicos para establecer y manejar un sistema de café a libre exposición solar. Se hace especial énfasis en la etapa del establecimiento del cultivo, la cual es muy importante y recomendable que el caficultor se tome su tiempo en la definición de cual es la mejor manera de hacerlo de acuerdo a sus condiciones tanto ambientales como de manejo, debido a que una vez establecido el cultivo, éste deberá permanecer por lo menos por 20 años, y la única opción de alguna mejora será hasta la primera renovación entre los 5 y 9 años.

Por otra parte, es muy importante que las plantas provenientes del proceso de germinador y el almácigo estén en las mejores condiciones fisiológicas, de nutrición y sanitarias. En este capítulo encontrará criterios que le ayudarán a establecer la densidad de siembra y el arreglo espacial adecuados en función de sus características ambientales y de manejo, que le permitirán incrementar la productividad y lograr el uso eficiente de los recursos como el agua y la energía.



Conceptos Generales

El concepto de cafetales al sol aplica para los sistemas de producción de café sin árboles forestales o agroforestales asociados con su cultivo, pero no necesariamente significa que sea un cultivo de café sin árboles o un monocultivo de café, ya que bajo este esquema de sistema de producción a libre exposición solar, se puede y es recomendable tener árboles en franjas o en los bordes de los lotes, entre otras opciones, como componente del sistema de producción.

En el primer año de establecimiento del cultivo, es recomendable el uso de otros cultivos intercalados de ciclo corto como el maíz y el frijol (Ver capítulo Sistemas de producción de café en arreglos interespecíficos), que permiten la diversificación del ingreso de la finca cafetera y amortiguan los costos de establecimiento y manejo del cultivo principal, en este caso café, durante el primer año. Por otra parte, tener árboles en franjas (Figura 1), no intercalados con el cultivo de café, es importante para proteger y mantener la biodiversidad, como componente esencial del paisaje.



Figura 1.

Cafetales al sol con árboles como componente del paisaje cafetero y como estrategia de barreras protectoras.

El objetivo de tener un sistema de producción de café a libre exposición solar o al sol, es el de especializar la producción del sistema en café, lo que significa en términos prácticos, producir más café en la misma área. Hasta mediados de la década de 1970, los sistemas de producción de café en Colombia, se caracterizaban por estar establecidos en variedades de café de porte alto (Variedades Típica y Borbón), en bajas densidades de siembra con menos de 2.500 árboles/ha, intercalado con árboles comúnmente denominado sombrío, con una producción de café hasta esa fecha, inferior a los 10 millones de sacos. Luego de la mitad de la década de 1970, con la llegada de las variedades de porte bajo como Caturra, la regulación del sombrío y el aumento en las densidades de siembra a más de 2.500 árboles/ha, hubo un aumento de la producción de café por encima de los 10 millones de sacos (Figura 2).

Consideraciones prácticas

El tener un sistema de producción de café a libre exposición solar, permite aumentar la eficiencia de los factores de producción, tanto ambientales, genéticos y de manejo, eso no significa que la producción de café a libre exposición solar sea una alternativa para todos los caficultores y para todas las zonas del país, por lo tanto, en este capítulo se hace una presentación general de las características de los sistemas de producción al sol, de sus requerimientos o exigencias básicas y sus limitantes, al igual que se analizan algunas estrategias para lograr el mayor uso eficiente de los recursos bajo esta modalidad de sistema de producción.

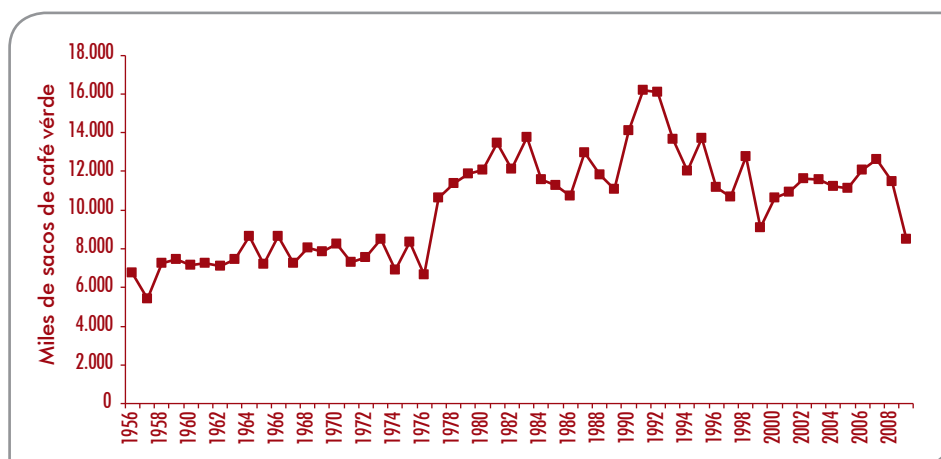


Figura 2.

Producción de café en Colombia desde 1956 al 2009 (Fuente: FNC, 2011).

Lo anterior demuestra cómo con la integración de los **factores genéticos** (Cambio de variedad) y **los factores de manejo**, como la regulación de la competencia (Sombrío), aumento de la densidad de siembra y la nutrición, es posible mejorar la producción y, por ende, la productividad del sistema (Ver capítulo Factores climáticos que intervienen en la producción de café).

Requerimientos generales de la producción de café a libre exposición solar

Para tener un sistema de producción de café al sol, se deben de tener unos requisitos mínimos a saber:

Disponibilidad hídrica. La disponibilidad hídrica es el primer factor que determina si el sistema de producción de café se puede establecer a libre exposición solar o no. Para establecer un sistema de café al sol es necesario que en una zona no existan más de dos meses consecutivos secos y lluvias inferiores a 100 mm al mes (Jaramillo *et al.*, 2011) (Ver capítulo Factores climáticos que influyen en la producción de café).

Tipo de suelo (Capacidad de almacenamiento de agua y resistente a la erosión). El tipo de suelo es el segundo criterio para definir si el sistema de producción de café se puede establecer al sol, y en este aspecto hay dos consideraciones generales: i) La capacidad del suelo de almacenar agua; y ii) La susceptibilidad del suelo a la erosión y movimientos en masa.

Debido a que la caficultura en Colombia se hace sin riego, la disponibilidad hídrica para el cultivo la determina la distribución de las lluvias y la capacidad del suelo para retener o almacenar esa agua y entregarla a la planta. Suelos con capacidades de almacenamiento de agua del suelo (CA) superiores a 80 mm, pueden amortiguar mejor los períodos de déficit hídrico, por ejemplo, en una zona marginal baja, inferior a 1.200 m de altitud, puede pasar un mes sin lluvia y no se afecta la producción y la funcionalidad del cultivo, pero si la capacidad de almacenamiento de agua del suelo es inferior a los 80 mm, ya necesita al mes por lo menos 40 mm de lluvia. En la Tabla 1 se presentan los valores promedio de capacidad de almacenamiento de agua del suelo de diferentes unidades de suelo de la zona cafetera de Colombia.

Disponibilidad de energía. En cuanto a la disponibilidad de energía, hay dos aspectos fundamentales a considerar al momento de establecer



Consideraciones prácticas

Suelos susceptibles a la erosión y a los movimientos en masa necesitan incorporar sistemas agroforestales como estrategia de conservación de los suelos; si las zonas son muy húmedas y de bajo brillo solar, para que no se afecte negativamente la productividad del cafetal, el sistema agroforestal no debe intercalarse con el cultivo, sino en franjas o barreras, en sentido perpendicular a la pendiente, e intensificar otras prácticas adicionales de conservación de suelo y taludes.

cafetales al sol: i) La temperatura del aire y ii) El brillo solar.

La temperatura del aire determina las tasas de fotosíntesis del café, la respiración y foto-respiración (Ver capítulos de Gestión del riesgo agroclimático y Factores climáticos que influyen en la producción de café). Cuando la temperatura media del aire es superior a 22°C, de acuerdo con Chavés y Jaramillo (2008), la temperatura máxima llega a ser de 27°C, y las tasas de fotosíntesis de acuerdo con Mosquera *et al.* (1999), se reducen a partir de los 25°C, por lo tanto, no se recomienda establecer sistemas al sol para las variedades sembradas en Colombia cuando la temperatura media del aire es superior a 22°C, a partir de este punto es necesario establecer sistemas agroforestales, que en la zona andina se registran a altitudes inferiores 1.200 m, en la zona Atlántica inferiores a 1.000 m, y en la región Oriental y Pacífica inferiores a 900 m.

Por otra parte, **el brillo solar puede determinar la saturación lumínica en el cultivo**, la cual se conjuga con altas temperaturas y puede generar procesos de foto-respiración (Respiración en el día) y caída de fotosíntesis con reducción en el rendimiento, para el caso específico de Colombia, el brillo solar determina los porcentajes de sombrío máximo en las zonas que por disponibilidad hídrica y por temperatura no pueden tener cafetales al sol.

Variedad. La variedad junto con la disponibilidad hídrica y la temperatura, determinan la densidad de siembra, número de plantas por unidad de área (Plantas/ha). En Colombia, de acuerdo al porte o altura se siembran dos tipos de variedades de café a saber: i) Variedades de porte alto, como Típica, Borbón y Tabi; y i) Variedades de porte bajo, como Caturra, Colombia y Castillo®, que son las más sembradas en Colombia y las que han permitido

Departamento	Unidad	Capacidad de almacenamiento de agua a 50 cm (mm)
Antioquia	Salinas	43,3
	Amagá	43,8
	Salgar	46,7
	Suroeste	46,8
	Titiribí	49,6
	Venecia	51,2
	Pueblito	52,2
	200	84,3
	Chinchiná	98,2
Valle	Malabar	17,5
	La Estrella	22,4
	Parnaso	48,3
	200	56,4
	Higuerones	74,4
	Chinchiná	119,0
Cauca	El Hato	47,4
	Timbío	54,3
	Piendamó	54,6
	Cajibío	62,7
	Puenza	68,7
Risaralda	Parnaso	45,2
	Malabar	48,1
	Pulpito	59,6
	Catarina	65,1
	Belén	66,8
	Chinchiná	74,0

Departamento	Unidad	Capacidad de almacenamiento de agua a 50 cm (mm)
Caldas	Tareas	44,6
	Santillana	46,4
	Chuscal	48,9
	Guamal	53,4
	Frisolina	54,3
	Bodega	55,6
	Socorro	59,3
	Malabrigo	62,2
	Chinchiná	65,1
	Malabar	66,9
	Cascarero	70,1
	Violeta	72,8
	Tablazo	74,7
	Las Vegas	85,6
	Marquetalia	98,6
	Fresno	98,7
	Peña Azul	105,1
Quindío	Letras	109,2
	Malba	156,1
	Buenavista	53,2
	Génova	53,9
	Chinchiná	60,9
	Malabar	66,7
	Patio	71,6
	Patio Bonito	72,6
	Montenegro	87,8
	Quindío	93,8
Filandia	105,9	

Tabla 1.

Capacidad de almacenamiento de agua del suelo para diferentes unidades de suelo de la zona cafetera de Colombia (Archivo histórico Cenicafé).

el desarrollo en muchas zonas del país de la caficultura al sol y en altas densidades.

Capacidad de manejo agronómico del cultivo.

Cuando se toma la decisión de sembrar a libre exposición cambian las características del sistema de producción, por lo que algunas prácticas de cultivo requieren de unos recursos adicionales y de una planeación apropiada tales como manejo integrado de arvenses, fertilización, resiembra, monitoreo y control fitosanitario. Por lo tanto, es importante considerar la capacidad de manejo agronómico del cultivo, al momento de tomar la decisión de establecer un cultivo de café al sol.

Exigencias de un sistema de producción de café al sol

El sistema de producción al sol tiene unas exigencias mínimas que orientan su manejo:

El manejo del sistema del cafetal al sol hace referencia a todas las prácticas agronómicas que son necesarias para asegurar una máxima productividad del cultivo, como son:

La nutrición	El cultivo de café a libre exposición es exigente en nutrición y responde a la fertilización, y en términos generales, puede verse comprometida su productividad en caso de que su fertilización no se haga o sea escasa (Ver capítulo de Nutrición de cafetales)
El manejo integrado de arvenses	El cultivo de café es muy exigente en manejo de arvenses los dos primeros años después de la siembra, en los casos en los cuales no se haga un buen control de arvenses pueden haber pérdidas en productividad (Ver capítulo de Manejo integrado de arvenses).
El manejo integrado de plagas y enfermedades	En cafetales susceptibles a la roya del cafeto, por mal manejo o sin manejo, puede perderse hasta un 23% del acumulado de cuatro cosechas en ausencia de control (Rivillas et al., 2005)
Uso de variedades resistentes, calidad de la recolección, densidad y arreglo espacial y renovación.	

A continuación se hace énfasis en las prácticas de densidad y arreglo espacial debido a que las otras serán abordadas en otros capítulos por su importancia e implicaciones directas en el sistema de producción.

Una vez se ha valorado que desde el punto de vista climático, de suelos y capacidad de manejo agronómico es posible establecer cafetales al sol, se debe definir un aspecto clave en los sistemas de producción de café a libre exposición solar, y es la densidad de siembra y el arreglo espacial.

La densidad de siembra

Como se definió anteriormente, **la densidad de siembra hace referencia al número de plantas por unidad de área**, en el contexto general se habla de plantas por hectárea (Plantas/ha), pero se puede hablar de plantas por metro cuadrado, por cuadra, entre otros. En el caso específico del cultivo de café, se ha introducido un concepto adicional que es el **número de tallos por hectárea** (Tallos/ha), debido a que al cultivo de café, en el momento del almácigo, se le puede eliminar la yema terminal o “descope” y estimular la formación de dos brotes nuevos o dos tallos (Duque et al., 2003; Arcila, 2007), o se pueden sembrar dos plantas en un mismo sitio, lo que equivale a tener dos tallos por sitio (Uribe y Mestre, 1988a), por ejemplo, se pueden sembrar 5.000 sitios/ha sin descopar y tener una densidad de 5.000 plantas/ha, o se pueden sembrar 5.000 sitios/ha con plantas descopadas o con dos plantas por sitio, y tener una densidad aproximada de 10.000 tallos/ha.

El arreglo espacial

Hace referencia a la disposición de las plantas en el campo, por ejemplo, surcos sencillos, surcos dobles, siembras al triángulo, siembras en rectángulo, entre otros (Figuras 3 y 4).

De acuerdo con Arcila, (2007) desde el punto de vista fisiológico de la eficiencia de la interceptación de la radiación solar, el arreglo espacial ideal es la equidistancia entre determinada parte de la planta y sus vecinos inmediatos, pero además de buscar mayor eficiencia en la interceptación de la energía, el arreglo espacial en café debe ayudar a reducir costos de siembra, facilitar mayor espacio para cultivos intercalados, el manejo fitosanitario, manejo de arvenses y la recolección del café.



Uno de los grandes aportes de la Disciplina de Mejoramiento Genético a la productividad del café, ha sido el haber utilizado plantas de café de porte bajo y de menor distancia de entrenudos, estas dos características junto con la arquitectura de las plantas, han permitido sacarle el máximo provecho al establecimiento del café a libre exposición solar. Dicho de otra manera, plantas de café de porte bajo como las variedades Colombia o Castillo®, permiten altas densidades de siembra, hasta 10.000 plantas/ha (Arcila, 2007), mientras que materiales de porte alto como Tabi, no permiten tener el mismo tope de densidad de siembra que las de porte bajo¹, hasta 8.000 plantas/ha.

¹ Farfán V., F. 2013. Comunicación Personal.

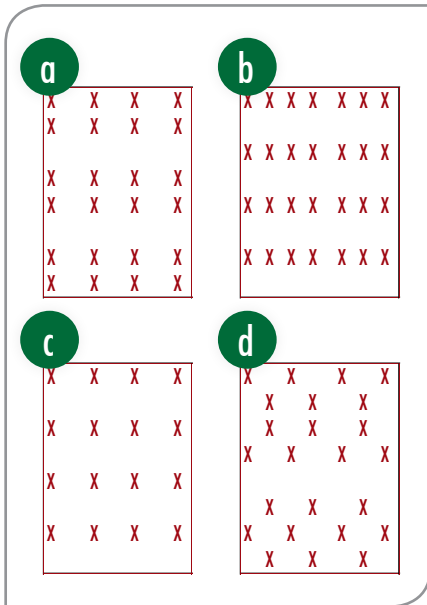


Figura 3.

Arreglos espaciales en café. **a.** Surcos dobles; **b.** Siembra en rectángulo con mayor distancia entre calles y menor entre plantas; **c.** Siembra en cuadrado con igual distancia entre plantas y surcos; **d.** Siembra en triángulo.



Figura 4.

Ejemplo de tres arreglos espaciales de café a libre exposición.

Densidad de siembra y el arreglo espacial

Antes de mirar la relación entre densidad de siembra y arreglo espacial, producción y productividad, es necesario revisar la definición de ambos términos. La **productividad** según el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española se define como “la capacidad o grado de producción por unidad de trabajo, superficie de tierra o cantidad de recurso”, la productividad es por lo tanto, un indicador de eficiencia que relaciona la cantidad producida por unidad de recurso utilizado, mientras la **producción** definida por la Real Academia es “la acción

de producir”, pero dicha definición no considera el recurso empleado en la acción.

Desde el punto de vista del sistema de producción de café al sol, una planta de café produce más en densidades bajas que en densidades altas, por ejemplo, en el acumulado de cuatro cosechas una planta sembrada a una densidad de 5.000 plantas/ha, produce 0,99 kg de café pergamino seco c.p.s., mientras que la misma planta, después de las mismas cuatro cosechas, sembrada a una densidad de siembra de 10.000 plantas/ha, produce 0,54 kg de c.p.s. (Figura 5); caso contrario cuando se analiza la producción por unidad de área, la cual es mayor con 10.000 plantas/ha que con 5.000 plantas/ha (Figura 6).

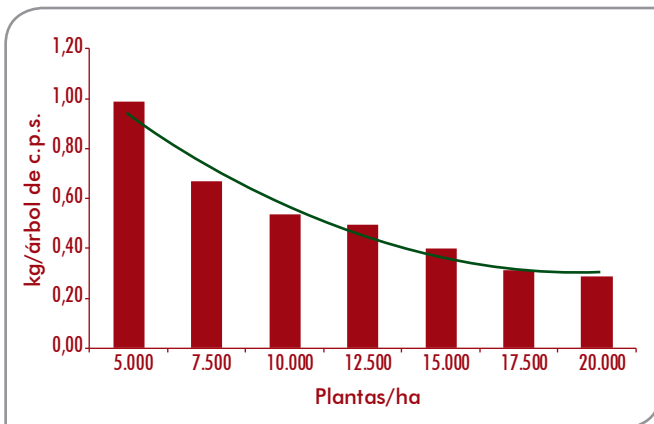


Figura 5.

Relación entre la densidad de siembra y la producción acumulada de cuatro cosechas por planta, sembradas al cuadro (Adaptado de Uribe y Mestre, 1988).

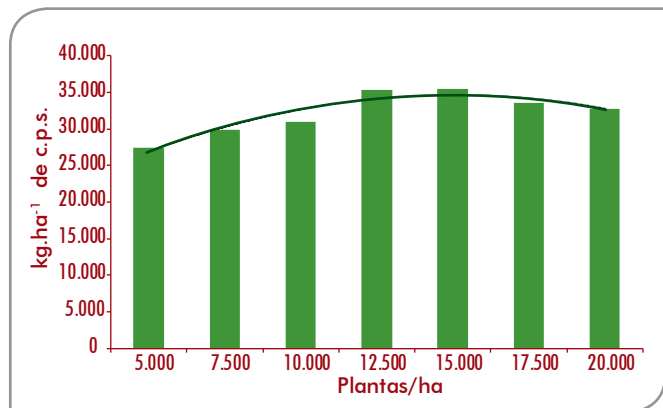


Figura 6.

Relación entre la densidad de siembra y la productividad acumulada de cuatro cosechas por planta, sembradas al cuadro (Adaptado de Uribe y Mestre, 1988).

Puede tenerse igual densidad de siembra con diferentes distancias entre surcos y entre plantas, dispuestas de diferentes maneras, es a lo que se denomina **arreglo espacial**.

Los arreglos espaciales en café pueden ser en fajas, al cuadro, al rectángulo o al triángulo; en la Tabla 2, se muestra un ejemplo de dos tipos de arreglos (Cuadro y rectángulo) para diferentes densidades de siembra (Uribe y Mestre, 1988), y se observa que en una localidad como Naranjal, a 1.400 m de altitud, no hay diferencias en producción entre estos dos tipos de arreglos espaciales, a las mismas densidades de siembra (Figura 7), pero no significa que sea una constante en otros ambientes diferentes al de Naranjal, como se explicará más adelante.

En la Tabla 3, se presentan otras opciones de distancias de siembra para diferentes arreglos espaciales en cafetales a libre exposición solar o al sol.

De acuerdo con Uribe y Mestre (1988), el acortamiento de las distancias de siembra en condiciones de Naranjal-

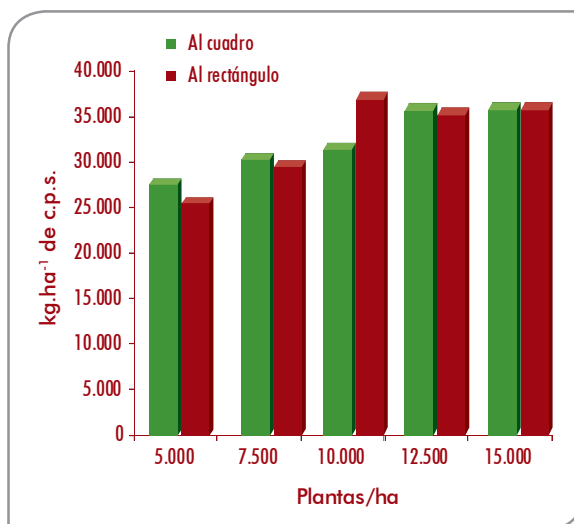


Figura 7.

Producción de café, acumulada de cuatro cosechas, para diferentes densidades de siembra, en dos arreglos espaciales para condiciones de Naranjal, Caldas (Uribe y Mestre, 1988).

Disposición geométrica o arreglo espacial	Distancia de siembra (m)	Plantas/ha
Cuadro	0,82 x 0,82	15.000
Rectángulo	0,50 x 1,34	15.000
Cuadro	0,90 x 0,90	12.500
Rectángulo	0,80 x 1,00	12.500
Cuadro	1,00 x 1,00	10.000
Rectángulo	0,85 x 1,25	10.000
Cuadro	1,15 x 1,15	7.500
Rectángulo	1,00 x 1,30	7.500
Cuadro	1,42 x 1,42	5.000
Rectángulo	1,20 x 1,72	5.000

Tabla 2.

Opciones de arreglo espacial para diferentes densidades de siembra.

Surco/planta	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75
1,00	20.000	13.333	10.000	8.000	6.667	5.714	5.000	4.444	4.000	3.636
1,25	16.000	10.667	8.000	6.400	5.333	4.571	4.000	3.556	3.200	2.909
1,50	13.333	8.889	6.667	5.333	4.444	3.810	3.333	2.963	2.667	2.424
1,75	11.429	7.619	5.714	4.571	3.810	3.265	2.857	2.540	2.286	2.078
2,00	10.000	6.667	5.000	4.000	3.333	2.857	2.500	2.222	2.000	1.818
2,25	8.889	5.926	4.444	3.556	2.963	2.540	2.222	1.975	1.778	1.616
2,50	8.000	5.333	4.000	3.200	2.667	2.286	2.000	1.778	1.600	1.455
2,75	7.273	4.848	3.636	2.909	2.424	2.078	1.818	1.616	1.455	1.322

Tabla 3.

Número de plantas por hectárea según la distancia de siembra entre surcos y entre plantas (Arcila, 2007).

Chinchiná (Caldas), en materiales de porte bajo, resultaron en aumentos de la producción hasta obtener su máximo a 14.700 plantas/ha, y declinó a partir de este punto (Figura 6), sin embargo, se considera que los aumentos de producción después de los 10.000 plantas/ha, son tan pequeños que no se justifica la mayor inversión por concepto de siembra de un mayor número de plantas (Figura 7), además de las dificultades de manejo y control de broca, por tal motivo, muchos caficultores prefieren tener densidades menores de 10.000 plantas/ha, pero con la incorporación de la práctica del descope, se puede pensar en tener densidades de siembra de 6.000 o 7.000 sitios /ha descopados que equivaldrían a una densidad de tallos aproximada de 12.000 a 14.000 tallos/ha, en ambientes que lo soporten.

Densidad de siembra y arreglo espacial en función del ambiente

Uno de los factores limitantes de emplear altas densidades de siembra en ambientes de rápido crecimiento, como aquellos en donde la temperatura media del aire es superior a 20°C, con buena disponibilidad hídrica, es que al cabo de 3 ó 4 años se hace particularmente difícil el manejo agronómico del cultivo, la recolección y el manejo de la broca, y en condiciones de eventos de variabilidad climática como La Niña, la presencia de una película de agua en el follaje y el cultivo, lo hace particularmente vulnerable al ataque de hongos fitopatógenos de importancia económica, como el mal rosado (Galvis, 2002), y la gotera (Rivillas y Castro, 2011). Por lo tanto, para estas zonas, las altas densidades vía distancias equidistantes entre plantas y entre surcos no es la mejor opción, pero sí se pueden explorar distancias menores entre plantas y mayores entre calles, o el uso de otras prácticas para el arreglo como la siembra de dos plantas por sitio o la eliminación de la yema terminal de las plantas en almácigo o descope (Ver capítulo de Manejo integrado de almácigos).

Por ejemplo, en la Figura 8, se observa la producción de café en seis localidades contrastantes de la zona cafetera, durante cuatro cosechas, con dos arreglos a saber: 10.000 plantas/ha con igual número de tallos y 5.000 plantas/ha con dos plantas por sitio, equivale a tener 10.000 tallos/ha (Uribe y Mestre, 1988a); en este caso se observa que no hay diferencias en el promedio de la producción de las seis localidades, entre ambas alternativas. En la siembra con 5.000 plantas/ha con dos plantas por sitio, el promedio de producción de cuatro cosechas para la seis localidades fue de 603,17 @.ha⁻¹ de c.p.s., mientras que 10.000 plantas/ha, con igual número de tallos, el promedio de la producción fue de 638,33 @.ha⁻¹ de c.p.s.

Al comparar el promedio de la producción por localidad, se observan diferencias en la producción acumulada de cuatro cosechas, entre las localidades (Figuras 9 y 10), lo

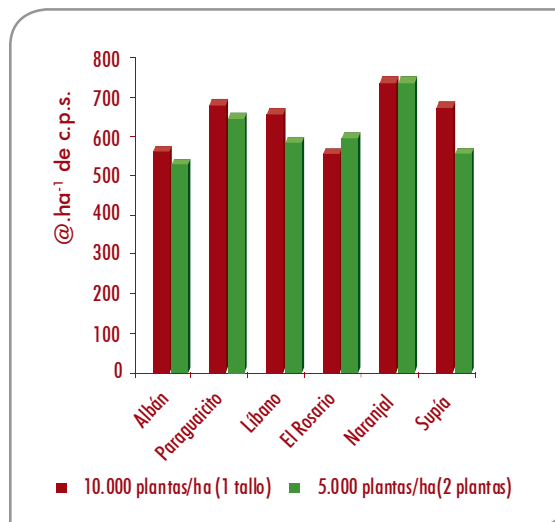


Figura 8.

Producción acumulada de cuatro cosechas para dos arreglos espaciales de café, en diferentes localidades (Mestre y Salazar, 1995).

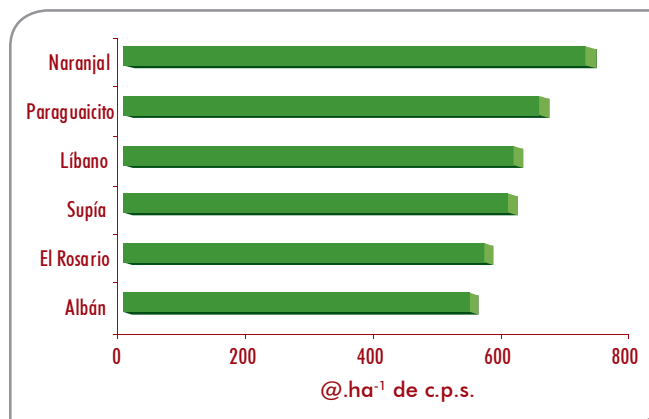


Figura 9.

Producción acumulada de cuatro cosechas, para 10.000 plantas/ha, en diferentes localidades (Mestre y Salazar, 1995).

que además sugiere que la densidad y el arreglo espacial será específico para cada condición ambiental (Clima y suelo), tal y como se presenta en la Figura 10, para otras localidades en diferentes densidades de siembra y arreglos espaciales.

Arcila (2007) afirma que **“la oferta ambiental determina el potencial productivo específico y el objetivo de la densidad de siembra óptima es el de contribuir a la mayor eficiencia en la utilización de los recursos disponibles para ese sitio”**, a la expresión anterior hay que incluir la densidad de siembra óptima y el arreglo espacial.

Por ejemplo, en seis localidades contrastantes de la zona cafetera de Colombia, las mayores producciones acumuladas durante cuatro cosechas, se obtuvieron con altas densidades pero diferentes arreglos espaciales, a saber: En las localidades de Albán (Valle del Cauca), Paraguaicito (Quindío), Líbano (Tolima) y Supía (Caldas), se obtuvo la mayor producción con 10.000 sitios/ha con 10.000 tallos/ha; por el contrario, en El Rosario (Antioquia) la mayor producción se obtuvo con 5.000 sitios/ha, con dos tallos por planta (10.000 tallos/ha); mientras que en Naranjal (Caldas), la mayor producción se registró con 5.000 sitios/ha, con tres tallos por planta (15.000 tallos/ha).

En zonas donde la temperatura media del aire es inferior a 20°C, el crecimiento de la planta se hace más lento, y además si tiene mayor riesgo a eventos de variabilidad climática como La Niña, se pueden manejar altas densidades, variando el arreglo espacial de distancias equidistantes entre plantas y surcos, con el objetivo de compensar el bajo crecimiento con densidad (Ver capítulos de Gestión del riesgo agroclimático), por ejemplo, en la Tabla 3 se presentan opciones de arreglo espacial para una sola planta por sitio y en la Tabla 4 opciones de arreglo espacial con dos plantas o dos tallos por sitio.

La combinación entre el ambiente (Temperatura media del aire) y la densidad de siembra (Plantas/ha o tallos/ha), determinan el momento después de la siembra (Años), en el cual se alcanza el máximo desarrollo foliar (Tabla 5). Por ejemplo:

- Una zona con una temperatura promedio de 16°C, con 5.000 tallos/ha, alcanza su máximo desarrollo foliar 6,6 años después de la siembra y se recomienda hacer renovación por zoca a los 8,0 años. Por el contrario, en la misma localidad, con una densidad de 10.000 tallos/ha el cultivo alcanza su máximo desarrollo foliar 5,7 años después de la siembra y se recomienda hacer renovación por zoca a los 7,2 años.
- En una zona con una temperatura promedio de 20°C, con 5.000 tallos/ha, el cultivo alcanza su máximo

Consideraciones prácticas

En términos prácticos, es posible reducir el número de sitios sembrados y mantener una alta densidad de tallos, entre 10.000 y 15.000 tallos/ha, con beneficios como los menores costos de siembra, por el menor número de plantas, y de fertilización durante el primer año, debido a que en esta edad se recomienda la fertilización por planta, además del hecho de tener más espacio entre calles, lo cual permite el uso de cultivos intercalados como maíz, fríjol, tomate (Moreno y Rivera, 2003), plátano (Moreno et al., 2004), fríjol relevo maíz (Moreno, 2012) o lulo (Ramírez y Duque, 2011), entre otros.

desarrollo foliar 4,7 años después de la siembra y se recomienda hacer renovación por zoca a los 6,2 años, mientras que con una densidad de 10.000 tallos/ha alcanza su máximo desarrollo foliar 3,9 años después de la siembra y se recomienda hacer renovación por zoca a los 5,4 años.

Las épocas de renovación en cafetales al sol no son fijas, éstas dependen de las condiciones ambientales y de las densidades de siembra.

Dos tallos por sitio				
Distancia surco (m)	Distancia planta (m)			
	0,60	0,75	1,00	1,50
1,00				13.333
1,25			16.000	10.667
1,50			13.333	8.889
1,75		15.238	11.429	7.619
2,00	16.667	13.333	10.000	6.667

Tabla 4.

Arreglos especiales posibles para café de porte bajo, con dos tallos por planta o dos plantas por sitio.

Temperatura media (°C)	Densidad (Tallos/ha)	Máximo desarrollo foliar (Años)	Renovación después de siembra (Año)
14,0	5.000	7,5	9,0
16,0	5.000	6,6	8,1
18,0	5.000	5,6	7,1
20,0	5.000	4,7	6,2
22,0	5.000	3,8	5,3
14,0	7.500	7,1	8,6
16,0	7.500	6,2	7,7
18,0	7.500	5,2	6,7
20,0	7.500	4,3	5,8
22,0	7.500	3,3	4,8
14,0	10.000	6,7	8,2
16,0	10.000	5,7	7,2
18,0	10.000	4,8	6,3
20,0	10.000	3,9	5,4
22,0	10.000	2,9	4,4

Tabla 5.

Relación entre la temperatura media del aire y la densidad de siembra con el número de años después de la siembra, donde se alcanza el máximo desarrollo foliar y en los que se recomienda hacer la renovación.

Mecanismos para aumentar la densidad de siembra

Aumento de la densidad de tallos en cafetales establecidos

En cafetales establecidos y con baja densidad de siembra, se puede corregir o aumentar la densidad de tallos por hectárea, al momento de la renovación o zoqueo.

En cafetales con bajas densidades de siembra, entre 2.500 y 5.000 sitios/ha, al momento de la renovación pueden dejarse hasta tres chupones o tallos por zoca, y aumentar la densidad de tallos entre 7.500 a 15.000 tallos/ha (Figura 10).

En densidades de siembra entre de 5.000 y 7.500 sitios/ha se pueden dejar dos tallos y aumentar la densidad de tallos entre 10.000 y 15.000 tallos/ha (Figura 11).

En densidades de siembra mayores a 9.000 sitios/ha se recomienda dejar solo un tallo, teniendo mucho cuidado con la resiembra, en este sentido Moreno (2010), encontró que independiente del arreglo y la densidad, el número máximo de sitios perdidos que se debe permitir en un lote, sin que se afecte la producción de café,

corresponde al 10% de la densidad de siembra del lote (Tabla 6), lo cual se evita asegurando al momento de la siembra y la renovación una cantidad extra de plantas para la resiembra y recuperación de sitios perdidos.

Aumento de la densidad de tallos con la eliminación de la yema terminal en almácigos

La eliminación de la yema terminal o descope en plantas de café en almácigo se empezó a recomendar por Cenicafé en el año 2003 (Duque *et al.*, 2003), a partir de ese momento se ha popularizado su uso como una estrategia de aumentar la densidad de tallos en siembras nuevas de café, con menor densidad de sitios sembrados. De acuerdo a resultados de investigación recientes (Ramírez y Rendón, 2012), se ha encontrado que las plantas de café en almácigo pueden descoparse desde el primer mes de siembra hasta incluso el sexto mes (Figura 12), pero es más recomendable hacerlo entre el primero y el cuarto mes, con el objetivo de evaluar el porcentaje de formación de los dos tallos y poder corregir antes de la siembra.

El descope al primero, segundo, tercero y cuarto mes, tanto a libre exposición como en sombra no presenta diferencias en área foliar respecto al testigo sin descope, pero sí hay diferencias en el área foliar, en ambas condiciones (Libre exposición y sombra), en las

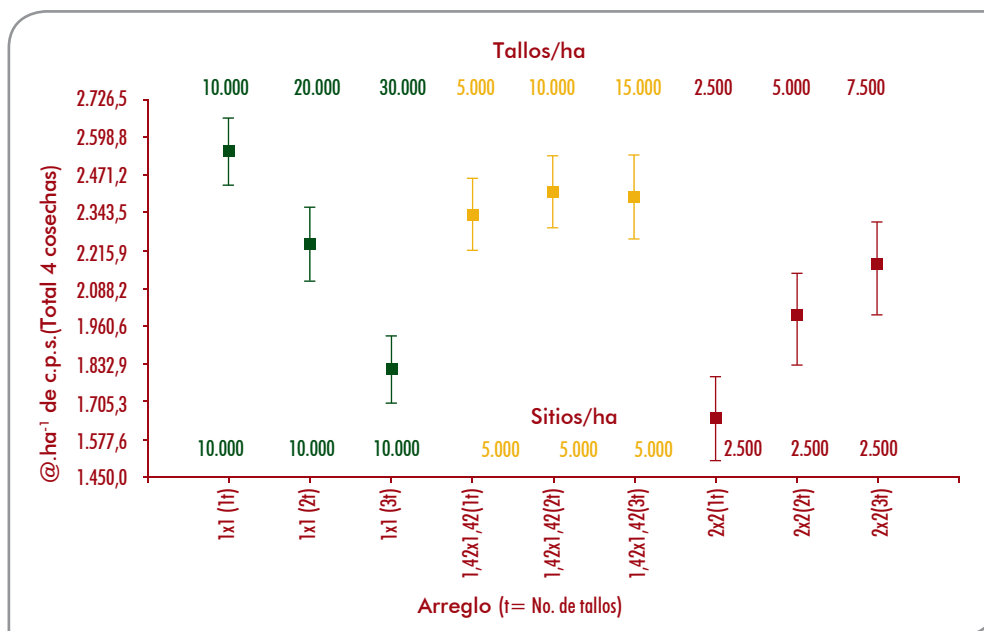


Figura 10.

Promedio de la producción de café, con variedades de porte bajo a libre exposición solar, para diferentes arreglos espaciales, número de sitios sembrados y el número de tallos. Los datos de producción corresponden al promedio de seis localidades de la zona cafetera: Chinchiná y Supía (Caldas), Venecia (Antioquia), Líbano (Tolima), Buenavista (Quindío) y El Cairo (Valle). (Datos de Uribe y Mestre, 1988).



Figura 11.

Número de tallos por planta. **a.** Un solo tallo; **b.** Dos tallos; **c.** Tres tallos.

Sitios perdidos (%)	Arreglo espacial del café					
	1x1			2x1		
	Meses después del zoqueo					
	0	12	24	0	12	24
10%	304,8	260,3	285,3	269,6	283,1	271,5
15%	245,4	228,6	229,6	232,3	255,2	259,7
Diferencia	59,4	31,7	55,7	37,3	27,9	11,8
Promedio		48,9			25,7	

Tabla 6.

Promedio de disminución de la producción (@.ha⁻¹ de c.p.s.) al aumentar el porcentaje de sitios perdidos de 10% a 15%, por arreglo espacial y por época (Fuente: Moreno, 2010).

plantas descopadas al quinto mes respecto a todos los tratamientos (Figura 13).

Una de las desventajas del descope es que aumenta la competencia intra-específica o al interior de la planta,

donde uno de los dos tallos tiene mejor crecimiento que el otro (Figura 14), o en el campo, una de las ramas, de una de las cruces o pares de hojas inferiores, se desarrolla mejor que la otra (Figura 15), y al cabo de ocho meses de siembra, la rama 1 del tallo 2 ha formado solo tres entrenudos, mientras que la rama 2 del tallo

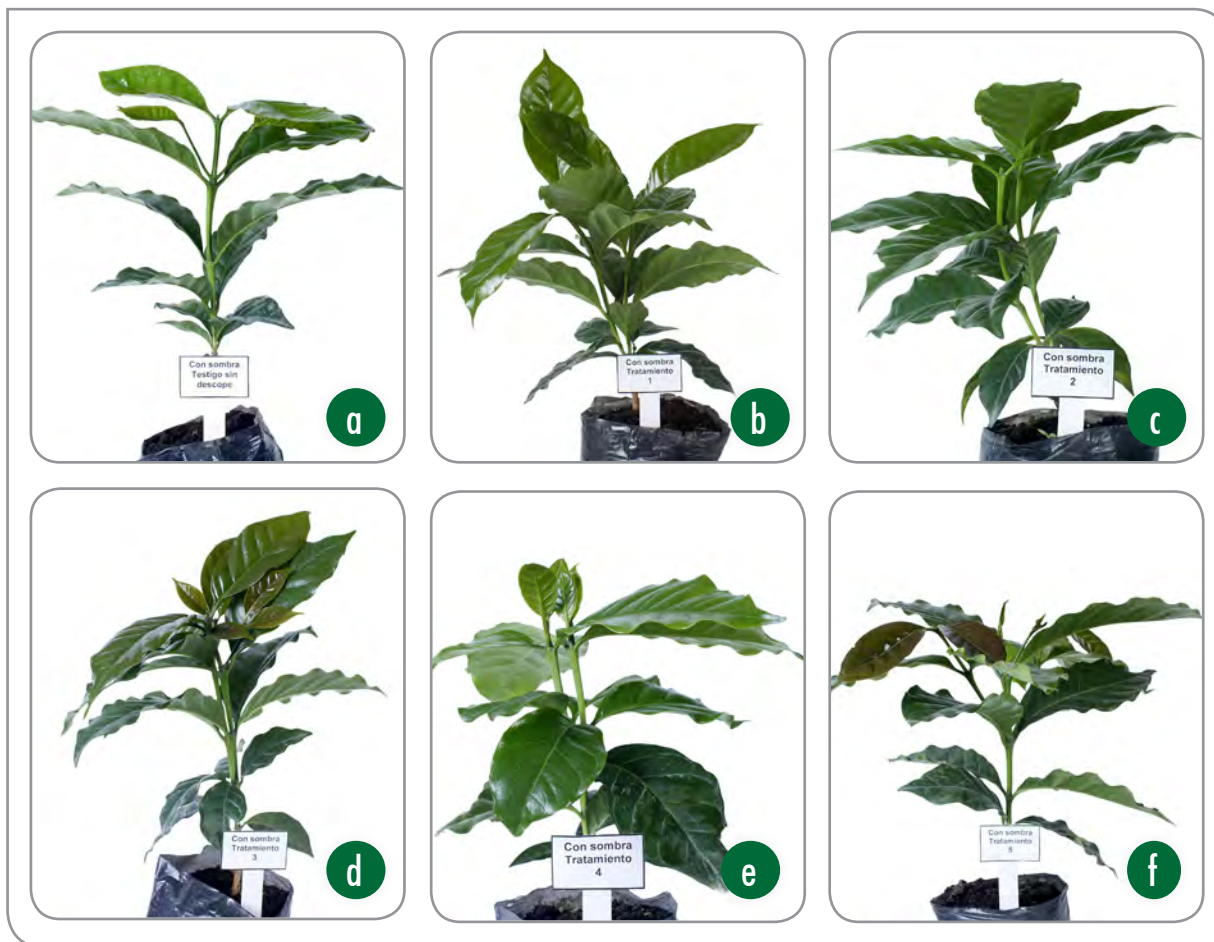


Figura 12.

Almácigo de 6 meses en bolsas de 17 x 23 cm con polisombra. **a.** Sin descope; **b.** Descopadas al primer mes de transplante; **c.** Descopadas al segundo mes de transplante; **d.** Descopadas al tercer mes de transplante; **e.** Descopadas al cuarto mes de transplante; **f.** Descopadas al quinto mes de transplante.

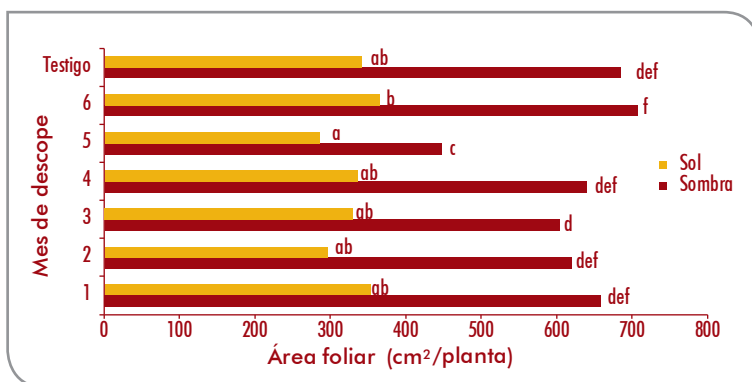


Figura 13.

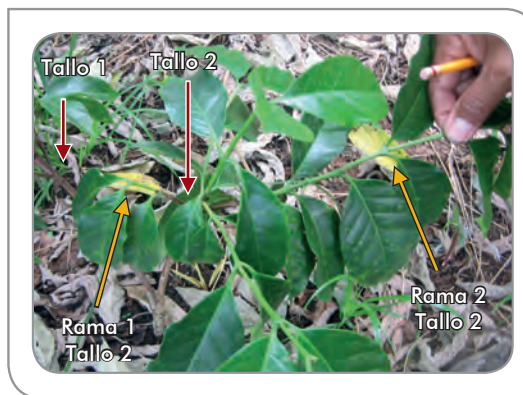
Área foliar en plantas de café en almácigo al sexto mes de transplantadas bajo condiciones de libre exposición y sombra. Letras diferentes indican diferencias.

2 ha formado ocho entrenudos. Lo anterior no sucede en todos los casos, debido a que hay plantas en las cuales los dos tallos se forman adecuadamente (Figura 11b), por lo tanto, la práctica de descope se justifica en siembras que tengan entre 5.000 y 8.000 sitios/ha, lo cual garantiza entre 9.000 y 15.000 tallos/ha.

El número de tallos o chupones depende de la densidad de siembra y el arreglo espacial, tener más de 15.000 tallos/ha no contribuye a aumentar la productividad, por el contrario, genera tanta competencia entre tallos y entre plantas que la reduce. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 16, donde en un cafetal de solo 24 meses de

**Figura 14.**

Ejemplo de competencia intra-específica, ocho meses después de la eliminación de la yema terminal en almacigo o descope.

**Figura 15.**

Ejemplo de competencia intra-específica en el campo, en algunas de las plantas de café descopadas.

**Figura 16.**

a. Siembra de café a libre exposición de 24 meses (1,7 x 0,40 m con dos y tres tallos= 27.360 - 41.000 tallos/ha);
b. Alta competencia intra-específica que no permite un adecuado crecimiento de los tallos.

establecido, con una densidad de tallos superior a los 15.000 tallos/ha, se observa una alta competencia intra-específica y reducción de crecimiento y vigor de los tallos.

Densidad de siembra y uso eficiente de los recursos

Como se mencionó al principio de este capítulo, el objetivo de tener cafetales al sol si las condiciones ambientales y de manejo lo permiten, es el de sacar el mejor provecho de los recursos disponibles, por lo tanto lo vamos a ver desde el uso eficiente de los recursos (Agua y energía).

Uso eficiente de agua. El concepto de uso eficiente del agua (UEA), a nivel de campo en café, hace relación a la cantidad de café pergamino seco que se produce por litro de agua evapotranspirado en un ciclo productivo, el UEA varía de una localidad a otra y de una densidad de siembra a otra. Como se observa en las Figuras 17 y 18, en la medida que aumente la densidad de siembra se incrementa el UEA, lo que significa que se está haciendo uso más eficiente del recurso al aumentar la densidad de

siembra; por ejemplo, en una localidad como Paraguaicito en Buenavista (Quindío), 2.500 plantas/ha tienen un valor de UEA de 0,0020 kg de café pergamino seco por cada litro de agua evapotranspirada, y al aumentar la densidad de siembra a 6.400 plantas/ha se incrementa a 0,0024 kg de c.p.s. por litro de agua.

Ahora bien, sí se presentan diferencias en los valores del UEA entre los dos ambientes, lo cual puede observarse en la Figura 17, donde en la Estación Experimental El Rosario (Venecia, Antioquia) la temperatura media del aire es menor que en la Estación Experimental Paraguaicito, la acumulación térmica es mayor en Paraguaicito, con aumento en la producción de biomasa durante el mismo período o ciclo productivo (Ver capítulo de Factores climáticos que intervienen en la producción de café).

Uso eficiente de energía. El concepto de uso eficiente de la energía (UEE), hace referencia a la cantidad de café producido por cantidad de energía utilizada, en este caso se puede hablar de kilogramos de café pergamino seco por hectárea por hora de brillo solar acumulado.

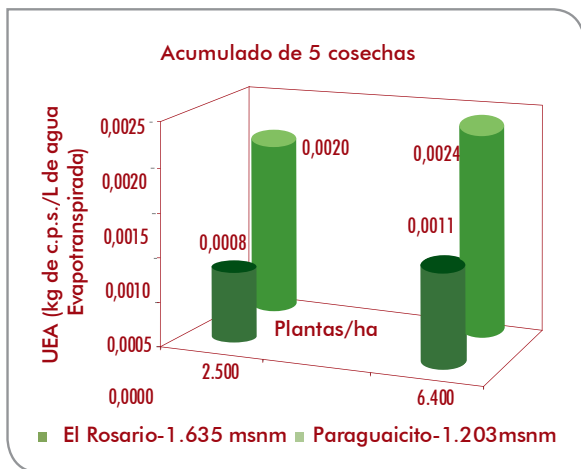


Figura 17.

Uso eficiente del agua (UEA) calculado para dos densidades de siembra de café de porte bajo, en dos localidades contrastantes.

Como el objetivo de los sistemas de producción de café al sol es el de obtener el mayor provecho de los recursos, en la Figura 19 se observa que en la medida que se aumenta la densidad de siembra, se incrementa el uso eficiente de la energía, lo que quiere decir que, para una misma localidad al aumentar la densidad de siembra, se aumenta el UEE. Por ejemplo, en la Estación Experimental El Rosario en Antioquia, con 4.400 plantas/ha, al sexto año tuvo un UEE de 2,0 kg de c.p.s. por hectárea por hora de brillo solar, y al aumentar la densidad a 6.400 plantas/ha, al sexto año, por cada hora de brillo solar se obtuvieron 2,4 kg.ha⁻¹ de c.p.s. (Figura 19). En el caso de Mesitas del Colegio en Cundinamarca, en el quinto año con 5.000 plantas/ha, se obtuvo un UEE de 2,4 kg de c.p.s. por hectárea por hora de brillo solar, y al aumentar la densidad de siembra a 10.000 plantas/ha incrementó su UEE a 2,9 kg de c.p.s. por hectárea por hora de brillo solar.

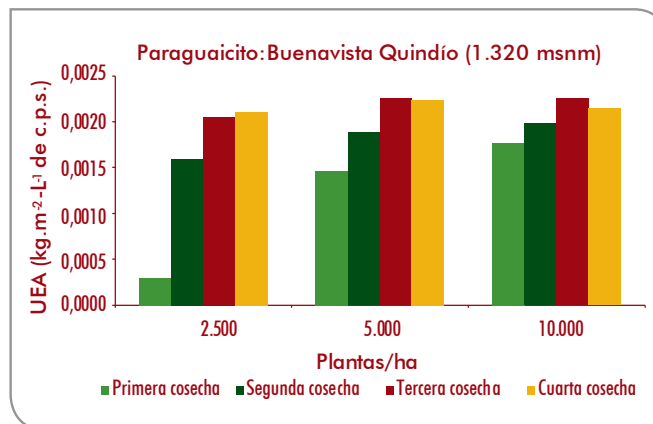


Figura 18.

Uso eficiente del agua (UEA) calculado para una localidad para tres densidades de siembra.

Por otra parte, el UEE a una misma densidad de siembra, varía de una localidad a otra (Figura 20), lo anterior significa que cada zona tiene su potencial productivo, y que es importante conocerlo para sacarle el mejor provecho con la densidad de siembra y todas las demás prácticas de manejo del cultivo.

Consideraciones prácticas

Los sistemas de producción de café a libre exposición solar tienen como propósito obtener el mejor provecho de la disponibilidad de agua y energía, por lo tanto, no es justificable desde el punto de vista productivo y de usos eficientes de los recursos tener cafetales al sol con bajas densidades de tallos (Tabla 7 y Figura 21).

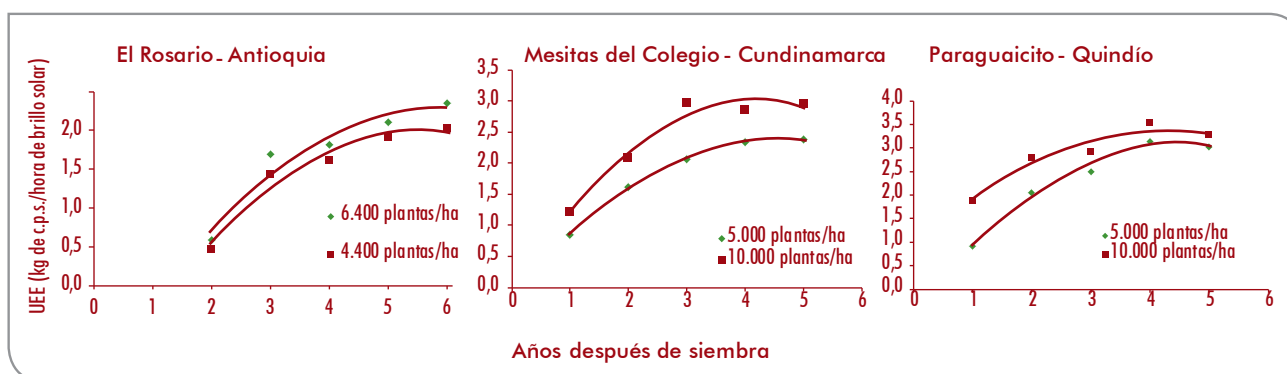


Figura 19.

Relación entre la densidad de siembra, la edad del cultivo y el uso eficiente de la energía (UEE= kg de c.p.s. por hectárea por hora de brillo solar), en tres localidades.

Una baja densidad de tallos implica:	Una alta densidad de tallos implica:
Desde el punto de vista fisiológico	
Índice de área foliar bajo: 1-2 Baja eficiencia de interceptación de luz	Índice de área foliar alto: 8-10 Alta eficiencia en la interceptación de luz
Desde el punto de vista productivo	
Baja productividad	Buena productividad
Desde el punto de vista del uso de los recursos	
Baja eficiencia en el uso de agua Baja en el uso de la energía	Alta eficiencia en el uso de agua Alta eficiencia en el uso de la energía

Tabla 7.

Implicaciones de la densidad de tallos en cafetales al sol (Modificado de Arcila, 2007).

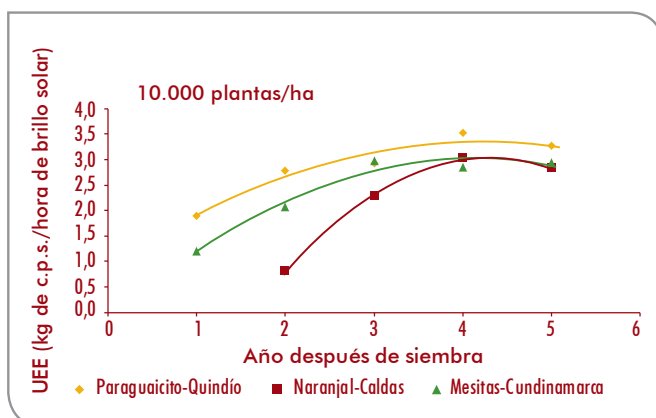


Figura 20.

Uso eficiente de la energía para una misma densidad de siembra, en tres localidades contrastantes de la zona cafetera de Colombia.



Figura 21.

Comparativo de una alta y una baja densidad de siembra en un sistema de producción de café al sol.

Recomendaciones prácticas

- La decisión de establecer cafetales al sol depende de que la zona cafetera no tenga más de dos meses consecutivos secos, que sus suelos tengan una buena capacidad de almacenamiento y sean resistentes a la erosión, de la disponibilidad de energía (En especial la densidad máxima de siembra), de la variedad y de la capacidad de manejo agronómico del cultivo que cada caficultor posea.
- La densidad de siembra máxima para cafetales al sol no es igual para cada región, depende de la disponibilidad hídrica y de la temperatura media del aire, por lo tanto, cada zona tiene una densidad máxima y un arreglo espacial propio.
- Al definir la densidad de siembra máxima se deben establecer los ciclos de renovación. En ambientes de rápido crecimiento y altas densidades de siembra, los ciclos de renovación son menores o más cortos, caso contrario en ambientes de crecimiento lento y bajas densidades, los ciclos de renovación son más amplios.
- En ambientes de bajo crecimiento, asociado a bajas temperaturas, se recomienda compensar con altas densidades de siembra, y en ambientes de rápido crecimiento se pueden manejar densidades menores.
- Los cafetales al sol no excluyen el uso de árboles como surcos vivos, barreras rompevientos y conectores de biodiversidad, entre otras.

Literatura citada

- ARCILA, P.J. Densidad de siembra y productividad de los cafetales: 131-144. En: ARCILA, P.J.; FARFÁN, V.F.; MORENO, B.A.; SALAZAR, G.L.F.; HINCAPIÉ, G.E. *Sistemas de producción de café en Colombia*. Chinchiná. Cenciafé. Colombia. 2007.
- CHAVES, C., B; JARAMILLO, R., A. 1998. Regionalización de la temperatura del aire en Colombia. *Cenicafé* 49 (3):224-230
- JARAMILLO, R.A.; RAMÍREZ, B.V.H.; ARCILA, P.J. Distribución de la lluvia: Clave para planificar las labores en el cultivo de café en Colombia. *Avances Técnicos Cenicafé*. No 411.8p.2011.
- DUQUE, O.H.; ARBOLEDA, V.C.; ARCILA, P.J. Colinos de café descopados: Una opción para obtener altas densidades de siembra a menor costo. *Avances Técnicos Cenicafé*. No 309.4p.2003.
- GALVIS, G.C.A. El mal rosado del cafeto. *Avances Técnicos Cenicafé*. No 299.8p.2002.
- MESTRE, M. A.; SALAZAR, S.J.N.. Producción de cafetales establecidos con una y dos plantas por sitio. *Avances Técnicos Cenicafé*. No 213. 2p. 1995.
- MORENO B., A.M.; RIVERA P., J.H.. Rotación de cultivos intercalados con café, utilizando el manejo integrado de arvenses. *Avances Técnicos Cenicafé*. No 307.8p.2003.
- MORENO, B.A.M.; HERNÁNDEZ, G.E.; GRISALES, L.F.L. Plátano dominico hartón intercalado con café: más ingresos para los caficultores. *Avances Técnicos Cenicafé*. No 325.4p.2004.
- MORENO, B.A.M. Evite pérdidas económicas al renovar por zoqueo: Resiembra los sitios perdidos. *Avances Técnicos Cenicafé*. No 398.8p.2010.
- MORENO, B.A.M. Reduzca los costos en el establecimiento del café: Intercale cultivos transitorios. *Avances Técnicos Cenicafé*. No 398.8p.2010.
- MOSQUERA, S.L.P.; RIAÑO, H.N.M.; ARCILA, P.J.; PONCE, D.C.A. Fotosíntesis, respiración y fotorespiración en hojas de café *Coffea sp*. *Cenicafé*. 50(3):215-221. 1999.
- RAMÍREZ, B.V.H.; DUQUE, N.D. Respuesta del Lulo la selva (*Solanum quitoense* - *Solanum hirtum*) a la aplicación de fermentados anaeróbicos tipo bocashi y fertilizante químico. *Acta Agronómica*. 59(2):155-161. 2010.
- RAMÍREZ, B.V.H.; RENDÓN, J.R. Evaluación de la edad óptima de eliminación de la yema terminal en almácigos de café. *Informe anual de labores Cenicafé*. 7p.2012.
- RIVILLAS, O.C.A.; LEGUIZAMÓN, C.J.E.; GIL, V.L.F.; DUQUE, Q.H. Recomendaciones para el manejo de la roya del cafeto en Colombia. 2da Edición. *Boletín Técnico Cenicafé* No 19.36p.2005.
- RIVILLAS, O.C.A.; CASTRO, T.A.M. Ojo de gallo o gotera del cafeto *Omphalia Flavia* *Boletín Técnico Cenciafé*. No 37. 24p.2011.
- URIBE, H.A.; MESTRE, M.A. Efecto de la distancia de siembra y del número de plantas por hoyo sobre la producción de café (*Coffea arabica* L. Var. Caturra). *Cenicafé*. 39(1):15-27. 1988a.
- URIBE, H.A.; MESTRE, M.A. Efecto de la densidad de población y de la disposición de los árboles en la producción de café. *Cenicafé*. 39(2):31-42. 1988b.
- SUÁREZ, V.S. Características físicas de los suelos de la zona cafetera colombiana relacionadas con el uso, manejo y conservación. En. *Simposio sobre suelos de la zona cafetera colombiana*. Julio 24 al 28. *Cenicafé*. 17p. 2000.

Establecimiento de sistemas agroforestales con café

Fernando Farfán Valencia

Un sistema agroforestal cafetero es un conjunto de prácticas de manejo del cultivo donde se combinan especies arbóreas en asocio con el café o en arborización de las fincas, cuyo objetivo es el manejo y la conservación del suelo y el agua, y el aumento y mantenimiento de la producción, para garantizar la sostenibilidad y el fortalecimiento del desarrollo social y económico de las familias cafeteras (Farfán, 2012).

En este capítulo se exponen algunos conceptos básicos sobre sistemas agroforestales y su clasificación, basados en conceptos teóricos y resultados de investigaciones sobre sistemas agroforestales que se han desarrollado en Cenicafé y se presentan consideraciones y prácticas para el manejo integrado de los mismos.



Características y clasificación de los sistemas agroforestales



Son muchas las definiciones que se han dado de “Agroforestería” o sistemas agroforestales, entre éstas se pueden citar:

- En términos generales, se puede inferir que “la agroforestería es un **sistema de manejo sostenible de los cultivos y del suelo**, mediante el cual se procura **aumentar los rendimientos** en forma continua, combinando la producción de las **especies arbóreas con cultivos de valor económico**, incluyendo los pastos para la producción animal, en una forma simultánea o secuencial en la misma unidad de terreno (Durán, 2004; Sánchez, 2003; Torquebiau, 1993), aplicando además **prácticas de manejo** compatibles con las prácticas culturales de la población local (Durán, 2004).
- Agroforestería es una **forma de uso del suelo**, en la que se cumplen las siguientes condiciones fundamentales (Somarriba, 1990): **Existen al menos dos especies de plantas que interactúan biológicamente**. Al menos una especie es leñosa perenne, y al menos una de las especies es manejada con fines agrícolas.

- Son **formas de uso y manejo de los recursos naturales**, en los cuales **especies leñosas** son utilizadas en asociación deliberada **con cultivos agrícolas o con animales**, en el mismo terreno, de manera simultánea o en una secuencia temporal (CATIE, 1986).
- Son una serie de **sistemas y tecnologías de uso del suelo**, en las que se combinan o **interactúan árboles con cultivos agrícolas** (anuales o perennes), en función del tiempo y del espacio, para **incrementar y optimizar la producción** en forma sostenida (Fassbender, 1987; Torquebiau, 1993).

Es importante primero saber por qué se establece sombrío al café. Para ello se va a dar respuesta a la siguiente pregunta:

¿Para qué establecer sombrío al café?

- La tendencia general de la zona cafetera central es la de presentar dos períodos secos y dos húmedos en el año; los meses de exceso hídrico son abril - mayo y octubre - noviembre.
- En las regiones norte, sur y oriente del país la tendencia es presentar en el año una sola estación húmeda (Jaramillo, 2005). En la región cafetera norte de Colombia, 10° 25' latitud Norte y 73° 34' longitud Oeste, a pesar que los valores anuales de precipitación son de 1.481 mm y que la cantidad de agua que cae en el primer semestre es el 35% (642 mm) del total anual, se presenta una estación seca pronunciada de enero a abril, con un déficit hídrico de 238 mm (Cenicafé, 2004; Jaramillo, 2005). En la región sur, 1° 15' latitud Norte y 77° 29' longitud Oeste, se presenta una precipitación anual de 1.204 mm (Cenicafé, 2004), cantidad que podría ser suficiente si tuviera una distribución uniforme en el año, pero se presenta una estación seca marcada de julio a septiembre, con un déficit hídrico de 266 mm, en tres meses continuos (Cenicafé, 2004).

Como se observa, los elementos resaltados en las anteriores definiciones, y que son característicos de los sistemas agroforestales, se pueden integrar en el siguiente concepto con respecto al sistema agroforestal con café:

“Un Sistema Agroforestal Cafetero Colombiano (SAFC) es un conjunto de prácticas de manejo del cultivo donde se combinan especies arbóreas en asocio con el café o en arborización de las fincas, cuyo objetivo es el manejo y la conservación del suelo y el agua, y el aumento y mantenimiento de la producción, para garantizar la sostenibilidad y el fortalecimiento del desarrollo social y económico de las familias cafeteras” (Farfán, 2012).

- El límite de deficiencia hídrica para el café es de 150 mm en tres meses continuos (Orozco y Jaramillo, 1978).

Dadas las condiciones impuestas por estas deficiencias hídricas, es común observar en estas regiones sistemas de cultivo de café bajo cobertura arbórea o en sistemas agroforestales, con el propósito de conservar la humedad del suelo en épocas secas y disminuir los efectos que la falta de agua imponen sobre el cultivo, como aumentar la tasa de crecimiento, evitar el marchitamiento de las plantas y reducir la pérdida de hojas, entre otros (Muschler, 2000; Orozco y Jaramillo, 1978). Además, se debe establecer café con árboles si el relieve es fuertemente quebrado, con pendientes fuertes (>50%), suelos susceptibles a la erosión, suelos poco profundos y suelos poco estructurados, con bajos contenidos de materia orgánica y baja fertilidad natural.

Clasificación de los sistemas agroforestales

La clasificación de los sistemas agroforestales es necesaria, con el fin de proveer un marco conceptual para evaluarlos y desarrollar planes de acción para su mejoramiento (Nair, 1985; Fassbender, 1987); dada la diversidad de los sistemas agroforestales, las clasificaciones pueden ser complejas o simples.



Mixto. Los componentes no están arreglados o dispuestos geoméricamente en el lote, es decir, aparecen de manera irregular; como ejemplo, se puede mencionar la caficultura tradicional (FNC, 1997), donde no hay arreglo espacial ni del sombrío ni del café, es decir, los componentes fueron establecidos en forma deliberada en los lotes (Rice, 1997; Perfecto et al., 1996).



Zonal. Los diferentes componentes están geoméricamente arreglados dentro del lote. Para citar como ejemplo, el cultivo del café (FNC, 1997), en estos sistemas se establece la sombra¹ de una forma sistemática, con arreglos espaciales definidos, buscando un nivel de sombra óptimo para el café; las especies arbóreas comúnmente empleadas como sombrío son de los géneros *Inga*, *Albizia* y *Erythrina* (FNC, 1958; Rice, 1997).

La clasificación del sistema agroforestal simple, se basa en el análisis estructural del sistema, dado que es la clasificación que más ampliamente se utiliza. La clasificación simple se fundamenta en la presencia, el arreglo y la disposición de los componentes dentro del sistema (Torquebiaeu, 1993).

Tipos de sistemas de acuerdo con la presencia

Esta clasificación se basa en la existencia de los tres principales componentes agroforestales: **árboles, cultivos y pastos** (Animales). Se definen las siguientes categorías estructurales.

- **Sistemas agrosilvícolas.** Asociaciones de árboles con cultivos agrícolas
- **Sistemas silvopastoriles.** Asociaciones de árboles con pastos (Animales). Los animales deben estar presentes físicamente cerca de los árboles y dentro del mismo terreno
- **Sistema agrosilvopastoriles.** Asociaciones de árboles, cultivos agrícolas y pastos (Animales)

Clasificación según el arreglo

El arreglo se refiere al orden de los componentes en el espacio y en el tiempo; el arreglo espacial tiene que ver con la ubicación física de los componentes en el lote y el arreglo temporal (Secuencia), describe si los componentes están al mismo tiempo en la parcela, siguen uno a otro o se superponen parcialmente en el tiempo. Los principales tipos de arreglos son:

¹En este capítulo el término sombra hace referencia a Sistemas Agroforestales

Clasificación según la disposición

La disposición o estratificación de los componentes, puede ser simple o en varios estratos (Multiestratos).

Estratos simples. Hay solo una capa de árboles; por ejemplo, café con sombrío solo de guamo, carbonero o cámbulo, entre otros.

Multiestratos. En la disposición estratificada hay varias capas de árboles, en el caso del café el sombrío puede ser con diversas especies simultáneamente.

Densa. Los componentes están juntos estrechamente en la parcela.

Dispersa. Los componentes están lejos unos de otros.

Simultánea. Los componentes están presentes al mismo tiempo en la parcela.

Secuencial. Los componentes no están presentes simultáneamente en la parcela, uno va detrás del otro.

La clasificación compleja se realiza según:

- La distribución del componente arbóreo en el tiempo y en el espacio
- La importancia relativa de los componentes
- La función de los diferentes componentes dentro del sistema
- Según los objetivos de la producción y las características sociales y económicas prevalentes

Otra clasificación de los sistemas agroforestales puede basarse en el tipo de componentes incluidos y la asociación que exista entre ellos.

Categorías en los sistemas agroforestales

Las categorías reúnen elementos comunes articulados y jerárquicos, de manera que se facilite el conocimiento de las funciones de los sistemas (Nair, 1985), estas categorías son:

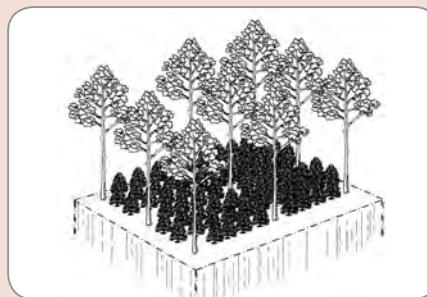
Sistema agroforestal (Categoría superior). Asociaciones o arreglos agroforestales conformados por el componente arbóreo y el agrícola de interés económico. Los sistemas agrosilvícolas, silvopastoriles y agrosilvopastoriles, pertenecen a esta categoría.

Tecnología agroforestal (Categoría intermedia). Las tecnologías agroforestales son una opción en la utilización de suelos, éstas buscan integrar, sobre una misma superficie, diferentes modalidades de producción con distintas especies que tengan variadas exigencias. En las tecnologías agroforestales juega un papel decisivo el arreglo de los componentes del sistema y sus disposiciones en el espacio y tiempo. Las principales tecnologías agroforestales son:

Árboles asociados con cultivos perennes. A esta categoría pertenecen todas las combinaciones de árboles y cultivos perennes, en que el componente arbóreo crea un piso superior y cubre los cultivos. La cubierta del árbol puede ser muy abierta o casi cerrada, como los árboles de sombra de algunas plantaciones de café.

Las plantaciones intensivas comerciales, en asociación con árboles de usos múltiples (combinación de cultivos de plantación), también pertenecen a esta categoría; como ejemplo se puede citar al café cultivado con sombra de *Erythrina* sp., *Inga* sp., y *Cordia alliodora*, entre otros.

Las funciones de los árboles en estos sistemas son: Sombra y protección del cultivo, fertilización y conservación de suelos, control de arvenses, soportes vivos, producción de leña y madera, producción de forraje y producción de frutos, entre otros (Durán, 2004).



Árboles en asociación con cultivos anuales (Cultivos en callejones).

Consiste en la asociación de árboles con cultivos anuales, de esta manera los cultivos se encuentran en callejones entre los surcos de los árboles (Durán, 2004). En estas asociaciones, las interacciones de los cultivos anuales con el componente arbóreo son similares a las del caso anterior. Estos sistemas se presentan para especies anuales tolerantes a la sombra (Torquebiau, 1993). Las funciones básicas de los árboles en estos sistemas son la producción de abono verde y el control de arvenses.



Sistemas silvopastoriles. Estos sistemas y los silvoagrícolas tienen las mismas características estructurales; los árboles cubren el piso inferior, constituido por pastos, además, el piso inferior y algunas veces también el superior, está dedicado a la producción animal (Torquebiau, 1993). Estos sistemas son practicados a diferentes niveles desde las grandes plantaciones arbóreas comerciales con inclusión de ganado, hasta el pastoreo de animales como complemento a la agricultura de subsistencia.

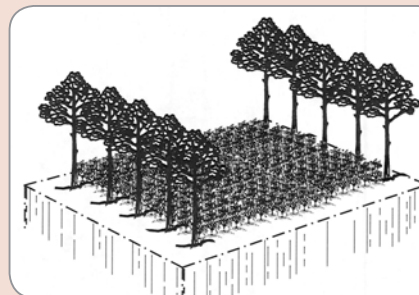
El principal objetivo en estos sistemas es la ganadería. En forma secundaria se puede lograr de los árboles: Producción de madera y leña, producción de frutas y semillas, además proveen sombra y refugio para el ganado.



Cortinas rompevientos. Son usadas para la protección de cultivos y animales, proporcionan protección incluso donde la agricultura es intensiva (Durán, 2004; Torquebiau, 1993). Además de jugar un papel protector, los árboles empleados como rompevientos producen madera, forraje, abono verde, leña y frutos, entre otros.



Plantaciones con linderos de árboles. Se usan para delimitar parcelas o separar áreas con diferentes cultivos; también son usados para incorporar árboles a los paisajes agrícolas. Los árboles pueden ser explotados con fines comerciales.



Cercas vivas. Es una plantación de árboles en línea, que delimitan una propiedad, un lote, entre otros. El objetivo básico es la delimitación y protección de los terrenos. De los árboles se pueden obtener beneficios como producción de leña, forraje, postes y madera (Durán, 2004; Torquebiau, 1993).



Práctica agroforestal (Categoría inferior). Asociación específica de componentes con disposiciones detalladas de especies, acomodo espacio-temporal y manejo agronómico, entre otros.

Interacciones entre los componentes del sistema agroforestal (Árbol-suelo-cultivo)

Las interacciones pueden ser positivas, neutras o negativas. Cuando la interacción es positiva, hay complementariedad entre los componentes, mientras que hay competencia si la interacción es negativa (Beer *et al.*, 1998; Beer, 1987; FNC, 1958; Guharay *et al.*, 2001; Hagggar *et al.*, 2001; Van Noordwijk, 2000).

Interacciones positivas

Reciclaje de nutrientes. Puede basarse en la toma de nutrientes por las raíces del árbol en las capas superficiales del suelo, sin entrar en competencia con el cultivo. Las raíces de los árboles pueden tomar nutrientes lixiviados a las capas profundas del suelo y ser devueltos a las superficiales. Los árboles que toman nutrientes de las capas profundas del suelo, pueden actuar como una bomba de nutrientes.

Producción de residuos vegetales. Si los residuos vegetales son de buena calidad (Baja relación C:N, bajos contenidos de lignina y polifenoles), éstos se descomponen rápidamente y los nutrientes estarán disponibles para el cultivo y los árboles.

Cobertura muerta (Mulch). Los residuos vegetales de baja calidad (Alta relación C:N, altos contenidos de lignina y polifenoles), se descomponen muy lentamente, actuando como cobertura muerta, la cual conserva la humedad del suelo durante los períodos secos. El mulch es importante donde el suministro de agua para los cultivos es un problema, especialmente si son suelos arenosos.

Los árboles son fuente de nitrógeno. Tanto las raíces de los árboles como de los cultivos pueden ser fuente de N, por fijación, nodulación y muerte de raíces, entre otros.

Control de arvenses. El sombrero dado por los árboles y el cultivo contribuye a la reducción en el número y porcentaje de cobertura de arvenses.

Reducción de plagas y enfermedades. La combinación de árboles y cultivos reducen la presión de plagas y enfermedades, y facilitan el establecimiento de controladores biológicos.

Efectos microclimáticos. Los árboles reducen la velocidad del viento, regulan la humedad y temperatura dentro del cultivo, reducen la evapotranspiración de los árboles y el cultivo, y reducen el daño causado por el granizo y la lluvia.

A largo plazo, el efecto combinado árboles-cultivo reduce los procesos erosivos, mantiene la estructura del suelo y conserva los contenidos de materia orgánica. El sistema radicular de los árboles puede mejorar el drenaje y aireación del suelo, además remueve los excesos de humedad del suelo.

Diversificación de la producción, como frutos y madera, además del control de la fenología del cultivo (Maduración de los frutos) y producción anual estable, puede alargar la vida productiva del cultivo.

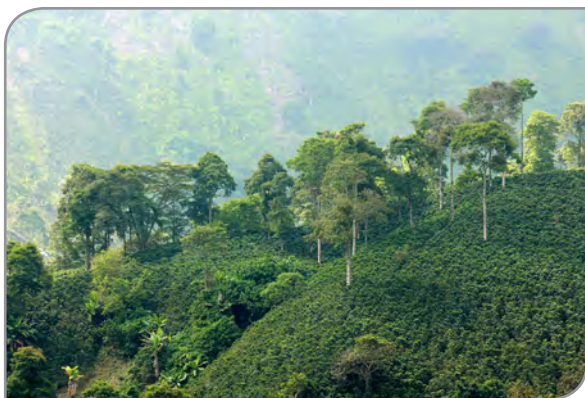
Incremento de la humedad por interceptación horizontal (Neblina), se promueve la actividad de organismos benéficos, se reduce la utilización de productos químicos, son refugio de aves, ofrecen oportunidades de investigación en biodiversidad, dan la oportunidad para participar en mercados de cafés especiales: Amigables con las aves, cafés de conservación, cafés orgánicos.

Interacciones negativas

Entre los componentes del sistema agroforestal se pueden presentar interacciones negativas o no adecuadas, a saber: La caída natural de ramas y árboles puede afectar las plantas del cultivo; la defoliación inesperada de los árboles de sombra, por insectos o enfermedades, puede dejar desprotegidas las plantas; labores como las podas pueden requerir mano de obra adicional; los árboles pueden ser obstáculo para el establecimiento de estructuras contra la erosión; un sombrero muy denso puede reducir la productividad del cultivo; las raíces de los árboles pueden competir por la humedad del suelo durante épocas secas y por oxígeno durante las épocas húmedas; los árboles de sombra pueden competir por nutrientes; las gotas de lluvia pueden coalescer o unirse en las hojas de los árboles, ocasionando una redistribución adversa de la lluvia, incrementando la erosión; la producción de frutos y madera puede convertirse en sumidero de nutrientes; tanto los árboles como los cultivos pueden ser hospederos entre sí, de plagas y enfermedades.

Pasos para realizar la selección y diseño de sistemas agroforestales con café -SAF

La selección y diseño del sistema agroforestal-SAF a establecer en la unidad de producción, se puede resumir en los siguientes pasos (Haggar *et al.*, 2001; Wilkinson *et al.*, 2000):



1. Definir los objetivos del sistema
2. Identificar las características del sitio donde se establecerán los árboles
3. Identificar los árboles que se desarrollan bien en estas condiciones
4. Identificar los productos y servicios esperados de los árboles de sombrío
5. Seleccionar las especies candidatas
6. Recopilar información sobre los árboles
7. Planificar las prácticas de manejo para los árboles seleccionados

1. Definir los objetivos del sistema

El diseño de los sistemas de producción con café se inicia con la definición de los objetivos de producción.

Se debe pensar en cuáles son los servicios y productos que se esperan del sistema, es decir, de los árboles empleados como sombrío en el café, por ejemplo: Protección del cultivo, recuperación del suelo, aporte de materia orgánica, ciclaje de nutrientes, conservación de la humedad del suelo, control de la erosión, producción de cafés especiales, entre otros.

2. Identificar las características del sitio donde se establecerán los árboles

Entre las características del sitio se encuentran: Características de los suelos, condiciones climáticas, altitud, uso y manejo del suelo y topografía, entre otros.

Investigaciones en Colombia y otros países cafeteros sugieren que el sombrío presenta una serie de ventajas, principalmente en climas cálidos y secos, en suelos con baja retención de humedad y baja fertilidad, condiciones bajo las cuales la instalación del cultivo tiene dificultad y el crecimiento vegetativo posterior se ve reducido. Sin embargo, es importante considerar que el sombrío no es universalmente benéfico y en algunas condiciones se registran desventajas, asociadas especialmente a la restricción de la incidencia de la radiación solar que es el principal factor determinante de la productividad vegetal (Beer, 1998; Farfán y Mestre, 2004; Haggar *et al.*, 2001; Jaramillo, 1982; Muschler, 2000; Orozco y Jaramillo, 1978). Para ayudar a tomar la decisión de cuándo es necesaria la sombra en cafetales, se deben analizar varias situaciones:

¿En cuáles ambientes se espera mayor beneficio de los árboles de sombrío?

En condiciones ambientales ideales para café como suelos fértiles, en altitudes óptimas y adecuada distribución de la lluvia, el cultivo a pleno sol puede producir más que bajo árboles que proyectan 50% de sombra; sin embargo, en zonas marginales muy bajas, el estrés hídrico y térmico es mayor para las plantas de café y, por consiguiente, a largo plazo, la producción a pleno sol tiende a ser menor que en las altitudes óptimas, debido a que los árboles de café no toleran los extremos ambientales, los cuales aumentan conforme el cultivo se aleja de la zona óptima (Beer, 1998; Muschler, 2000).

En contraste a la situación anterior, **el aporte de sombra puede ser muy importante, para los cafetales establecidos en zonas con deficiencias hídricas y suelos con limitaciones físicas y con baja disponibilidad de los nutrimentos necesarios para el desarrollo normal de la planta**, ya que los árboles ayudan a moderar el estrés del café sometido a este ambiente, por su efecto de atenuación de las condiciones hídricas y de microclima, reciclaje de nutrientes y por la acomodación de la planta de café a un nivel de producción compatible con los recursos disponibles, como agua, luz y nutrimentos (Beer, 1998; Muschler, 2000).

¿Cuál zona de la finca se beneficia más con el asocio de los árboles?

Debido a que en la finca se presentan variaciones en las condiciones de los lotes que la conforman, en algunos de éstos puede ser útil introducir algún tipo de sombrío o prescindir de éste.

3. Identificar los árboles que se desarrollan bien en estas condiciones

Una vez caracterizado el sitio donde se establecerá el SAF, se debe hacer un listado o preselección de árboles que pueden adaptarse o que se desarrollarán bien en estas condiciones. Es importante indagar si existen sitios con ambientes similares y qué especies de árboles se desarrollan allí (Cenicafé, 2004).

4. Identificar productos y servicios esperados de los árboles de sombrío

Hacer un listado de otros beneficios esperados de los árboles, por ejemplo: Cantidad de materia orgánica aportada por año, calidad de la materia orgánica (Contenido de nutrientes), tasa de transferencia de nutrientes, producción de frutos, porcentaje de cobertura, especies aceptadas por las normas de producción de cafés de sombra o de conservación, entre otros.

5. Selección de las especies candidatas

Del listado realizado en el paso 3, seleccionar la(s) especie(s) definitiva(s) que conformará(n) el componente arbóreo del sistema agroforestal.

6. Recopilar información sobre los árboles

Entre la información pertinente se encuentra: Hábito de crecimiento, diámetro del tronco a la altura del pecho, desarrollo de la copa, tipo de árbol, tasa de crecimiento, características de la madera, usos de la madera, forma de propagación, entre otros. Esta información es básica para definir densidades de siembra, estructura del componente arbóreo (Una sola especie o varias especies), estratificación del sistema.

7. Planificar las prácticas de manejo para los árboles seleccionados

De las decisiones tomadas con la información obtenida en el paso 6, se planificarán todas las prácticas de

manejo de los árboles seleccionados para conformar el sistema, es decir, definir las prácticas agroforestales.

Manejo de los sistemas agroforestales

Manejo de la sombra

Desarrollo y forma del dosel de las especies arbóreas empleadas como sombrío. Para satisfacer las diferentes necesidades de sombra se pueden utilizar diferentes especies arbóreas, con sus **características específicas de competitividad o compatibilidad**; entre los atributos más importantes que determinan la compatibilidad de un árbol están: **Su tasa de crecimiento, sus cambios fenológicos y la arquitectura de la copa** (Muschler, 2000).

La forma del dosel o la corona de los árboles tiene importantes consideraciones al momento de seleccionarlos para los sistemas agroforestales; algunos árboles tienden a desarrollar el dosel en capas, o con un dosel pequeño y alto o en forma columnar, en contraste con otros árboles que desarrollan una copa densa, esparcida o cónica, es decir, es muy amplia la gama de formas del dosel de los árboles (Wilkinson y Elevitch, 2000). Algunos tipos de copas de los árboles permiten, de acuerdo al espaciamiento y a su manejo, buena entrada de luz al cultivo o poca sombra, por ejemplo *Cordia alliodora*, *Eucalyptus grandis*; otros, desarrollan una copa densa que impide la entrada de luz suficiente para el desarrollo del cultivo, por ejemplo, *Inga edulis*, *Inga densiflora*, *Erythrina* sp.



Consideraciones prácticas

El conocimiento del desarrollo y forma de la copa o el dosel de los árboles se debe emplear para determinar el espaciamiento apropiado en el establecimiento de los sistemas agroforestales y el manejo que éstos, como épocas de podas de mantenimiento, podas de formación, entre otros (Wilkinson y Elevitch, 2000), para obtener los niveles de sombra adecuados y niveles de producción óptimos.

Distribución de la sombra. El grado o nivel de sombra depende de parámetros ambientales (Precipitación, horas luz, humedad relativa, nubosidad), de la arquitectura o características de la especie seleccionada (Tasa de crecimiento, densidad de copa) y de la capacidad de competencia por nutrientes y agua que la especie arbórea pueda tener con el café (Beer, 1998; FNC, 1958; Guharay et al., 2001; Muschler, 2000).

En condiciones que no son las óptimas para el café, éste requiere de más sombra y, consecuentemente, mayor número de árboles o mayor porcentaje de sombrío, y en condiciones ideales para café, puede establecerse a plena exposición solar o con un menor número de árboles por hectárea o con un menor grado de sombra.

Por lo tanto, es requisito básico, en los sistemas de cultivo de café con sombrío determinar el denominado sombrío óptimo o grado de sombra adecuado, el cual está determinado por las dos dimensiones de la sombra: Su intensidad y su distribución o patrón de sombra (Beer, 1998; Muschler, 2000). Las especies arbóreas y las densidades de siembra se ubican en las dos dimensiones de sombrío; dependiendo de la arquitectura de la copa del árbol y de la intensidad de la sombra suministrada,

el patrón de sombra bajo un número típico de los árboles va a estar dentro o fuera de la zona de óptimo sombrío, como se aprecia en la Figura 1 (Muschler, 2000).

Con baja densidad de siembra de los árboles o en los primeros años de desarrollo de los mismos, o con la selección de una especie inadecuada para el sitio de establecimiento del SAF, o un manejo excesivo de los árboles, se obtienen niveles de sombra deficientes o muy bajos para el desarrollo del café (Sombrío del 10% al 20%); igualmente, con densidades altas de siembra de los árboles o debido a su mal manejo (Sin podas de mantenimiento), en el tiempo se presentarán niveles de sombrío excesivos (>50%), limitantes para la producción del café.

Resultados obtenidos en Cenicafé indican que la misma especie de sombrío, *Inga edulis*, establecida a las mismas densidades de siembra, pero en sitios con características climáticas y de suelos contrastantes, tiene un comportamiento diferente. Es así como en la Estación Central Naranjal, a los 3 años de establecido el sistema agroforestal café con guamo a 6,0 x 6,0 m, se obtuvieron niveles de sombra superiores al 50%, y en la misma localidad, a los 5 años de edad, el grado de sombra fue superior al 70%, con los árboles establecidos a 6,0 x 6,0 m, 9,0 x 9,0 m y 12,0 x 12,0 m. En la Estación Experimental de Consacá, el grado de sombra estuvo entre el 35% y 50% a los 4 años de establecido el guamo y en la distancias de siembra de 6,0 x 6,0 m y 9,0 x 9,0 m.

Diversas especies leguminosas establecidas como sombrío del café, a diferentes densidades de siembra, pero en la misma localidad, dan sombrío excesivo a cortas distancias de siembra, en un lapso de tiempo muy corto, de tal manera que al ampliar la densidad de

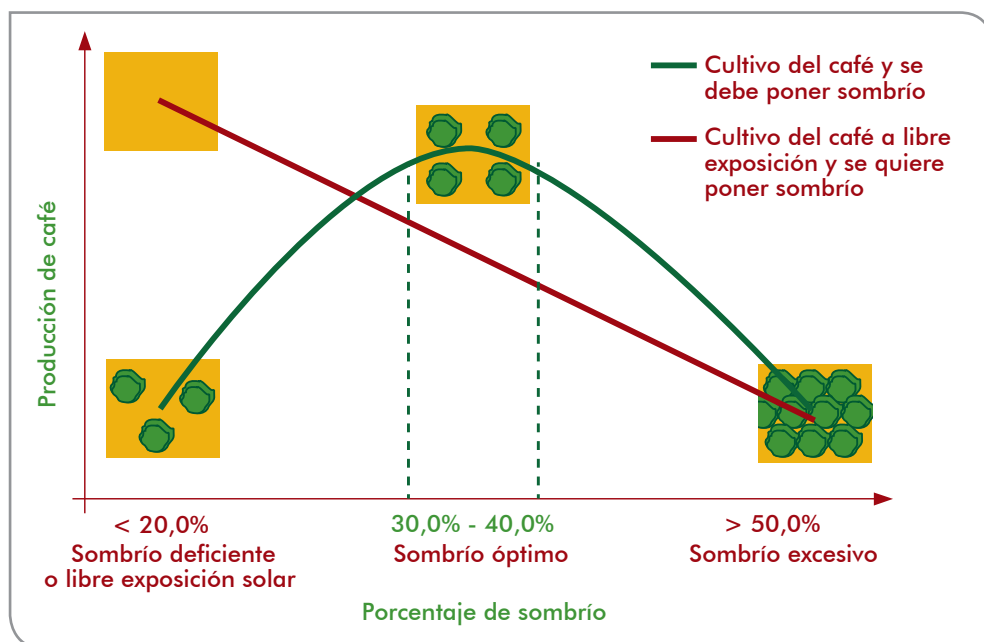


Figura 1.

Patrón de sombra: Producción hipotética de café bajo diferentes niveles de sombrío.

siembra (78 árboles/ha), se obtienen niveles de sombra óptimos para el desarrollo del café en períodos largos de tiempo.

Interceptación de la radiación fotosintéticamente activa (RFA)

Los estudios de interceptación de la RFA, la cual está comprendida entre 400 y 700 nm de longitud de onda, suministran la base para el manejo práctico de los cultivos, por ejemplo, para seleccionar el tamaño de los árboles, el arreglo espacial del cultivo principal, el número de plantas por hectárea, la optimización de la producción de los asimilados y su conversión. Para planificar lo anterior debe buscarse la máxima interceptación de la radiación y una óptima distribución dentro del follaje, en los diferentes niveles de las planta (Castillo *et al.*, 1997; Jaramillo *et al.*, 1980; Weaver y Clements, 1944), en nuestro caso del café.

Interceptación de la RFA por diferentes especies de sombrío en café. En Cenicafé, para la evaluación de la interceptación de RFA incidente sobre la fronda de las plantas de café se aplicó la metodología propuesta por Farfán *et al.* (2003). En la Estación Central Naranjal, el porcentaje de interceptación de RFA registrada en cada una de las distancias de siembra del sombrío de *Inga edulis*, durante tres años, mostró que a 6,0 x 6,0 m el porcentaje de interceptación media fue del 70%, a 9,0 x 9,0 m del 60% y a 12,0 x 12,0 m del 45% (Figura 2) (Farfán y Mestre, 2004).

En la Estación Experimental de Pueblo Bello (Cesar), los registros de interceptación de la RFA indican que el

nivel de sombra se incrementa al aumentar la edad del componente arbóreo. De acuerdo con la Figura 3, el nivel de sombrío medio (1998 a 2001) en que se desarrolló el cultivo del café fue del 58% con 278 árboles/ha de *Inga*, del 50% con 123 árboles/ha y del 34% con 70 árboles/ha (Farfán y Mestre, 2004b).

En la Estación Experimental Paraguaicito, en el Quindío, las evaluaciones sobre el porcentaje de interceptación de RFA, bajo cada especie de sombrío, durante el período 1998 a 2001, fluctuaron entre el 61,0% y el 75,7% con *Cordia alliodora*, entre el 29,3% y el 69,0% con *Pinus oocarpa* y entre el 58,7% y 58,5% con *Eucalyptus grandis* (Figura 4), de acuerdo con los estudios realizados por Farfán y Urrego (2004).

Regulación del sombrío

Es importante determinar el momento en el cual debe iniciarse la regulación del sombrío, para mantener los porcentajes de sombra dentro de los rangos óptimos, como medida preventiva en la reducción de la producción del café.

Para cumplir con este propósito, además de tener presente los factores mencionados como condiciones ambientales, de suelos, arquitectura de las especies arbóreas y densidades de siembra, entre otros, es fundamental tener los registros por año de producción de café y las evaluaciones de los porcentajes de cobertura, para poder establecer las relaciones entre estas dos variables y determinar el año de inicio del manejo del sombrío. Como ejemplo, se citan los resultados presentados por Farfán y Mestre (2004a, 2004b) en

Factores que afectan la interceptación de RFA	Factores que determinan el grado de interceptación de la RFA
<p>La altitud. Afecta la nubosidad y la calidad de la luz</p> <p>La latitud. Afecta el ángulo de incidencia de la luz y la longitud del día</p> <p>Concentración de partículas atenuantes en el aire</p> <p>Factores inherentes al equipo y las metodologías de evaluación</p>	<p>Arquitectura de los árboles y del cultivo</p> <p>Heterogeneidad del componente arbóreo. Diversidad, dimensión y orientación</p> <p>El número de estratos verticales</p> <p>Tamaño de las hojas y duración del follaje</p> <p>Índice de área foliar del componente arbóreo y del cultivo</p> <p>Densidad del follaje</p> <p>Ángulo inserción de las ramas y de las hojas</p> <p>Estructura y edad de la hoja</p> <p>Distribución del área foliar</p> <p>Distribución de la RFA en el follaje</p> <p>Arreglo espacial, el manejo del árbol de sombra y características del sitio donde fue establecido</p>

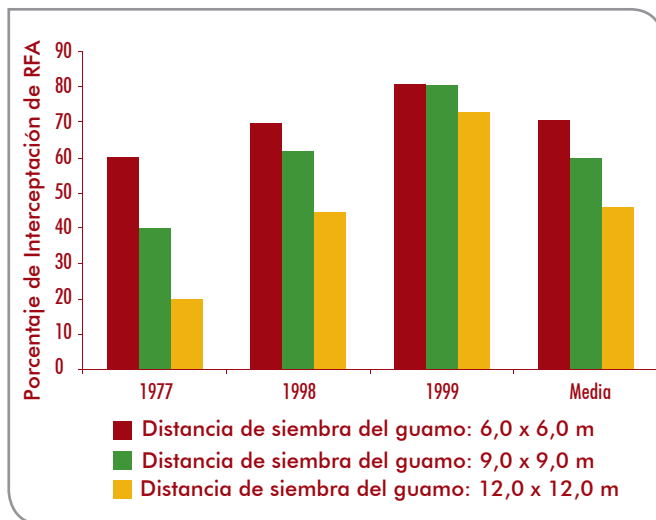


Figura 2.

Intercepción de la radiación fotosintéticamente activa, en tres densidades de siembra del sombrío de *Inga edulis*. Estación Central Naranjal, 1997 a 1999.

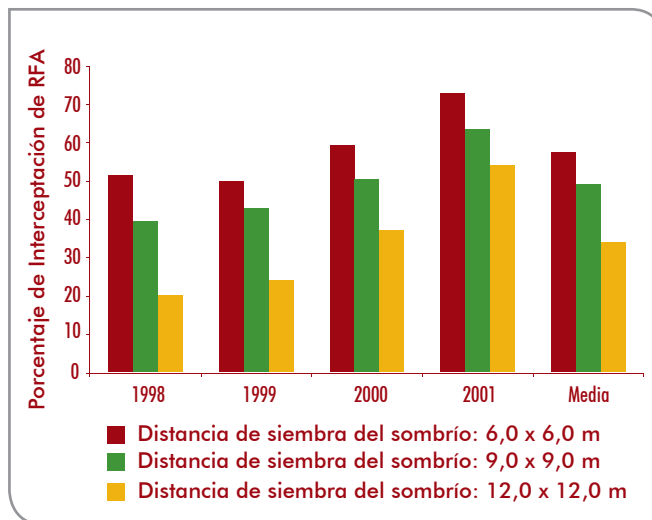


Figura 3.

Intercepción de la radiación fotosintéticamente activa en tres densidades de siembra, del sombrío de *Inga sp.* en la Estación Experimental Pueblo Bello, 1998 a 2001.

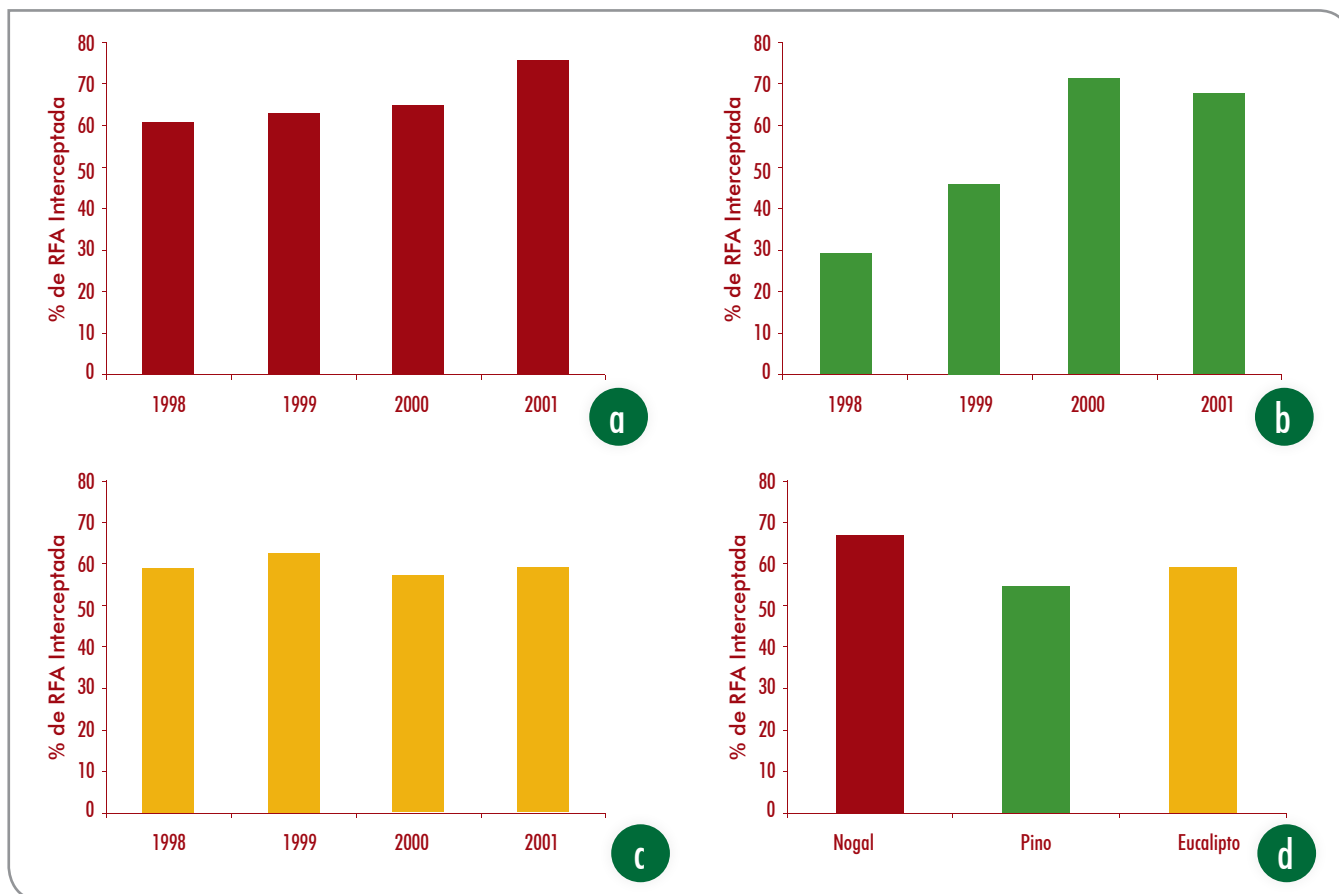


Figura 4.

Porcentaje de Intercepción de radiación fotosintéticamente activa-RAF de las especies forestales, **a.** *Cordia alliodora*; **b.** *Pinus oocarpa*; **c.** *Eucalyptus grandis*; **d.** Promedio de 4 años.

la Estación Central Naranjal (Chinchiná, Caldas) y en la Estación Pueblo Bello (Cesar).

Inicio de la regulación del sombrero con *Inga edulis*. En la Tabla 1 se presenta la edad óptima en años de los árboles de *Inga edulis* (Guamo santafereño) para dar inicio a su regulación o podas de mantenimiento, para conservarlo con porcentajes de sombrero entre el 35% y 45%. Los resultados fueron obtenidos en la Estación Central Naranjal y la Estación Experimental Pueblo Bello, el café se estableció a una densidad de 4.444 plantas/ha y el sombrero a tres densidades de siembra.

Inicio de la regulación del sombrero con *Erythrina sp.*, *Inga sp.*, *Leucaena leucocephala* y *Albizia carbonaria*. En la Tabla 2 se presenta la edad óptima en años, de las especies leguminosas, para dar inicio a su regulación o podas de mantenimiento para conservarlos con porcentajes de sombra entre el 35% y 45%, cuando se emplean simultáneamente como sombríos del café o sombríos estratificados, en la Estación Experimental Pueblo Bello. El café se estableció a una densidad de 4.444 plantas/ha y el sombrero a tres distancias de siembra.

El inicio de la regulación del sombrero se denomina libre crecimiento, cuando de acuerdo a la función analizada, esta edad está por encima de 12 a 15 años; no obstante, los árboles requieren de las podas de formación iniciales.

Inicio de la regulación del sombrero con especies forestales. En las Tablas 3 y 4 se presenta la edad óptima en años, de especies forestales y una leguminosa, empleadas como sombrero en dos localidades, para dar inicio a su regulación de sombrero o podas de mantenimiento, para mantenerlo con porcentajes de sombra entre el 35% y el 45%. El café fue establecido a una densidad de siembra de 4.444 plantas/ha y el sombrero a distancias comerciales de 6,0 x 6,0 m.

Efecto de la sombra sobre la producción del café

El dosel o copa de los árboles de sombrero afecta negativamente la cantidad y calidad de luz disponible para los cultivos y el límite de sombra aceptable para

Distancia siembra	Edad del árbol de <i>Inga edulis</i> (años)	
	Naranjal	Pueblo Bello
6,0 x 6,0 m	2,0	1,0
9,0 x 9,0 m	3,0	2,0
12,0 x 12,0 m	4,0	4,0

Tabla 1.

Edad óptima de los árboles de *Inga edulis* para iniciar su regulación del sombrero o podas de mantenimiento. Estación Central Naranjal (Caldas) y Estación Pueblo Bello (Cesar).

Árboles de sombrero	Edad de los árboles (años)		
	6,0 x 6,0 m	9,0 x 9,0 m	12,0 x 12,0 m
<i>Erythrina fusca</i> (Cámbulo)	2,5	5,0	Libre crecimiento
<i>Erythrina rubrinervia</i> (Fríjol rojo)	3,0	Libre crecimiento	Libre crecimiento
<i>Inga edulis</i> (Guamo santafereño)	2,5	2,0	3,5
<i>Leucaena leucocephala</i> (Leucaena)	4,0	3,0	Libre crecimiento
<i>Albizia carbonaria</i> (Carbonero)	7,5	3,0	7,0

Tabla 2.

Edad óptima de los árboles de leguminosas para dar inicio a su regulación de sombrero o podas de mantenimiento. Estación Experimental Pueblo Bello (Cesar).

Árboles de sombrero	Edad de los árboles (años)
<i>Cordia alliodora</i> (Nogal cafetero)	4,0
<i>Pinus oocarpa</i> (Pino)	4,5
<i>Eucalyptus grandis</i> (Eucalipto)	11,0

Tabla 3.

Edad óptima de tres especies forestales para dar inicio a su regulación de sombrero o podas de mantenimiento. Estación Experimental Paraguaicito (Quindío).

Árboles de sombrío	Edad de los árboles (años)
<i>Eucalyptus grandis</i> (Eucalipto)	5,0
<i>Pinus chiapensis</i> (Pino)	5,0
<i>Pinus tecunumanii</i> (Pino)	5,0
<i>Inga densiflora</i> (Guamo macheto)	5,5

Tabla 4.

Edad óptima de tres especies forestales y una leguminosa para dar inicio a su regulación de sombrío o podas de mantenimiento. Finca La Suecia (Cauca).

el café puede estar entre el 0% y el 45%. La sombra no es universalmente benéfica, las necesidades de ella están en función del clima, aunque bajo sombrío hay una reducción de la producción del café, ésta es compensada con un incremento en la longevidad del cultivo (Beer et al., 1998; Ramírez, 1995; Sivetz, 1971; Soto et al., 2000).

A continuación se presentan algunos de los resultados obtenidos en Cenicafé en estudios de la producción de café bajo árboles de sombrío.

Efecto de la intensidad del sombrío sobre la respuesta del café al fertilizante
Comportamiento de las especies forestales <i>Cordia alliodora</i> , <i>Pinus oocarpa</i> y <i>Eucalyptus grandis</i> como sombrío e influencia en la productividad del café
Respuesta del café bajo sombra a la fertilización
Aporte de materia orgánica y transferencia de nutrientes por algunas especies de árboles empleadas como sombrío en café
Descomposición de residuos y transferencia de nutrientes de <i>Coffea arabica</i> , <i>Cordia Alliodora</i> , <i>Pinus oocarpa</i> y <i>Eucalyptus grandis</i> , en sistemas agroforestales
Aporte de material orgánico y nutrientes en cafetales al sol y bajo sombrío

Efecto de la intensidad del sombrío sobre la respuesta del café al fertilizante

Sistema agroforestal: Simultáneo (Árboles con cultivos perennes)

Componente arbóreo: *Inga densiflora* (Guamo santafereño)

Estructura: Simple

Arreglos espaciales: Sistemático (6,0 m x 6,0 m; 9,0 m x 9,0 m y 12,0 m x 12,0 m)

Arreglo espacial del café: 1,5 m x 1,5 m (4.500 plantas/ha)

Niveles del fertilizante: 0%; 25%; 50% y 75% de la dosis recomendada en el análisis de suelos, aplicados al café bajo cada distancia de siembra del sombrío

Localización: Estación Central Naranjal, Estación Experimental Pueblo Bello

Resultados: En la Tabla 5, se presentan las producciones de café (kg.ha-año⁻¹ de café pergamino seco c.p.s., en la Naranjal (4 cosechas) y Pueblo Bello (7 cosechas)

Estación Central Naranjal. La máxima producción de café se obtuvo con el sombrío de *Inga densiflora* plantado a 12,0 x 12,0 m; la producción media obtenida fue 50,7% mayor que la registrada con el componente arbóreo a 9,0 x 9,0 m, y 152,2% mayor frente a la registrada con esta misma especie plantada a 6,0 m x 6,0 m. La producción media de café con sombrío establecido a 9,0 x 9,0 m fue 67,4% mayor que la obtenida con el sombrío plantado a 6,0 x 6,0 m, debido a la reducción de la sombra (Farfán y Mestre, 2004a).

Estación Experimental Pueblo Bello. La mayor producción se obtuvo con el componente arbóreo establecido con 70 árboles/ha, esta producción fue 11,1% más alta que la obtenida con sombrío plantado con 123 árboles/ha y 57,7% superior a la producción registrada con sombrío de 278 árboles/ha. La diferencia en producción a 9,0 x 9,0 m vs. 6,0 x 6,0 m fue del 41,9% a favor del primero (Farfán y Mestre, 2004b).

El comportamiento productivo del café en tres densidades de siembra de *Inga densiflora* y su respuesta a la aplicación de fertilizante en las zonas cafeteras Norte y Centro de Colombia, puede observarse en la Tabla 6, teniendo en cuenta las condiciones de cada uno de los sitios experimentales, pues no pueden compararse estos resultados debido a las condiciones de clima y suelo contrastantes de las localidades (Farfán y Mestre, 2004b).

Fertilización	Naranjal	Pueblo Bello
Distancia de siembra del sombrío 6,0 m x 6,0 m		
0	948,9 a	1.108,6 a
25%	1.018,0 a	918,6 a
50%	933,8 a	971,7 a
75%	935,8 a	1.104,3 a
Media	959,1 C	1.025,8 C
C. V. (%)	19,0	96,1
Distancia de siembra del sombrío 9,0 m x 9,0 m		
0	1.517,1 a	1.509,6 a
25%	1.635,5 a	1.440,7 a
50%	1.639,7 a	1.305,9 a
75%	1.630,2 a	1.564,6 a
Media	1.605,6 B	1.455,2 B
C. V. (%)	26,5	86,8
Distancia de siembra del sombrío 12,0 m x 12,0 m		
0	2.101,8 a	1.439,6 b
25%	2.487,1 a	1.618,7 b
50%	2.562,6 a	1.443,1 b
75%	2.525,6 a	1.967,7 a
Media	2.419,3 A	1.617,3 A
C. V. (%)	13,4	14,1

Tabla 5.

Producción en (kg.ha-año⁻¹ de c.p.s., en la Estación Central Naranjal y la Estación Pueblo Bello.

* Medias con letra diferente indican diferencia estadística, Tukey 5%, las localidades se analizaron por separado

Variables evaluadas	Naranjal	Pueblo Bello
Porcentaje de sombra de <i>Inga densiflora</i> a 6,0 x 6,0 m	70%	58%
Porcentaje de sombra de <i>Inga densiflora</i> a 9,0 x 9,0 m	60%	50%
Porcentaje de sombra de <i>Inga densiflora</i> a 12,0 x 12,0 m	45%	34%
Producción media (kg.ha-año ⁻¹) con sombrío a 6,0 x 6,0 m	959,1	1.025,8
Producción media (kg.ha-año ⁻¹) con sombrío a 9,0 x 9,0 m	1.605,6	1.455,2
Producción media (kg.ha-año ⁻¹) con sombrío a 12,0 x 12,0 m	2.419,3	1.617,3
Diferencia en producción: 278 vs. 123 árboles/ha de <i>I. densiflora</i>	67,4%	41,9%
Diferencia en producción: 123 vs. 70 árboles/ha de <i>I. densiflora</i>	50,0%	11,1%
Diferencia en producción: 278 vs. 70 árboles/ha de <i>I. densiflora</i>	152,0%	57,7%
Respuesta del café a la aplicación de fertilizante a 6,0 x 6,0 m	No	No
Respuesta del café a la aplicación de fertilizante a 9,0 x 9,0 m	No	No
Respuesta del café a la aplicación de fertilizante a 12,0 x 12,0 m	25, 50 ó 75%*	75%*

Tabla 6.

Resumen comparativo del comportamiento del café bajo sombrío de *I. densiflora* en dos localidades de la zona cafetera colombiana.

*Porcentaje del total recomendado en los análisis de suelos

Comportamiento de las especies forestales *Cordia alliodora*, *Pinus oocarpa* y *Eucalyptus grandis* como sombrío e influencia en la productividad del café

Sistema agroforestal: Simultáneo (Árboles con cultivos perennes)

Componente arbóreo: *Cordia alliodora* (Nogal Cafetero), *Pinus oocarpa* (Pino) y *Eucalyptus grandis* (Eucalipto)

Estructura: Diversa

Arreglo espacial: Zonal o sistemático (6,0 x 6,0 m)

Arreglo espacial del café: 1,5 x 1,5 m (4.500 plantas/ha)

Localización: Estación Experimental Paraguaicito

Resultados: En la Tabla 7 se presentan la producción media de seis cosechas de café (kg.ha-año⁻¹) en la Estación Experimental Paraguaicito.

El análisis de comparación de la producción de seis cosechas de los cuatro tratamientos, mostró que no hay diferencia entre las producciones medias obtenidas en café bajo cobertura arbórea (Nogal, pino y eucalipto), tampoco es evidente esta diferencia entre el promedio de la producción registrada en café a libre exposición y café bajo cobertura de pino y eucalipto. Hubo diferencia entre la producción media del café a libre exposición y la producción media del café con sombrío de nogal; la diferencia en producción fue del 39,0% a favor del primero (Farfán y Urrego, 2004), el nivel medio de sombra con nogal fue superior al 60%.



Si el nivel de sombrío disminuye por debajo del 60%, como los registrados en pino y eucalipto, la reducción en la producción de café con sombra de las dos especies, solo se reduce el 15,5% (1.853,3 kg.ha-año⁻¹ de c.p.s.), comparada con la producción media registrada en el monocultivo (Farfán y Urrego, 2004).

Respuesta del café bajo sombra a la fertilización

Sistema agroforestal: Simultáneo (Árboles con cultivos perennes)

Componente arbóreo: *Inga edulis* (Guamo Santaferense)

Estructura: Simple

Arreglos espaciales: Zonal o sistemático (12,0 x 12,0 m)

Arreglo espacial del café: 2,0 x 2,0 m (2.500 plantas/ha) y 1,5 x 1,5 m (4.500 plantas/ha)

Niveles del fertilizante: 0; 200; 400 y 600 g/planta/año de un fertilizante completo (17-6-18-2).

Localización: Estación Central Naranjal
Estación Experimental de Supía (Caldas)
Estación Experimental El Rosario (Antioquia)
Estación Experimental Líbano (Tolima)
Estación Experimental de Albán (Valle)
Estación Experimental Paraguaicito (Quindío)

Resultados: En la Tabla 8 se presentan las producciones medias de café (@.ha-año⁻¹ de c.p.s.) en las seis localidades.

Producción	Café libre exposición solar	Café sombrío <i>C. alliodora</i>	Café sombrío <i>P. oocarpa</i>	Café sombrío <i>E. grandis</i>
Media	2.193,5 a	1.337,1 b	1.840,1 ab	1.865,9 ab

Tabla 7.

Producción media de café con sombrío de tres especies forestales y a libre exposición solar en la Estación Experimental Paraguaicito.

Tukey al 5%. Valores con diferente letra, difieren significativamente

Fertilizante g/planta/año	Producción de café en pergamino seco (@.ha.año ⁻¹)					
	Naranjal	Albán	El Rosario	Paraguaicito	Líbano	Supía
0	188	164	208	232	116	90
200	271	211	234	249	142	115
400	284	217	277	266	148	124
600	291	234	293	263	149	132

Tabla 8.

Producción media de café bajo sombrío como respuesta a la fertilización (Fertilizante 17-6-18-2)

De acuerdo a los resultados obtenidos, Mestre (1996) pudo concluir que en cafetales cultivados bajo sombra no se justifica aplicar más de 200 gramos de fertilizante del grado 17-6-18-2 por planta y por año (500 kg/ha); cantidad con la cual se suministra a las plantas, los elementos N, P y K y las dosis similares a aquellas con las cuales se obtuvieron los mejores resultados en la seis localidades del ensayo.

Los resultados obtenidos por Mestre (1996), se refieren a cafetales bajo las mismas condiciones de sombra en las cuales se realizó el experimento. Anota finalmente que **la respuesta del café se puede favorecer con un manejo de la densidad del sombrío en la plantación mediante podas de los árboles, que permitan la recirculación del aire y una mayor penetración de la luz. Además promoviendo la formación de nuevo crecimiento vegetativo al intervenir los árboles de café, utilizando los distintos sistemas de poda conocidos.**

Aporte de materia orgánica y transferencia de nutrientes por algunas especies de árboles empleadas como sombrío en café

Muchos efectos de los árboles se expresan a largo plazo a través de las propiedades del suelo. El mantenimiento de niveles altos de materia orgánica es uno de los factores principales, tanto por su rol de mantener la estructura del

suelo, como por su importancia como fuente y sustrato de nutrientes (Beer et al., 1985; Muschler, 2000).

Descomposición de residuos y transferencia de nutrientes de *Coffea arabica*, *Cordia Alliodora*, *Pinus oocarpa* y *Eucalyptus grandis*, en sistemas agroforestales

Sistema agroforestal: Simultáneo (Árboles con cultivos perennes)

Componente arbóreo: *Cordia alliodora* (Nogal Cafetero), *Pinus oocarpa* (Pino) y *Eucalyptus grandis* (Eucalipto)

Estructura: Diversa

Arreglo espacial: Zonal o sistemático (6,0 x 6,0 m)
Arreglo espacial del café: 1,5 m x 1,5 m (4.500 plantas/ha)

Localización: Estación Experimental Paraguaicito

Resultados: Los resultados obtenidos indican que la producción media de biomasa seca en café fue de 4,35 t.ha⁻¹, en *C. alliodora* de 3,46 t.ha⁻¹, en *P. oocarpa* de 6,67 t.ha⁻¹ y en *E. grandis* de 6,39 t.ha⁻¹ (Tabla 9).

Especies	Producción de biomasa seca (t.ha ⁻¹)		
	1er año	2º año	Media
Café a libre exposición	1,47	8,40	4,94
Café con sombrío de nogal	1,42	6,16	3,79
Café con sombrío de pino	1,61	7,52	4,56
Café con sombrío de eucalipto	1,32	6,90	4,11
<i>C. alliodora</i> (nogal)	1,99	4,93	3,46
<i>P. oocarpa</i> (pino)*	0,00	6,67	6,67
<i>E. grandis</i> (eucalipto)	4,67	8,12	6,39

Tabla 9.

Aporte de biomasa seca por tres especies forestales y el café en dos períodos de evaluación. Estación Experimental Paraguaicito.

*De pino se presenta la producción de biomasa seca solo del segundo año

La tasa relativa de descomposición mensual (k) en café a libre exposición solar fue de 1,0; en café bajo sombrío fluctuó entre 0,87 y 1,08; en *C. alliodora* fue de 0,78; en *P. oocarpa* de 0,26 y en *E. grandis* de 0,72, lo que indica que los residuos vegetales de pino se descomponen más lentamente que el resto de los materiales. En un período de 365 días se descompone e incorpora al suelo el 65,1% de los residuos producidos por el café; el 56,7% de los producidos por *C. alliodora*; el 25,2% de los producidos por *P. oocarpa* y el 54,0% de los producidos por *E. grandis*. La fracción de la materia orgánica no descompuesta (K_1) en un período de 365 días fluctuó entre el 34% y 42% en café bajo sus diferentes sistemas de cultivo; en *C. alliodora* fue del 46%; en *P. oocarpa* del 77% y en *E. grandis* del 49%.

El sistema de cultivo de café, libre exposición solar o bajo sombrío y la disponibilidad o no de agua en el suelo no tiene influencia sobre la descomposición de la masa vegetal en estos sistemas agroforestales.

Los contenidos de N, P, K, Ca Mg en la biomasa seca producida por el café, el nogal, el pino y eucalipto se presentan en la Tabla 10.

En un período de 365 días de descomposición, la biomasa seca producida por el café, transfiere al suelo el 64,8% del N, 82,9% del P, el 96,7% del K, el 34,3% del Ca y el 63,1% del Mg contenido en los residuos vegetales. En este mismo período, la descomposición de los residuos vegetales producidos por *C. alliodora* transfiere al suelo el 33,3% del N, 54,4% del P, 93,6 del K, el 54,0% del Ca y el 67,7% del Mg contenido en estos residuos. Al finalizar los 365 días los residuos vegetales producidos por *P. oocarpa*, no transfirieron al suelo N, P, Ca y Mg; solo liberaron el 64,5% del K presente en los residuos. En un período de 365 días de descomposición la biomasa seca producida por *E. grandis*, transfiere al suelo el 23,6% del N, 35,5% del P, el 89,3% del K, el 28,5% del Ca y el 39,9% del Mg contenido en los residuos vegetales.

Aporte de material orgánico y nutrientes en cafetales al sol y bajo sombrío

Sistema agroforestal: Simultáneo
(Árboles con cultivos perennes)

Componente arbóreo: *Inga densiflora*
(Guamo santafereño)

Estructura: Simple

Arreglos espaciales: Zonal o sistemático
(12,0 x 12,0 m)

Arreglo espacial del café: 1,5 x 1,5 m
(4.500 plantas/ha)

Localización: Estación Central Naranjal
Granja Albán, Municipio de El Cairo (Valle del Cauca)

Resultados: Los resultados obtenidos muestran que los cafetales con sombrío de guamo produjeron cerca de 11,0 t.ha-año⁻¹ de residuos vegetales (Cardona y Sadeghian, 2005). La tasa de descomposición de los residuos de guamo fue de 44,0% al año en el Cairo y de 54,0% en Naranjal. Los contenidos de N, P, K, Ca Mg en la biomasa seca producida por el café, el nogal, el pino y eucalipto se presentan en la Tabla 11.

En sistemas agroforestales café con sombrío de nogal, pino y eucalipto y en otro con sombrío de guamo (*Inga* sp.), Jaramillo (2003) cuantificó los diferentes componentes del ciclo hidrológico y los nutrimentos transportados por el agua lluvia dentro de los sistemas; obtuvo los siguientes resultados referentes a: Intercepción, lluvia efectiva, percolación, escorrentía, lluvia interna, cantidades de nutrimento en el lavado foliar y el agua de escorrentía.

Nutriente	Café		Nogal		Pino		Eucalipto	
	(%)	kg	(%)	kg	(%)	kg	(%)	kg
N	2,83	123,1	1,44	49,8	0,48	32,0	0,78	49,8
P	0,21	9,1	0,10	3,5	0,02	1,3	0,05	3,2
K	1,25	54,4	0,80	27,7	0,18	12,0	0,59	37,7
Ca	1,75	74,8	5,50	190,3	0,45	30,0	1,07	68,4
Mg	0,35	15,2	0,80	27,7	0,06	4,0	0,14	8,9

Tabla 10.

Concentración y contenido total de nutrientes en la biomasa seca producida por cada especie forestal.

Nutriente	Café con sombrío de guamo	
	Naranjal	El Cairo
N	199,2	219,4
P	7,7	13,8
K	48,9	55,5
Ca	158,1	187,1
Mg	27,3	30,7

Tabla 11. Retorno anual de nutrimento (kg.ha-año⁻¹) en el material orgánico. Estación Central Naranjal (Chinchiná Caldas) y El Cairo (Valle).

En plantaciones de café con sombrío de guamo y nogal la lluvia interceptada fue de 58% y 56% respectivamente. Del total de la lluvia externa, solamente el 47% llega a la superficie del suelo; de ésta el 6% es agua de escorrentía y el 41% ingresa al perfil del suelo. El almacenamiento de agua por la parte aérea de la planta fue de 0,3 mm en café a libre exposición solar y de 0,4 mm con sombrío de pino. Las cantidades de nutrimentos que ingresan al suelo en el agua de lavado foliar en los sistemas analizados fueron potasio 85,4 kg.ha-año⁻¹; calcio 41,1 kg.ha-año⁻¹; magnesio 12,0 kg.ha-año⁻¹; nitratos 21,9 kg.ha-año⁻¹. El pH promedio del agua de lavado fue de 6,6; en café con sombrío de eucalipto fue de 6,3 y en café son sombrío

de pino de 6,4. Las cantidades de nutrimento que se movilizaron en el agua de escorrentía presentaron un valor medio de 11,0 kg.ha-año⁻¹ para K, 6,2 kg.ha-año⁻¹ para Ca, 2,5 kg.ha-año⁻¹ para Mg y 3,3 kg.ha-año⁻¹ para nitratos.

Consideraciones prácticas

Los valores de interceptación de lluvia se deben considerar en el manejo de las distancias de siembra de los árboles de sombrío y el café, especialmente en regiones secas o en zonas con distribución de lluvia inadecuada, donde ocurren períodos de deficiencia de agua prolongados, ya que una cobertura densa del sombrío o del café podría disminuir el agua disponible en el suelo para el desarrollo del cultivo (Jaramillo, 2003).

Recomendaciones prácticas

Los sistemas agroforestales con café permiten:

- Una mejor utilización del espacio vertical y mayor aprovechamiento de la radiación solar entre los diferentes estratos vegetales del sistema.
- Moderación del microclima dentro del cultivo (Regulación de temperaturas extremas, sombra, menor evapotranspiración y viento).
- Mayor protección contra la erosión por viento y agua (Menos impacto erosivo de las gotas de lluvia y escorrentía superficial).
- Mayor posibilidad de fijación de nitrógeno atmosférico mediante los árboles.
- Mantenimiento de la estructura y fertilidad del suelo: aportes de materia orgánica, mayor actividad biológica, reducción de la acidez, mayor extracción de nutrientes de los horizontes profundos del suelo (Principalmente en zonas secas).
- Recuperación de suelos degradados.
- Obtención de productos adicionales: Madera, frutos, leña, hojarasca y forraje, entre otros.
- Se puede tener mayor producción y calidad de las cosechas en ambientes marginales.
- Posibilidad de adaptación de la caficultura a las variaciones climáticas.
- Proveer hábitat para mayor biodiversidad.
- Reducir la diseminación y daño por plagas y enfermedades.
- Reducir externalidades ecológicas (Contaminación de suelos).

Literatura citada

- BEER, J.W.; MUSCHLER, R.G.; KASS, D.; SOMARRIBA, E. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry systems* 38:139-164. 1998.
- BEER, J.W. Advantages, disadvantages and desirable characteristics of shade trees for coffee, cacao and tea. *Agroforestry systems* 5(1):3-13. 1987.
- BEER, J.W.; FASSBENDER, H.W.; HEUVELDOP, J. Estudio de sistemas agroforestales en el experimento central del CATIE: Modelos de los ciclos de la materia orgánica y elementos nutritivos en los sistemas café (*Coffea arabica*, Híbrido de Timor) con laurel (*Cordia alliodora*) y con poró gigante (*Erythrina poeppigiana*). Costa Rica : Avances en la investigación forestal, 1985. p 83-86. (Boletín Técnico No. 147).
- CARDONA C., D.A.; SADEGHIAN K., S. Aporte de material orgánico y nutrientes en cafetales al sol y bajo sombrío de guamo. Chinchiná : CENICAFÉ, 2005. 8 p. (Avances Técnicos No. 334).
- CASTILLO R., M.E.; ARCILA P., J.; JARAMILLO R., A.; SANABRIA R., J. Interceptación de la radiación fotosintéticamente activa y su relación con el área foliar del *Coffea arabica* L. *Cenicafé* 48(3):182-194. 1997.
- CATIE. Sistemas agroforestales: Principios y aplicaciones en los trópicos. San José de Costa Rica : CATIE : OTS, 1986.
- CENICAFÉ. Base de datos Flora. [En línea]. Chinchiná : CENICAFÉ, (s.f.). Disponible en internet: <http://www.orton.ac.cr/flora/htm>. Consultado en mayo de 2004.
- CENICAFÉ. Anuario meteorológico cafetero 2002. Chinchiná : CENICAFÉ, 2004. 536 p.
- DURAN V., Y. Sistemas agroforestales. UNAD, 2004. 56 p.
- FARFÁN V., F.; ARIAS H., J.J.; RIAÑO H., N.M. Desarrollo de una metodología para medir sombrío en sistemas agroforestales con café. *Cenicafé* 54(1):24-34. 2003.
- FARFÁN V., F.; MESTRE M., A. Respuesta del café cultivado en un sistema agroforestal a la aplicación de fertilizantes. *Cenicafé* 55(2):161-174. 2004.
- FARFÁN V., F.; MESTRE M., A. Fertilización del café en un sistema agroforestal en la zona cafetera norte de Colombia. *Cenicafé* 55(3):232-245. 2004.
- FARFÁN V., F.; URREGO, B. Comportamiento de las especies forestales *Cordia alliodora*, *Pinus oocarpa* y *Eucalyptus grandis* como sombrío e influencia en la productividad del café. *Cenicafé* 55(4):317-329. 2004.
- FASSBENDER, H.W. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. Turrialba : CATIE, 1987. 475 p.
- FNC. Sistema de información cafetera: Encuesta nacional cafetera SICA, estadísticas cafeteras informe final. Bogotá : FNC, 1997. 178 p.
- FNC. Manual del cafetero colombiano. 2da. ed. Bogotá : FNC, 1958. 571 p.
- GUHARAY, F.; MONTERROSO, D.; STAVER, C. El diseño y manejo de la sombra para la supresión de plagas en cafetales de América central. *Agroforestería en las Américas* 8(29):22-29. 2001.
- HAGGAR, J.P.; SCHIBLI, C.; STAVER, C. Cómo manejar árboles de sombra en cafetales. *Agroforestería en las Américas* 8(29):37-41. 2001.
- JARAMILLO R., A. Balance hídrico de la zona cafetera colombiana. *Cenicafé* 33(1):15-34. 1982.
- JARAMILLO R., A. Clima andino y el café en Colombia. Chinchiná : CENICAFÉ, 2005. 192 p.
- JARAMILLO R., A. La lluvia y el transporte de nutrimentos dentro de ecosistemas de bosque y cafetales. *Cenicafé* 54(2):134-144. 2003.
- JARAMILLO R., A.; ESCOBAR E., B.; SANTOS, J.M. DOS. Flujos de radiación solar y de energía en cafetales: Concurso nacional de meteorología y climatología. Bogotá : Sociedad colombiana de meteorología, 1980. 28 p.
- MUSCHLER R. Arboles en cafetales. Turrialba : CATIE, 2000. 139 p.
- MESTRE M., A. Respuesta del café bajo sombra a la fertilización. Chinchiná : CENICAFÉ, 1996. 4 p. (Avances Técnicos No. 231)
- NAIR, P.K.R. Classification of agroforestry systems. *Agroforestry systems* 3(2):97-128. 1985.

- OROZCO, C.F.J.; JARAMILLO, R.A. Comportamiento de introducciones de *Coffea* sometidas a condiciones de déficit de humedad en el suelo. *Cenicafé* 29(3):61-93. 1978.
- PERFECTO I.; RICE R., A.; GREENBERG R.; VAN DER VOORT M.,E. Shade coffee: A disappearing refuge for biodiversity. *BioScience* 46(8):598-608. 1996.
- RAMÍREZ M., L.G. Producción de café bajo diferentes niveles de fertilización con y sin sombra de Poró. Managua: CONCAFÉ : IICA, 1995. p.v.
- RICE R., A. El café, la conservación ambiental y el comercio en el hemisferio occidental. Washington : SMBC : NRDC, 1997. 51 p.
- SÁNCHEZ L., J.A. La agroforestería y el desarrollo sostenible. FHIA, 2003. 19 p.
- SIVETZ, M. The coffee plant; this evergreen plant needs shade, moisture. *Tea and coffee trade journal* 141(5):16-17;25-26;30-33. 1971.
- SOMARRIBA, E. ¿Qué es agroforestería?. *El Chasqui* 24: 5-13. 1990.
- SOTO P., L.; PERFECTO, I.; CASTILLO H., J.; CABALLERO N., J. Shade effect on coffee production at the northern Tzeltal zone of the state of Chiapas, México. *Agriculture ecosystems and environment* 80(1-2): 61-69. 2000.
- TORQUEBIAEU, E. Conceptos de agroforestería: Una introducción. Chapingo : Universidad Autónoma de Chapingo: ICRAF. 1993. 92 p.
- VAN NOORDWIJK, M.; HAIRIAH, K. URNIATUN. Tree soil crop interactions: Lecture note 2. Bogor : International centre for research in agroforestry, 2000. 12 p.
- WEAVER, J.E.; CLEMENTS, F.E. Ecología vegetal. Buenos Aires : ACME, 1944. 667 p.
- WILKINSON, K.M.; ELEVITCH, C.R.; THAMAN, R.R. Choosing timber species for Pacific island agroforestry: Agroforestry guides for Pacific islands. Holualoa : Permanent agriculture resources, 2000. 25 p.
- WILKINSON, K.M.; ELEVITCH, C.R. Integrating understory crops with tree crops: An introductory guide Pacific island, agroforestry guides for Pacific islands. Holualoa : Permanent agriculture resources, 2000. 23 p.

Sistemas de producción de café en arreglos interespecíficos

Argemiro Miguel Moreno Berrocal

Cenicafé ha experimentado con sistemas de producción donde el café ha sido el cultivo principal, como una forma de ofrecer opciones tecnológicas a los caficultores para generar ingresos adicionales en su etapa de establecimiento, la cual es improductiva y exigente en gastos como las desyerbas.

Entre los sistemas de producción de café en arreglos interespecíficos estudiados figuran aquellos con cultivos transitorios como el fríjol arbustivo, fríjol voluble, tomate de mesa y arroz intercalados con café, tanto en siembras nuevas como cultivo de café renovados por zoqueo. Y entre los cultivos semiperennes el plátano dominico hartón y el banano Gross Michel intercalado en siembras nuevas de café. Además, se ha estudiado la rotación de cultivos transitorios como el maíz, el fríjol y el tomate de mesa, intercalados con zocas de café y manejo integrado de arvenses.

El objetivo de este capítulo es conocer los arreglos interespecíficos de diferentes cultivos con el café, con un adecuado uso de los recursos y manejo agronómico independiente a cada cultivo, con el fin de reducir la posible competencia del cultivo intercalado con el café, y de esta forma obtener ingresos adicionales sin afectar la producción de café.



Conceptos fundamentales



Las actividades agrícolas que permiten producir alimentos y materias primas, se consolidan en lo que se denomina un sistema de producción agrícola, el cual es un proceso con el propósito de transformar componentes abióticos (Oferta ambiental) en ingresos económicos, mediante componentes bióticos (Genotipos) ordenados en arreglos espaciales y cronológicos, sometidos a prácticas adecuadas de manejo y administrativas. Por ejemplo, la planta de café (Genotipo) transforma gas carbónico (CO_2), agua, energía solar y minerales, en granos de café, para satisfacer mercados que demandan este producto.

Los sistemas de producción también tienen su estructura, la cual se denomina **arreglo**, y ordena los componentes bióticos (Cultivos) en el tiempo y el espacio, de tal manera que las salidas (Productos) muestren efectividad (Eficacia y eficiencia) en el uso de los recursos.

Arreglos interespecíficos

Se relacionan directamente con los componentes de tipo biótico del sistema de producción, representados en los **componentes específicos**, que son las poblaciones de cultivos que interactúan para formar el sistema, como por ejemplo, café intercalado con maíz o café intercalado con frijol, entre otros. Ciertas características estructurales de las plantas cultivadas como la altura, el volumen de raíces y el área foliar, determinan la población óptima total y **el arreglo espacial y cronológico** del sistema.

En consecuencia, a la hora de elegir los cultivos es conveniente tener en cuenta las interacciones entre sus componentes específicos, para optimizar los recursos invertidos en la producción de las especies vegetales.

Arreglos espaciales (Geometría del sistema)

Estos arreglos son el resultado de la distribución de las poblaciones de los componentes específicos en el terreno, lo que también se denomina la geometría del sistema. El arreglo espacial define los diferentes tipos de sistemas de producción, puesto que las poblaciones pueden distribuirse en arreglos indefinidos o definidos como surcos, franjas o bordes, y las combinaciones de éstos.

Por ejemplo, en el sistema café intercalado con maíz, cada cultivo domina con su población, domina su espacio y su nicho ecológico (Sitio), a manera de una superposición, sin que coincidan los sitios donde se ubican las plantas; a diferencia del sistema frijol voluble asociado con maíz donde las plantas de ambos cultivos comparten el mismo sitio.

Consideraciones prácticas

El arreglo espacial es determinante a la hora de diseñar un sistema de producción, porque debe hacerse de tal manera que las relaciones interespecíficas afecten lo menos posible los productos del sistema. En café se ha concluido que la producción es independiente del arreglo espacial de las plantas en el campo.

Arreglos cronológicos

Se refiere a las fechas relativas de siembra de los componentes específicos, lo cual ofrece la posibilidad de realizar una siembra simultánea, adelantada o subsecuente, con referencia a uno de los cultivos.

El propósito de este tipo de arreglos, como el de los espaciales, es reducir las interacciones tanto intraespecíficas (Entre plantas vecinas de la misma especie) como interespecíficas (Entre plantas vecinas de especies diferentes), con el fin de maximizar la producción del sistema y bajar los costos de producción, al facilitar algunas labores comunes a los componentes específicos tal como el manejo integrado de arvenses (MIA).

Los diferentes tipos de arreglos cronológicos que pueden ocurrir entre dos o más cultivos dependen del momento de la siembra y del grado de traslape entre los ciclos de los cultivos; por lo tanto, es posible producir diferentes niveles de interacción entre los cultivos en el tiempo. Como ejemplo se pueden citar: La siembra simultánea, la siembra con retraso, la siembra en relevo y la rotación de cultivos.

Interacciones entre los componentes específicos

Cuando dos o más cultivos comparten el espacio se presenta una serie de interacciones, las cuales se describen como **alelopatía y competencia**.

La alelopatía, es la influencia directa de un compuesto químico liberado por las plantas de una especie, que inhiben o alteran el crecimiento normal de plantas de otras especies. Es la interacción menos deseada en un sistema de producción con arreglos interespecíficos, porque afecta una de las especies y no es fácil disminuir o evitar su efecto sobre ésta.

La competencia, que de forma general se da en detrimento de la producción de una de las especies, tampoco es deseable en un arreglo interespecífico, y debe controlarse con el manejo independiente de los cultivos, considerando todas las prácticas agronómicas y utilizando distintos arreglos espaciales y cronológicos.

El efecto de competencia por el intercalamiento depende de: La edad del café, el tipo de cultivo, el sistema de siembra, el manejo agronómico y de los arreglos espacial y cronológico. Por lo tanto, con buenas prácticas agronómicas en el cultivo intercalado, el uso de materiales mejorados, las poblaciones acordes, las distancias de siembra del cultivo principal, los sistemas adecuados de siembra y el buen manejo de los suelos, es posible obtener otros productos, aumentando así la eficiencia biológica y económica del sistema, para mantener o aumentar el nivel y calidad de vida de los cultivadores (Melles et al., 1985).

Evaluación de los sistemas de producción agrícola

Al considerar que el propósito de cualquier sistema de producción agrícola es su salida como productos comerciales, éstos en su fase experimental deben evaluarse para recomendar la mejor estructura en función de sus componentes específicos (Cultivos), del espacio (Distancias de siembra) y del tiempo, ante un recurso escaso como puede ser el suelo, la tecnología y el capital de trabajo. Por lo tanto, debe estudiarse el **comportamiento biológico, agronómico, económico y financiero del sistema de producción**.

Evaluación biológica

Se hace con base en la producción de biomasa o de producto comercial, para medir la eficiencia del sistema. Mead y Willey (1980), propusieron el concepto de "Índice Equivalente de Terreno" (IET) o Uso Equivalente de Terreno (UET), para expresar y evaluar:

- La ventaja o desventaja, en términos de producción biológica del sistema de producción, con referencia a cada componente específico en unicultivo (Criterio de máxima producción)
- La eficiencia o ineficiencia de un sistema comparado con otro, con relación al uso del suelo (Criterio de menor área)
- La ventaja o desventaja de una práctica agronómica sobre otra dentro del sistema de producción (Comparación entre prácticas agronómicas)
- La competencia entre los componentes específicos (Cultivos)

El IET se calcula sumando los rendimientos relativos de los cultivos. Se entiende por rendimiento relativo la relación entre la producción del cultivo dentro del sistema y la producción del cultivo fuera del sistema (Unicultivo). El resultado puede ser igual a 1, menor que 1 ó mayor que 1.



El estudio de los sistemas de producción implica el diseño de una estructura, de la cual se conocerá su función utilizando la experimentación. Por ejemplo, al estudiar el sistema café intercalado con maíz se optó por incluir en su estructura el número de ciclos de cultivo de maíz, diferentes poblaciones y varias distancias de siembra de café, para evaluar las interacciones, y de esta forma recomendar la estructura que permita producir maíz de forma rentable sin afectar la producción de café, por ser éste el componente principal del sistema.

Si se tiene que en el sistema de producción de café intercalado con maíz, las producciones de maíz fueron de 4.200 kg.ha⁻¹ dentro del sistema y de 5.000 kg.ha⁻¹ como unicultivo, y las del café 2.750 kg.ha⁻¹ de café pergamino seco dentro del sistema y de 3.000 kg.ha⁻¹ de café pergamino seco como unicultivo, el IET se calcula de la siguiente forma:

$$IET = \frac{4.200}{5.000} + \frac{2.750}{3.000} = 0,84 + 0,91 = 1,75$$

Esto significa que al usar este sistema de producción, lo que se produce en una hectárea con el arreglo interespecífico, necesitaría 1,75 ha en unicultivos ó 75% más de área para obtener la misma producción; por lo tanto, en este caso el sistema de producción café intercalado con maíz es más eficiente que los unicultivos, porque produce un 75% más con relación a la producción en unicultivos.

A manera de ilustración puede observarse en la Tabla 1, el IET en diversos arreglos entre fríjol voluble tipo cargamanto y tres cultivares de maíz, con tres fechas relativas de siembra del fríjol respecto de la siembra del maíz, e intercalados en zocas de café. Aunque los cálculos se hicieron sólo con los datos de maíz y de fríjol, el sistema en general muestra gran eficiencia.

Evaluación fisiológica

Se basa en todas las variables que determinan el desarrollo y el crecimiento de los cultivos, tanto para medir sus efectos inmediatos como subsecuentes; por ejemplo, el café puede experimentar elongación de los entrenudos ante la presencia de otro cultivo y afectarse

de esta manera la producción, si no se corrige o mitiga la causa de dicho efecto. Por eso, para el caso de la siembra de café intercalado con maíz no se recomienda establecer dos ciclos seguidos con una población inicial de maíz de 45.000 plantas/ha; la segunda puede hacerse con un máximo de 30.000 plantas/ha.

Evaluación agronómica y de la competencia

Esta evaluación se hace de manera exclusiva con las producciones de cada cultivo, calculando la tasa de competencia en función de los rendimientos relativos y de sus respectivas porciones de espacios, para medir el grado de competencia entre los cultivos, de tal forma que pueda establecerse si un cultivo fue mejor o menor competidor que el otro en un sistema de producción determinado.

La tasa de competencia se calcula al dividir los rendimientos relativos y este resultado se multiplica por las porciones relativas de espacio de cada cultivo. A manera de ejemplo, si en los datos anteriores, el café estuvo sembrado a 1,0 x 1,0 m y el maíz a 1,0 x 0,4 m (2 plantas/sitio), con las producciones ya mostradas, las tasas de competencia se calculan así:

$$Tasa\ competencia\ maíz = \left(\frac{4.200}{5.000} / \frac{2.750}{3.000} \right) \times (1/1)$$

$$Tasa\ competencia\ maíz = (0,84/0,91) \times (1/1) = 0,92$$

$$Tasa\ competencia\ café = \left(\frac{2.750}{3.000} / \frac{4.200}{5.000} \right) \times (1/1)$$

$$Tasa\ competencia\ café = (0,91/0,84) \times (1/1) = 1,08$$

Arreglos interespecíficos y cronológicos	IET
Fríjol con relevo de maíz FNC-3054 intercalado con café (60 DDSM)	2,1
Fríjol con relevo de maíz FNC-3054 intercalado con café (90 DDSM)	2,0
Fríjol con relevo de maíz FNC-3054 intercalado con café (120 DDSM)	1,8
Fríjol con relevo de maíz regional intercalado con café (60 DDSM)	2,3
Fríjol con relevo de maíz regional intercalado con café (90 DDSM)	2,0
Fríjol con relevo de maíz regional intercalado con café (120 DDSM)	2,2
Fríjol con relevo de maíz ICA V-305 intercalado con café (60 DDSM)	2,0
Fríjol con relevo de maíz ICA V-305 intercalado con café (90 DDSM)	1,6
Fríjol con relevo de maíz ICA V-305 intercalado con café (120 DDSM)	1,7

Tabla 1.

Índices equivalentes de terreno (IET) de fríjol en relevo con tres cultivares de maíz y tres fechas relativas de siembra, con respecto de la fecha de siembra del maíz (DDSM), intercalados en zocas de café (Granada et al., 2007).

Aunque la diferencia no es grande, con los datos anteriores se observa que el café es más competitivo que el maíz y, por esta razón, se observa un IET bastante alto, como indicación de la alta eficiencia del sistema, con valores de la tasa de competencia alrededor de uno. Al ser el café más competitivo que el maíz, se corrobora que el maíz no afecta la producción de café en la primera cosecha, intercalando el maíz en arreglo espacial regular.

Evaluación económica

Se hace en función de los costos variables de cada cultivo y puede expresarse como el margen bruto de cada cultivo. Al considerar, que el propósito de intercalar cultivos transitorios en los lotes de café es aprovechar el espacio de las calles del cafetal, antes de las dos primeras cosechas sin que se afecte su producción, el ingreso adicional que producirá el cultivo intercalado después de cumplir la condición de ninguna o mínima competencia, dependerá del manejo que se le haga a dicho cultivo.

Evaluación financiera

La evaluación se hace cuando desea compararse un sistema de producción con cualquier otro negocio, y en tal caso, se calculan indicadores económicos como la relación beneficio/costo y la tasa interna de retorno, entre otros; tal como se hace al evaluar cualquier proyecto de inversión.

Opciones tecnológicas para el establecimiento de los sistemas de producción complementarios al café

La etapa de establecimiento del cultivo de café, es improductiva y exigente en gastos para el caficultor, por ejemplo, los que se generan en las desyerbas. Por tal razón, durante dos décadas, Cenicafe ha experimentado con sistemas de producción complementarios al café, donde éste ha sido el cultivo principal, como una forma de ofrecer opciones tecnológicas a los caficultores para generar ingresos adicionales durante la etapa de establecimiento.

Entre los sistemas de producción de café en arreglos interespecíficos estudiados figuran:

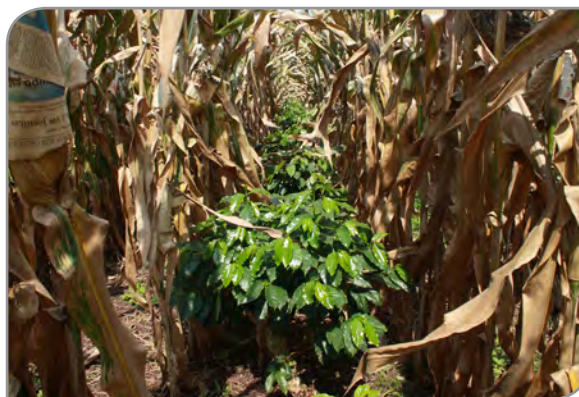
- **Sistemas de producción con cultivos transitorios como maíz, frijol arbustivo, frijol voluble, tomate**

de mesa y arroz intercalados con café, tanto en siembras nuevas como con zocas.

- **Estudio de la rotación de cultivos transitorios como el maíz, el frijol y el tomate de mesa, intercalados con zocas de café y manejo integrado de arvenses.**
- **Sistemas con cultivos semiperennes, como el plátano dominico hartón y el banano Gross Michel intercalado en siembras nuevas de café.**

Sistemas de producción con cultivos transitorios

Sistema de producción maíz intercalado con café



En varios países donde se cultiva el café existe preocupación por los ingresos de los caficultores y los resultados de investigación demuestran que la rentabilidad del café aumenta cuando se intercalan cultivos. Chengapa y Rebello (1977), afirman que aunque existe poca diferencia entre los costos de cultivos de café intercalados y no intercalados, los rendimientos netos más altos se obtuvieron con cultivos intercalados. Bheemaiah y Shariff (1989), afirman que los sistemas de producción de café intercalado con pimienta, naranja, plátano y otras frutas, producen altas ganancias.

Algunos resultados de investigaciones de cultivos intercalados con café han mostrado que éstos reducen la producción de café, a causa de la competencia por agua, luz y nutrimentos. Pero esa reducción puede variar o compensarse con la producción del otro cultivo.

El efecto de competencia por el intercalamiento depende de: La edad del café, tipo de cultivo, sistema de siembra, manejo agronómico y de los arreglos espacial y cronológico. Por lo tanto, con buenas prácticas agronómicas en el cultivo intercalado, el uso de materiales mejorados, las poblaciones acordes, las distancias de siembra del cultivo principal, los

sistemas adecuados de siembra y el buen manejo de los suelos, es posible obtener otros productos, aumentando así la eficiencia biológica y económica del sistema, para mantener o aumentar el nivel y calidad de vida de los cultivadores (Melles *et al.*, 1985).

Al considerar la necesidad de buscar opciones para diversificar el ingreso y la producción en la zona cafetera, se decidió hacer investigación del sistema de producción maíz intercalado con café, para ofrecer a los caficultores colombianos, las opciones tecnológicas que le permitieran intercalar maíz, tanto en los lotes con siembras nuevas de café como en los renovados por medio del zoqueo, y de esta forma mejorar los ingresos, diversificar la producción y generar empleo rural.

Localidades. Los experimentos se establecieron en once localidades, con características de suelo y clima contrastantes; siete en lotes con siembras nuevas de café y

cuatro en lotes de café renovados por zoqueo (Tabla 2). Se empleó café variedad Colombia, tanto en siembras nuevas como en zocas; por tener buena arquitectura de planta, buen comportamiento agronómico y ser resistente a la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*). De maíz (*Zea mays* L.), según la localidad se usaron las variedades ICA V 305 e ICA V 354, estos materiales fueron obtenidos para las condiciones de la zona cafetera colombiana (Tabla 3).

Siembra. Tanto en los lotes con siembras de café nuevas como en los renovados por zoca, el primer ciclo de maíz se hizo de forma simultánea o en los dos primeros meses, y el segundo en la época adecuada de siembra, pero ambos antes de la primera cosecha de café.

Los cultivos se manejaron de manera independiente, conforme a las labores propias de cada cultivo, incluida la fertilización según el análisis de suelo.

Departamento	Municipio	Localidad	Estado del café
Caldas	Chinchiná	Estación Central Naranjal	Siembra nueva
Cauca	El Tambo	Concentración Escolar San Joaquín	Siembra nueva
Cundinamarca	Sasaima	Estación Experimental Santa Bárbara	Zoca
Huila	Gigante	Estación Experimental Gigante	Siembra nueva
Quindío	Buenavista	Estación Experimental Paraguaicito	Siembra nueva
Quindío	Montenegro	Estación Experimental Maracay	Zoca
Nariño	La Unión	Finca El Pará	Siembra nueva
Santander	Floridablanca	Estación Experimental Santander	Siembra nueva
Tolima	Líbano	Estación Experimental Líbano	Zoca
Valle del Cauca	El Cairo	Estación Experimental Albán	Siembra nueva
Valle del Cauca	Sevilla	Estación Experimental La Sirena	Zoca

Tabla 2.

Localidades donde se evaluó el sistema de producción maíz intercalado con café.

Características agronómicas	ICA V-305 (Grano amarillo) (Swan x La Posta)	ICA V-354 (Grano blanco) (Across 8422)
Altura de planta (m)	2,34	2,18
Altura de la mazorca (m)	1,26	1,25
Días a floración femenina	72	70
Longitud de la mazorca (cm)	19	18
Diámetro de la mazorca (cm)	4,8	5,3
Número de hileras	14 - 16	14 - 16
Granos por hilera	42	40
Porcentaje de desgrane	85	84
Población comercial	40.000 - 50.000 plantas/ha	40.000 - 50.000 plantas/ha

Tabla 3.

Características agronómicas del maíz de las variedades ICA V-305 e ICA V - 354.

Al momento de la siembra u ocho días después de la emergencia (Estado V0) se fertilizó el maíz, aplicando 10 g/sitio de la mezcla 4:1 de difosfato diamónico (DAP) y cloruro de potasio (KCl), después de un mes (Estado V6) se aplicaron 8 g/sitio de la mezcla 3:1 de urea y KCl y en el estado V10 se aplicaron 6 g/sitio de urea. El estado vegetativo en maíz se determina por el número de hojas verdaderas que tiene la planta en ese momento, V6 indica que tiene seis hojas totalmente formadas, es decir, con collarín abierto (Figura 1).

En los experimentos establecidos en cafetales con siembra nueva de café, hubo efecto del número de ciclos de producción de maíz sobre la producción de café, independiente de la distancia de siembra de éste, de tal manera que con 45.000 plantas/ha de maíz sólo se puede intercalar un ciclo de producción, y uno adicional, con un máximo de 30.000 plantas/ha de maíz. Los dos ciclos de maíz deben establecerse hasta la primera cosecha del café. Tanto las producciones de café como las de maíz estuvieron dentro de los valores esperados (Tablas 4 y 5).

Con relación al maíz, no se observó efecto del café sobre la producción ni el número de mazorcas por planta (Prolifichidad), lo cual es una ventaja del sistema, al tener en cuenta que la producción de maíz es la fuente de ingreso adicional. Se observó una variación inversa entre la prolifichidad y el número de plantas por sitio, con los valores más altos con una y dos plantas por sitio, lo cual puede ser interesante cuando el caficultor siembre maíz para vender las mazorcas y no grano seco. En las Tablas 6

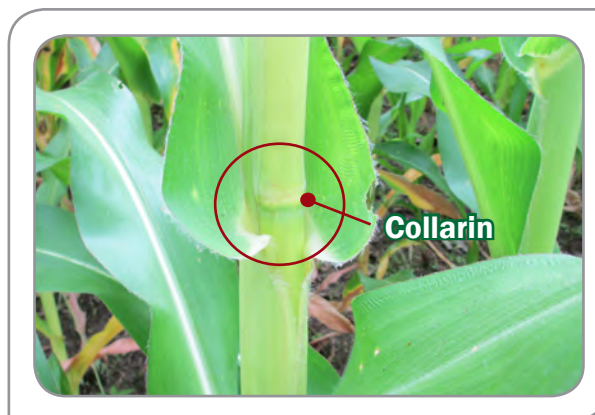


Figura 1.

Hoja de maíz totalmente formada donde se muestra el collarín, clave para conocer el estado vegetativo de la planta o del cultivo.

y 7 se muestran los datos de producción y prolifichidad de maíz, tanto en las Estaciones Experimentales como en la finca de un caficultor.

Maíz intercalado en café zoqueado

En las localidades donde se estableció este experimento: Estaciones Experimentales de Libano (Tolima) y Santa Bárbara (Cundinamarca), los dos ciclos seguidos de

Arreglo espacial del café (m)	Población de maíz (plantas/ha)	Cosecha 1		Cosecha 2		Media	
		Ciclo uno	Ciclo dos	Ciclo uno	Ciclo dos	Ciclo uno	Ciclo dos
1,00 x 1,00	0	7.828	8.289	7.983	8.332	7.905	8.310
	15.000	10.431	10.989	7.552	7.717	8.992	9.353
	30.000	9.806	9.244	7.858	7.611	8.832	8.427
	45.000	9.993	8.448	7.932	8.389	8.963	8.418
1,15 x 1,15	0	8.361	7.156	7.346	6.905	7.854	7.030
	15.000	10.989	8.230	7.010	6.498	9.000	7.364
	30.000	8.798	8.045	6.792	8.084	7.795	8.064
	45.000	9.283	6.028	7.034	7.338	8.158	7.933
1,42 x 1,42	0	6.183	5.633	6.047	5.785	6.115	5.709
	15.000	5.554	5.508	6.457	4.859	6.006	5.184
	30.000	5.960	5.225	5.927	5.409	5.943	5.317
	45.000	6.230	5.491	5.965	6.112	6.097	5.802
Media general		8.225	8.285	7.357	6.992	6.920	7.638
Coeficiente de variación (%)		23,5		14,3		13,1	

Tabla 4.

Producción de café (kg.ha⁻¹ de c.p.s) en siembra nueva intercalada con dos ciclos de maíz en la etapa de establecimiento. Finca El Pará (La Unión, Nariño).

Arreglo espacial del café (m)	Densidad del maíz (Plantas/ha)	Producción de maíz al 15% de humedad		Prolificidad	
		Ciclos de maíz			
		Uno	Dos	Uno	Dos
0	15.000	2.317	2.950	1,64	1,55
	30.000	3.621	3.500	1,43	1,14
	45.000	3.936	4.183	1,14	1,06
	55.000	5.050	4.583	1,08	1,03
1,00 x 1,00	15.000	2.933	1.800	1,62	1,55
	30.000	3.803	2.740	1,42	1,39
	45.000	4.358	3.617	1,15	1,31
1,15 x 1,15	15.000	2.378	2.570	1,68	1,64
	30.000	3.578	2.848	1,33	1,46
	45.000	4.530	4.611	1,18	1,10
1,42 x 1,42	15.000	2.754	1.690	1,80	1,68
	30.000	3.718	2.918	1,35	1,29
	45.000	4.834	3.880	1,21	1,01
Media general		3.678	3.222	1,37	1,32
Coeficiente de variación (%)		26,3	31,0	18,7	17,4

Tabla 5.

Producción (kg. ha⁻¹) y prolificidad de maíz intercalado con una siembra nueva de café en la etapa de establecimiento. Finca El Pará, La Unión, Departamento de Nariño.

Arreglo espacial del café (m)	Densidad del maíz (Plantas/ha)	Producción de café					
		Naranjal		Albán		Gigante	
		Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 1	Ciclo 2
1,00 x 1,00	0	5.300	5.963	5.350	4.150	5.038	4.463
	15.000	5.188	5.013	4.463	3.925	4.600	3.775
	30.000	5.263	4.825	4.350	3.763	3.238	3.075
	45.000	5.475	3.925	4.888	3.350	4.300	2.875
1,15 x 1,15	0	5.050	4.338	3.638	3.338	5.125	4.463
	15.000	3.775	5.363	3.275	2.763	4.500	3.813
	30.000	4.413	3.475	3.450	3.375	3.625	2.875
	45.000	4.763	3.838	3.425	2.500	2.975	2.250
1,42 x 1,42	0	3.463	3.125	2.450	2.550	3.200	2.375
	15.000	3.463	2.988	2.300	2.163	2.913	1.988
	30.000	3.500	2.750	2.638	2.413	2.738	1.800
	45.000	2.588	2.388	2.225	2.200	2.613	1.788
Media general		4.353	3.999	3.538	3.041	3.739	2.961
Coeficiente de variación (%)		15,4		18,8		24,4	

Tabla 6.

Producción de café pergamino seco (kg. ha⁻¹) en tres arreglos espaciales de siembra nueva intercalada con dos ciclos de maíz. Estación Central Naranjal (Chinchiná, Caldas), Estaciones Experimentales Albán (El Cairo, Valle) y Gigante (Gigante, Huila).

Arreglo espacial del café (m)	Densidad del maíz (Plantas/ha)	Producción de maíz (kg.ha ⁻¹) al 15% de humedad					
		Naranjal		Albán		Gigante	
		Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 1	Ciclo 2
1,0 x 1,0	15.000	1.166	1.436	2.022	2.079	3.237	3.711
	30.000	3.919	3.485	3.260	4.370	6.136	5.724
	45.000	5.565	4.825	6.362	6.040	6.561	6.120
1,15 x 1,15	15.000	2.799	2.390	1.984	2.258	3.541	3.609
	30.000	4.316	3.302	3.714	4.561	5.510	5.347
	45.000	5.412	4.544	6.077	6.474	6.723	5.685
1,42 x 1,42	15.000	2.968	2.417	1.343	2.688	3.578	3.531
	30.000	4.484	3.418	3.423	4.039	5.271	4.550
	45.000	5.770	4.018	5.856	6.156	6.556	4.850
Maíz (o)	15.000	3.654	3.181	1.405	2.745	4.188	3.939
	30.000	5.387	4.480	3.339	4.591	5.753	4.670
	45.000	6.238	4.787	5.992	6.390	6.305	5.536
	55.000	6.556	5.219	5.961	5.062	5.765	5.245
Media general		4.479	3.659	3.903	4.419	5.317	4.809
Coeficiente de variación (%)		13,9	16,5	17,3	21,5	15,2	21,6

Tabla 7.

Producción de dos ciclos de maíz (kg.ha⁻¹) intercalados en tres arreglos espaciales de siembra nueva de café. Estación Central Naranjal (Chinchiná, Caldas), Estaciones Experimentales Albán (El Cairo, Valle) y Gigante (Gigante, Huila).

maíz no afectaron la producción de café y viceversa. En consecuencia, a diferencia de la respuesta observada en siembras nuevas de café, pueden intercalarse hasta dos ciclos seguidos con 45.000 plantas/ha de maíz en lotes zoqueados, sin que se afecte la producción de café. Las Tablas 8 y 9 muestran los datos del promedio de la producción de café, y las Tablas 10 y 11, los datos de producción y prolificidad (Mazorcas por planta) de maíz.

Una ventaja adicional que tiene este sistema de producción es que se puede sembrar el maíz con todos los residuos que quedan cuando se zoquea la planta de café, y toda esa biomasa, aparte de retardar la aparición de las arvenses, se recicla y contribuye al mejoramiento de la fertilidad del suelo.

Arreglo espacial de la zoca (m)	Plantas de maíz por hectárea	Ciclos de producción de maíz	
		Uno	Dos
1,0 x 1,0	0	8.491	7.688
	15.000	8.054	9.248
	30.000	7.908	8.504
	45.000	9.175	10.275
2,0 x 1,0	0	5.970	6.473
	15.000	5.758	6.270
	30.000	6.738	6.533
	45.000	6.360	6.960
Media general		7.307	7.744
Coeficiente de variación (%)		18,3	

Tabla 8.

Producción de café pergamino seco (kg.ha⁻¹) zoqueado e intercalado con dos ciclos de maíz, en la etapa de establecimiento. Estación Experimental Libano (Tolima).

Arreglo espacial de la zoca (m)	Plantas de maíz por hectárea	Prolificidad		Índice de desgrane		Producción	
		Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 1	Ciclo 2
1,0 x 1,0	15.000	1,80	1,53	74	76	4.747	5.903
	30.000	1,50	1,11	71	74	6.631	8.278
	45.000	1,30	1,16	72	73	8.141	9.754
2,0 x 1,0	15.000	1,80	1,34	74	73	4.399	3.906
	30.000	1,30	1,29	77	73	6.585	3.701
	45.000	1,20	1,13	76	73	7.600	4.873
Maíz (o)	15.000	1,40	1,34	72	74	3.832	2.395
	30.000	1,10	1,01	71	73	4.571	2.650
	45.000	1,10	0,98	71	72	5.421	3.484
Media general		1,4	1,2	73	74	5.770	4.923
Coeficiente de variación (%)		12,3	10,8	6,7	4,1	20,4	22,3

Tabla 9.

Producción (kg.ha⁻¹), prolificidad e índice de desgrane de maíz intercalado con zocas de café. Estación Experimental Líbano (Tolima).

Arreglo espacial de la zoca (m)	Plantas de maíz por hectárea	Producción de café pergamino seco (kg.ha ⁻¹)							
		1996		1997		1998		Total	
		Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 1	Ciclo 2
1,0 x 1,0	Café (o)	3.883	4.326	6.088	6.185	4.071	4.570	14.040	15.081
	15.000	4.271	3.948	6.106	5.599	4.523	3.885	14.900	13.433
	30.000	3.639	3.868	6.271	6.686	5.026	5.371	14.936	15.926
	45.000	3.906	3.555	6.600	5.663	4.669	4.448	15.175	13.665
2,0 x 1,0	Café (o)	2.325	2.089	3.620	3.829	2.228	2.383	8.171	8.300
	15.000	2.183	1.780	3.298	3.161	1.903	2.600	7.384	7.541
	30.000	1.820	1.809	3.653	3.510	2.261	1.946	7.734	7.266
	45.000	1.978	1.829	2.739	3.024	1.911	3.526	6.628	8.379
Media general		3.000	2.900	4.797	4.707	3.324	3.591	11.121	11.199
Coeficiente de variación (%)		25,3		19,4		19,1		13,8	

Tabla 10.

Producción de café pergamino seco (kg.ha⁻¹) zoqueado intercalado con dos ciclos de maíz. Estación Experimental Santa Bárbara, Sasaima, Cundinamarca.

Arreglo espacial del café (m)	Poblaciones de maíz (Plantas/ha)	Producción de maíz (15% humedad)		Prolificidad	
		Ciclo uno	Ciclo dos	Ciclo uno	Ciclo dos
Maíz (o)	15.000	2.263	2.161	1,36	1,39
	30.000	4.306	4.031	1,13	1,06
	45.000	5.822	5.139	1,01	1,00
	55.000	6.485	6.242	1,00	1,00
1,0 x 1,0	15.000	2.472	2.073	1,48	1,45
	30.000	5.216	4.031	1,16	1,14
	45.000	7.474	5.539	1,08	1,01
2,0 x 1,0	15.000	2.234	1.991	1,51	1,35
	30.000	4.207	3.368	1,22	1,00
	45.000	6.682	6.302	1,13	1,00
Media general		4.747	4.161	1,21	1,11
Coeficiente de variación (%)		18,5	18,5	13,00	13,00

Tabla 11.

Producción (kg.ha⁻¹) y prolificidad de maíz intercalado con zocas de café. Estación Experimental Santa Bárbara (Sasaima, Cundinamarca).

Consideraciones prácticas

Intercalar maíz en lotes con zocas o siembras nuevas de café, implica administrar el sistema de producción de forma independiente, conforme a las prácticas agronómicas de cada cultivo, para reducir al mínimo la competencia intraespecífica.

El arreglo interespecífico maíz intercalado con café, es una opción económica para que el caficultor pueda aliviar su flujo de caja antes de la primera cosecha de café, bajar costos de producción del café, diversificar la producción y obtener ingresos adicionales a los que obtiene con el café.

Actualmente, se cuenta con los híbridos comerciales como FNC 318 (Endospermo amarillo), FNC 3056 (Endospermo blanco) y FNC3059 (Endospermo amarillo), con promedios de producción superiores a 7 t.ha⁻¹, tolerantes a las enfermedades más comunes en la zona cafetera colombiana, como cercóspora y mancha de asfalto. Estos materiales son producto del convenio entre la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y la Federación Nacional de Cerealistas y Leguminosas (Fenalce).

Sistema de producción frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) intercalado con café



El frijol es la principal leguminosa que se produce en América Latina y es considerado como uno de los productos básicos de la economía campesina de pequeños y medianos productores, ubicados especialmente en la zona andina de Colombia. Cerca del 90% de la producción se obtiene de las zonas altas de Antioquia, Nariño, Cundinamarca y Santander, utilizando la asociación maíz - frijol voluble, y en menor escala con frijol arbustivo. Este cultivo también se produce en la zona cafetera intercalado con café, tanto en siembras nuevas como en lotes renovados por zoca.

El frijol se adapta bien a las condiciones de clima y de suelos existentes en la zona cafetera; donde se produce el 30% y se consume el 80% del total nacional. Además de aprovechar el terreno y de fijar nitrógeno de la atmósfera, el frijol tiene un gran poder para movilizar el fósforo, permite reducir los costos en la compra de abonos químicos, proporcionando ingresos y alimento para el agricultor (Lobo, 1991).

Las labores requeridas en la producción del frijol permiten mantener bajas coberturas de arvenses en los lotes de café, lo que indirectamente reduce los costos de producción. Además, al establecerse una cobertura sobre el terreno se protege el suelo y se mantiene la humedad por más tiempo en épocas de sequía.

La renovación de cafetales sembrados a libre exposición, mediante el zoqueo o por siembra nueva, permite intercalar cultivos durante la etapa de crecimiento del café (Gómez y Gómez, 1988); el frijol es una de las opciones, porque hace parte de la cultura y la seguridad alimentaria de la zona cafetera.

El fomento del cultivo del frijol en la zona cafetera estuvo algo restringido por la falta de investigación en los sistemas de producción comunes en la zona, pero hoy día hay mayor oferta de opciones tecnológicas y de materiales mejorados evaluados mediante ensayos regionales en diferentes localidades de la zona cafetera en los últimos años, los cuales al conseguir materiales con buena adaptación, han dado posibilidades agronómicas y económicas para ser intercaladas con café, porque son de ciclo corto (90 días), de crecimiento arbustivo determinado y aceptación comercial (Posada y Kornegay, 1995).

La disponibilidad de esas variedades de frijol adaptadas a la zona cafetera, permitió realizar experimentos para evaluar el sistema de producción de frijol intercalado con café, con el propósito de conocer la mejor combinación entre poblaciones de café y de frijol, que diera el mayor ingreso neto antes de la primera cosecha de café, sin afectar las producciones del café. Los experimentos

se desarrollaron en las Estaciones Experimentales de Cenicafé y en algunas fincas de caficultores, tratando de cubrir gran parte de la geografía cafetera.

Los experimentos se hicieron con siembras nuevas de líneas de café Caturra x Híbrido de Timor, con diferentes distancias de siembra del café y distintas poblaciones de fríjol, con uno y dos ciclos seguidos de fríjol para el caso de siembras nuevas de café, y de dos y tres ciclos seguidos de fríjol cuando las siembras se hicieron en lotes renovados por zoca.

El fríjol se sembró con labranza mínima, en los primeros 60 días después de la siembra del café. Tanto el café como el fríjol se manejaron de forma independiente, conforme a las prácticas agronómicas propias de cada cultivo. La fertilización del fríjol consistió en incorporar en el momento de la siembra 250 kg.ha⁻¹ de difosfato diamónico (DAP), y como prácticas agronómicas se hicieron: el manejo integrado de arvenses y los oportunos controles fitosanitarios al fríjol, para mantenerlo en buen estado hasta la cosecha.

A continuación se presentan los resultados de los experimentos realizados con fríjol arbustivo intercalado con siembras nuevas de café y fríjol arbustivo intercalado en lotes de café renovados mediante zoqueo.

Sistema de producción fríjol arbustivo intercalado con siembras nuevas de café



Los datos de las dos primeras cosechas de café, mostraron que la siembra de dos ciclos seguidos de fríjol arbustivo hasta con 160.000 plantas/ha, no afecta la producción del café, y se obtienen producciones de fríjol seco (15% de humedad) entre 587 y 1.113 kg.ha⁻¹ y una producción media de 850 kg.ha⁻¹, en la Estación Central Naranjal y las Estaciones La Catalina (Risaralda) y Gigante (Huila) (Tablas 12 y 13); resultados similares fueron encontrados por Araya *et al.* (1989). De igual manera, Centeno *et al.* (1994), al evaluar el efecto de intercalar

Distancias de siembra del café (m)	Poblaciones de fríjol (plantas/ha)	Producción de café pergamino seco					
		Naranjal (Caldas)		La Catalina (Risaralda)		Albán (Valle)	
		Ciclos de producción de fríjol					
		Uno	Dos	Uno	Dos	Uno	Dos
1,00 x 1,00	80.000	6.938	6.338	3.625	4.725	6.488	6.275
	120.000	6.975	6.975	4.350	5.313	7.375	6.688
	160.000	6.125	6.538	4.225	5.513	7.650	7.238
	Café solo	6.475	6.750	4.850	5.788	7.513	7.138
1,15 x 1,15	80.000	5.675	6.638	3.675	4.738	5.513	5.188
	120.000	6.488	6.138	3.725	3.938	6.113	5.275
	160.000	6.600	6.788	3.075	4.438	5.363	4.900
	Café solo	6.200	5.788	3.913	4.550	5.663	5.538
1,50 x 1,50	80.000	3.175	3.875	2.250	2.500	3.188	2.763
	120.000	3.150	3.375	2.688	2.850	4.013	3.325
	160.000	2.775	3.363	1.825	2.863	3.638	2.813
	Café solo	3.700	3.950	2.725	2.313	3.613	2.938
Media general		5.363	5.538	3.413	4.125	5.513	5.013
Coeficiente de variación (%)		14,7		15,9		16,3	

Tabla 12.

Producción de café pergamino seco (kg.ha⁻¹) intercalado con fríjol, en tres localidades, tres arreglos espaciales del café y tres densidades de fríjol, en uno y dos ciclos de fríjol seguidos (Moreno *et al.*, 1995a).

Distancias de siembra del café (m)	Poblaciones de fríjol (plantas/ha)	Producción de fríjol al 15% de humedad					
		Naranjal (Caldas)		La Catalina (Risaralda)		Albán (Valle)	
		Ciclos de producción de fríjol					
		Uno	Dos	Uno	Dos	Uno	Dos
1,00 x 1,00	80.000	527	486	706	577	657	515
	120.000	549	496	862	634	737	668
	160.000	572	534	905	737	941	797
1,15 x 1,15	80.000	560	513	903	711	708	490
	120.000	638	578	918	791	911	692
	160.000	654	587	1.067	818	1.063	742
1,50 x 1,50	80.000	647	573	862	693	785	658
	120.000	654	597	941	714	813	630
	160.000	780	712	952	890	1.113	800
Fríjol solo	80.000	700	630	1.023	785	656	643
	120.000	824	723	1.037	792	778	722
	160.000	833	759	1.239	1.000	949	839
Media general		662	599	951	762	843	683
Coeficiente de variación (%)		20,4		21,0		15,1	

Tabla 13.

Producción (kg.ha⁻¹) de fríjol arbustivo intercalado con café, en tres localidades, tres arreglos espaciales del café y tres densidades de fríjol, en uno y dos ciclos (siembras) seguidos de fríjol (Moreno et al., 1995a).

fríjol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en el crecimiento y el desarrollo del café, no encontraron efectos en cuanto al crecimiento del café.

Es importante considerar que las distancias de siembra del café de 1,0 x 1,0 m, afectaron la producción de fríjol frente a distancias de siembra más amplias; por lo tanto, sembrar café a distancias amplias y con dos plantas por sitio, aparte de ahorrar costos de establecimiento, también da la posibilidad de producir más fríjol por unidad de área.

Si se considera que antes de la primera cosecha de café, el agricultor no recibe ingresos, intercalar fríjol, con el manejo ya descrito, es una opción para su mantenimiento, además de los beneficios adicionales por el manejo agronómico en fertilización y desyerbas del fríjol.

Los resultados descritos muestran la factibilidad de intercalar dos ciclos (Siembras) seguidos de fríjol arbustivo con 160.000 plantas/ha, en poblaciones de café hasta de 10.000 plantas/ha, sin que se reduzca la producción de café por efectos de competencia del fríjol. El número de surcos de fríjol entre las calles del

café depende de la distancia entre surcos de café, sin embargo, los surcos de fríjol no deben quedar a menos de 25 cm del surco de café y a máximo 50 cm entre los surcos de fríjol. Dentro de cada surco de fríjol se deben garantizar de 8 a 10 plantas por metro lineal, sembradas al chorrillo o a chuzo.

Al tomar como base los resultados descritos y siguiendo las recomendaciones técnicas para establecer el cultivo de fríjol y el manejo independiente de cada cultivo, pueden obtenerse 1,5 t de fríjol seco, en los dos ciclos de producción. Aparte de lo anterior, se generan 70 jornales por hectárea, en cada ciclo de cultivo.

Sistema de producción fríjol arbustivo intercalado en lotes de café renovados mediante zoqueo

Los lotes de café renovados mediante zoqueo también tienen gastos, tanto en las labores del zoqueo como en el establecimiento de la zoca, por lo cual también se pensó en la posibilidad de producir ingresos adicionales para aliviar el flujo de caja, mediante el intercalamiento de fríjol en las calles de las zocas.

En este caso, lo único que se retira del lote son los tallos de café, mientras que las ramas y las ramillas deben quedar en el lote debidamente picadas y repicadas, y después de dos a cuatro semanas puede sembrarse el frijol con labranza mínima, por sitios o al chorrillo, para lo cual la cobertura del lote no ofrece dificultad alguna. El manejo agronómico se hace de la misma forma como se explicó en las siembras nuevas de café.

Los resultados de la investigación en este caso muestran que a diferencia de lo que ocurre con las siembras nuevas de café, en los lotes zoqueados se pueden intercalar hasta tres ciclos consecutivos de frijol arbustivo, con una población de 160.000 plantas/ha, tanto en café a 1,0 x 1,0 m con un tallo/sitio, como en café a 2,0 x 1,0 m, con dos tallos/sitio. Los rendimientos, tanto de café como de frijol se presentan en las Tablas 14 y 15.

Para la zona cafetera Colombiana se ha reportado un gran potencial de los frijoles arbustivos tales como: Cafetero, Cauca yá, Citará y Quimbaya, con rendimientos promedio de 1.687, 1.758, 1.441 y 1.392 kg.ha⁻¹, respectivamente, son resistentes a roya (*Uromyces appendiculatus*), bacteriosis (*Xanthomonas* spp.) y antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) y susceptibles a mustia hilachosa (*Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk) y la mancha angular (*Phaseoisaropsis griseola*). Estas variedades de frijol tienen un período vegetativo alrededor de los 90 días (Posada y Kornegay, 1995).

La experiencia con los anteriores materiales en cuanto a la presencia de enfermedades, sólo se tuvo con la cenicilla (*Erysiphe polygoni* D. C.), la cual se maneja fácilmente usando productos a base de azufre, sobre todo en las épocas de frecuentes precipitaciones.

Arreglo espacial de la zoca (m)	Plantas/ha de frijol	Ciclos frijol y producción al 15% de humedad		
		Uno	Dos	Tres
1,0 x1,0 m (Un tallo/sitio)	80.000	1.103	1.804	700
	120.000	1.386	1.989	769
	160.000	1.527	2.119	887
2,0 x1,0 m (Dos tallos/sitio)	80.000	1.110	1.632	856
	120.000	1.253	1.706	926
	160.000	1.390	1.812	937
Media general		1.246	1.881	964
Coeficiente de variación (%)		10,2	19,4	11,2

Tabla 14.

Producción (kg.ha⁻¹) de frijol arbustivo intercalado con café zoqueado, en dos arreglos espaciales, tres densidades de frijol, en uno, dos y tres ciclos de frijol seguidos. Estación Experimental Líbano, Tolima.

Arreglo espacial de la zoca (m)	Plantas/ha de frijol	Ciclos de frijol y producción de café pergamino seco	
		Dos	Tres
1,0 x1,0 m (un tallo/sitio)	80.000	8.740	8.080
	120.000	8.355	8.271
	160.000	8.101	8.043
	Café (o)	9.625	8.488
2,0 x1,0 m (Dos tallos/sitio)	80.000	6.086	6.015
	120.000	5.236	6.293
	160.000	5.630	6.898
	Café (o)	6.093	6.898
Media general		7.234	7.373
Coeficiente de variación (%)		13,4	

Tabla 15.

Producción (kg.ha⁻¹) de café pergamino seco intercalado con frijol arbustivo, en dos arreglos espaciales del café y tres densidades de frijol, en dos y tres ciclos de frijol seguidos. Estación Experimental Líbano, Tolima.

Sistema de producción frijol voluble intercalado en lotes de café renovados por zoqueo



En los últimos años, en las zonas marginales altas de la zona cafetera, se ha observado la siembra de frijol voluble tipo cargamanto intercalado con café, por ejemplo, en los municipios de Guática y Belén de Umbría (Risaralda), dentro del Ecotopo 106B.

En los lotes visitados, se encontró que el tutor usado para las plantas de frijol, es el de espalderas construidas con hilo de polipropileno y tutores vegetales como la llamada caña flecha, lo cual aumenta los costos de producción. Como respuesta a este escenario, se propuso una investigación para buscar la posibilidad de usar como tutor las plantas de maíz mejorado, en reemplazo de las espalderas, con el propósito de reducir los costos de producción y conseguir un ingreso adicional con la producción de maíz.

El experimento se desarrolló en la Estación Experimental El Rosario (Venecia, Antioquia), y se encontró que es posible usar el maíz como tutor de las plantas de frijol así como reemplazar el cultivar de maíz "regional o criollo" por cultivares mejorados como el ICA V-305 o el híbrido FNC-3054 (Tabla 16). Aparte de esto, la siembra del frijol puede hacerse 90 días después de haber sembrado el

maíz, lo que se conoce como sistema de producción frijol en relevo con maíz. En este sistema también se hace el manejo agronómico independiente del maíz, el frijol y el café, para garantizar la máxima eficiencia del sistema.



De acuerdo con Granada (2006), la producción de frijol superó los 900 kg.ha⁻¹ y los de los cultivares de maíz mejorados estuvieron por encima de las 4 t.ha⁻¹, con lo cual se contribuye a la generación de ingresos adicionales al café y a la seguridad alimentaria de la zona cafetera (Tablas 16 y 17), con sistemas de producción menos costosos, al usar tutor vivo productivo (Maíz) para el frijol y materiales mejorados de maíz, sin afectar la producción de café.

Sistema de producción: Tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) intercalado con siembras nuevas de café



Cultivar de maíz	Rendimiento de grano seco (15 % de humedad)
FNC-3054	7.081 a
ICA V-305	5.149 b
REGIONAL	4.746 b
Media general	5.658
Coeficiente de variación (%)	8,4

Tabla 16 .

Producción (kg.ha⁻¹) de maíz híbrido FNC-3054, variedad ICAV-305 y Regional, en función de tutor de frijol cargamanto, intercalados en zoca de café. Estación Experimental El Rosario, Venecia- Antioquia (Granada, 2006).

Tutor	Rendimiento	Vainas/planta	Granos/vaina	Peso de 100 granos (g)
Artificial	1.141 a	5,4 a	5,16 a	76,2 a
ICA V-305	973 b	5,0 a	4,98 ab	71,9 a
FNC-3054	985 ab	5,2 a	4,86 ab	72,3 a
Regional	897 b	4,9 a	4,82 b	73,8 a
Media	999	5,1	5,0	73,5
Coefficiente de variación (%)	15,0	16,8	6,0	8,2

Tabla 17.

Rendimiento (kg.ha⁻¹), número de granos/vaina, vainas/planta y peso de 100 granos para cada tipo de tutor de frijol cargamanto en relevo con maíz, intercalado en zocas de café. Estación Experimental El Rosario, Venecia-Antioquia (Granada, 2006).

En siembras nuevas de café o en lotes renovados por zoca es posible intercalar dos cosechas seguidas de tomate de mesa, con 35.000 plantas/ha, sin que se afecte la producción de café. En este sistema también deben manejarse los cultivos independientemente.

En la Estación Experimental Líbano (Tolima), el promedio de la producción de tomate de primera fue de 25 t.ha⁻¹ (Tabla 18), en un lote renovado por zoqueo, lo cual muestra la posibilidad de generar ingresos adicionales con una buena producción, sin afectar la producción de café (Tabla 19). Este sistema de producción se logra

Arreglo espacial de la zoca de café (m)	Sistema de Siembra del tomate	Sistema de manejo del tomate	Producción de tomate	
			Cosechas	
			Primera	Segunda
1,0 x 1,0 (Un tallo/sitio)	Surcos alternos	Sin aporque	30,4	35,8
		Con aporque	25,9	27,6
	Surcos comunes	Sin aporque	33,7	40,2
		Con aporque	29,8	38,2
1,0 x 1,0 (Dos tallos/sitio)	Surcos alternos	Sin aporque	21,9	12,8
		Con aporque	19,9	11,0
	Surcos comunes	Sin aporque	25,5	17,9
		Con aporque	21,3	14,2
Promedio general			26,0	24,7
Coeficiente de variación (%)			11,6	13,0

Tabla 18.

Producción de tomate (t.ha⁻¹) en dos sistemas de siembra y dos sistemas de manejo intercalado con zoca de café, en dos arreglos espaciales. Estación Experimental Líbano (Tolima).

Arreglo espacial de la zoca de café (m)	Sistema de Siembra del tomate	Sistema de manejo del tomate	Producción de café pergamino seco	
			Primera cosecha	Acumulado
1,0 x 1,0 (Un tallo/sitio)	Surcos alternos	Sin aporque	3.844	13.570
		Con aporque	3.989	12.625
	Surcos comunes	Sin aporque	3.091	12.928
		Con aporque	3.698	13.380
1,0 x 1,0 (Dos tallos/sitio)	Surcos alternos	Sin aporque	3.046	10.349
		Con aporque	3.333	11.088
	Surcos comunes	Sin aporque	2.126	11.054
		Con aporque	2.028	9.660
Media general			3.144	11.831
Coeficiente de variación (%)			14,8	14,5

Tabla 19.

Producción de café pergamino seco (kg.ha⁻¹), intercalado con tomate de mesa en dos arreglos espaciales del café, dos sistemas de siembra y dos sistemas de manejo del tomate. Estación experimental Líbano, Tolima.

sembrando los surcos de tomate en el centro de la calle del café (Surcos alternos), sin aporcar las plantas de tomate, lo cual aparte de ser un gasto innecesario, predispone el lote a la erosión.

Otro aspecto importante en este sistema es que si se maneja de forma técnica, racionalizando los pesticidas en el cultivo del tomate, puede obtenerse una buena producción a bajos costos, con un producto de calidad y menos residuos de pesticidas.

Sistema de producción arroz (*Oryza sativa* L.) intercalado con siembras nuevas de café

Los resultados experimentales obtenidos en la Estación Central Naranjal y la Estación Experimental La Catalina, muestran que en siembras nuevas de café puede intercalarse dos siembras seguidas de arroz, con labranza mínima, usando tan sólo 60 kg.ha⁻¹ de semilla de arroz, sin afectar la producción de café y obteniendo buenas producciones de arroz.

Esta es una opción para mejorar la seguridad alimentaria y algunas características de los suelos, al considerar la gran cantidad de residuos de cosecha que quedan en cada cosecha de arroz, la cual se incorpora rápidamente al suelo, con el consecuente reciclaje de nutrientes.

El arroz no afectó la producción de café y la de arroz no se afectó por la presencia del café. Por lo tanto, es factible sembrar dos ciclos de arroz intercalados en siembras nuevas de café, sin que se afecte su producción. El promedio de la producción del arroz fue de 3.871 y 4.736 kg.ha⁻¹ de forma respectiva para los ciclos primero y segundo. En promedio el café produjo 7.263 y 4.875 kg.ha⁻¹ de café pergamino seco en la primera y segunda cosechas, respectivamente (Murero et al., 2004).

Aparte de contribuir a la seguridad alimentaria en la zona cafetera, el arroz tiene como utilidad adicional que se puede usar como barreras vivas productivas por su gran capacidad de generar macollas, lo cual le permite

proteger el suelo con su sistema radical bastante robusto y amortiguar la escorrentía. Además, la biomasa seca del arroz, después de la cosecha, puede servir como cobertura muerta para mejorar la retención de agua en el suelo en épocas de bajas precipitaciones.

Sistema de producción tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) rubio tipo Burley, intercalado con zocas de café

Los resultados obtenidos en la Estación Experimental La Catalina muestran que en lotes de café renovados mediante zoqueo, se pueden intercalar con el café dos ciclos continuos de cultivo de tabaco rubio tipo Burley sin afectar la producción de café, con producciones de tabaco similares a las que se obtienen en las zonas de producción tabacalera.

El tabaco es otra opción para mejorar los ingresos de los caficultores, usando un cultivo industrial, el cual cuenta con el respaldo de las empresas tabacaleras, las cuales financian los costos relacionados con el cultivo del tabaco y garantizan la compra del producto.

En esta investigación aparte de haberse obtenido una producción de tabaco de 2.840 kg.ha⁻¹, según el MADR (2005) por encima de los promedios de las producciones nacional de 1.800 kg.ha⁻¹ y mundial de 1.600 kg.ha⁻¹, también se obtuvo un producto de buena calidad, lo cual garantiza al caficultor buena rentabilidad en este cultivo, debido a que el precio de este producto depende de la calidad. Otro aspecto importante es el fitosanitario, donde no existen problemas de plagas ni de enfermedades similares en los dos cultivos. Pero como con los demás sistemas de producción en arreglos interespecíficos, el manejo de cada cultivo se debe hacer de manera independiente.

Aparte de contribuir con la generación de ingresos adicionales a los caficultores, este sistema de producción es importante porque al cultivar tabaco se necesita mano de obra adicional, tanto para las labores del cultivo como para la cosecha, la cual se hace de forma gradual y la postcosecha, que se hace organizando las hojas con sumo cuidado en estructuras denominadas tendales,

donde se secan las hojas y luego se empaican en fardos para su comercialización.

Rotación de cultivos transitorios intercalados con café



Aparte de los sistemas de producción de cultivos transitorios intercalados con café, también se cuenta con resultados de investigación que demuestran la posibilidad de hacer rotación de los cultivos transitorios para diversificar la producción conforme a las necesidades del caficultor, de tal manera que puede rotarse entre maíz, frijón arbustivo y tomate de mesa. En cualquiera que sea la secuencia, lo más conveniente es empezar siempre con maíz, sin el riesgo de que se afecte la producción de café.

De otra parte, el establecimiento de las arvenses nobles mediante el manejo integrado de éstas no afecta la producción de café ni de los cultivos intercalados. Es así como al intercalar cultivos transitorios con zocas de café en levante, el manejo de arvenses puede realizarse con machete o guadaña y el equipo selector de arvenses. Esta práctica del manejo integrado de arvenses (MIA), es una opción para mantener la humedad del suelo en condiciones de años de presencia del Evento de El Niño.

Sistemas con cultivos semiperennes

Sistema de producción: Barreras de plátano (*Musa sp.* Grupo AAB) intercaladas con siembras nuevas de café

El cultivo del plátano en Colombia tiene gran importancia socioeconómica, porque es uno de los productos fundamentales de la canasta familiar y es fuente generadora de trabajo y divisas para el país.



El plátano puede cultivarse en diferentes zonas agroecológicas dentro del rango altitudinal de 0 a 2.000 m y temperaturas entre 17°C y 35°C. En Colombia se cultivan alrededor de 384.957 ha, con una producción total anual de 2,6 millones de toneladas de racimos, de las cuales 96% se dedican al mercado interno y el resto a la exportación eliminar. Los principales centros productores se encuentran en las zonas cafeteras de la Región Andina, donde se cultivan 234.843 ha (61% del área cultivada), que aportan el 58% de la producción nacional.

Del área cultivada en plátano, el 87% se encuentra como cultivo tradicional intercalado con café, cacao, yuca y frutales, y el 13% está como unicultivo tecnificado. El consumo nacional anual *per cápita* año es de 68 kg, uno de los más altos del mundo; es el tercer producto agrícola que se consume en Colombia, después de la papa y la leche. En la zona cafetera central el cultivo del plátano genera aproximadamente unos 44.790 empleos permanentes por año y aporta el 7% del producto interno agrícola. El clon Dominico-Hartón es el material más cultivado y su producción total representa el 31,4% de la producción nacional, abasteciendo la mayoría de los principales mercados del país. En el resto del país, el clon predominante es el Hartón, más adaptado y productivo en zonas de altitudes menores a 1.000 m (Belalcázar, 1991; Cayón *et al.*, 1998).

Una de las limitaciones en el negocio del plátano es que su comercialización tiene muchas dificultades a causa de la dispersión de las zonas productoras, la ausencia o la deficiencia de vías de comunicación con los centros de consumo urbano y la concentración irregular del mercado por los mayoristas e intermediarios que imponen los precios. Aparte de esto, los productos percederos como el plátano sufren constantes deterioros por el mal manejo en postcosecha, aumentando las pérdidas en cantidad y calidad de la producción, lo cual influye sobre el precio final.

Producir plátano aplicando la tecnología disponible es imprescindible para garantizar la seguridad alimentaria de la población, fundamentalmente de los grupos con menor capacidad de acceso a bienes y servicios, para quienes los alimentos básicos como el plátano, representan la mayor proporción de gastos de la llamada canasta familiar y para aumentar la rentabilidad del cultivo. Aun así, el plátano se ha constituido en un renglón de gran importancia socioeconómica, desde el punto de vista de seguridad alimentaria y generación de empleo, que se estima en 142.515 empleos permanentes por año, es decir, 36.000 familias en promedio, destinadas a las labores del cultivo en todo el país.

A pesar de que el plátano es un producto de permanente producción, las épocas de cosecha se ven afectadas por factores como la producción y la recolección de café, o por las épocas de fuerte invierno. Estos movimientos o períodos de producción originan a su vez movimientos en los precios según los volúmenes ofrecidos.

El plátano Dominico hartón, es el que más se cultiva en la zona cafetera, tiene en promedio cinco manos y alrededor de 8 a 12 dedos por mano y su producción es permanente durante todo el año.

Los principales sistemas para su producción son unicultivo tecnificado, mateado en los lotes de café

(Arreglo espacial irregular) e intercalado con café como barreras.

Los resultados de la investigación del sistema barreras de plátano (Dominico hartón) intercaladas con café, muestran que si el plátano se maneja de manera adecuada, es decir, material de siembra de buena calidad y libre de plagas, el ciclo de vida del cultivo alcanza 6 años y se logra una productividad de un racimo por unidad productiva por año. De igual forma, se determinaron las distancias mínimas entre barreras para sembrar el plátano, con el fin de no afectar la producción de café, con las cuales pueden lograrse las mayores producciones de racimos por hectárea, como otra forma de generar ingresos adicionales al café, aprovechando el mismo lote con un cultivo semiperenne (Tabla 20).

Distancia de siembra del café (m)	Distancia entre las barreras de plátano (m)	Número de surcos de café entre barreras	Unidades productivas de plátano por hectárea
1,0 x 1,0	16	15	298
2,0 x 1,0	14	9	340
1,5 x 1,5	14	14	340
2,0 x 2,0	12	9	396

Tabla 20.

Sistema de producción café intercalado con barreras de plátano, en tres arreglos espaciales del café (Moreno et al., 2005).

Recomendaciones prácticas

- Al intercalar cualquier cultivo con el café debe hacerse el manejo agronómico independiente a cada cultivo, a fin de reducir la posible competencia del cultivo intercalado con el café, y de esta forma obtener ingresos adicionales sin afectar la producción de café.
- En los lotes con zocas de café pueden intercalarse dos ciclos de maíz, seguidos con 45.000 plantas/ha de maíz, sin que se afecte de forma significativa la producción de café de la primera cosecha ni de las subsiguientes.
- Para el caso de la siembra y la fertilización del maíz se recomienda sembrar 25.000 sitios/ha, cada uno con dos plantas, aplicar 100 kg.ha⁻¹ de nitrógeno, 100 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ y 60 kg.ha⁻¹ de K₂O.
- Si el pH del suelo es menor o igual a 5,5 un mes antes de la siembra del maíz, se deben aplicar 500 kg.ha⁻¹ de cal dolomítica regada en las calles del café, para evitar las deficiencias de magnesio y calcio. Si la siembra se va a hacer en lotes a renovar por zoca, la cal dolomítica, se debe aplicar antes de hacer el zoqueo para facilitar su incorporación al suelo. Si después de usar este plan de fertilización, se nota deficiencia de nitrógeno, se debe hacer un refuerzo con urea, cuyo costo se recupera con la producción.
- La siembra de dos ciclos seguidos de fríjol arbustivo hasta con 160.000 plantas/ha, no afecta la producción del café, y se obtienen producciones de fríjol seco (15% de humedad) entre 587 y 1.113 kg.ha⁻¹ y una producción media de 850 kg.ha⁻¹.

Literatura citada

- ARAYA, R.; ZAMORA, A. Efecto del frijol común sobre la productividad del cafeto podado y en formación. *Agronomía costarricense* 13(1):93-97. 1989.
- BELALCÁZAR C., S. *Manual de asistencia técnica: El cultivo del plátano en el trópico (Musa AAB Simmonds)*. Cali: ICA, 1991. 375 p.
- BHEEMAIAH, M.M.; SHARIFF, M. Multiple cropping in coffee. *Indian coffee* 53(12):9-13. 1989.
- CHENGAPPA, P.G.; REBELLO, N.S.P. An economic analysis of intercropping in coffee states of Coorg. *South indian horticulture* 25(4):154-157. 1977.
- CAYÓN, G.; BELALCÁZAR, S.; LOZADA, J.E. Ecofisiología del plátano (*Musa AAB Simmonds*). p. 221-236. En: SEMINARIO Internacional sobre producción de plátano. (Mayo 4-8 1998 : Armenia). Armenia : CORPOICA : SENA, 1998. 236 p
- CENTENO, M.; CAMPO, A.M.; BLANCO, M. Efecto del asocio del frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) en el crecimiento y desarrollo el café. Guatemala : PROMECAFE, 1994. 17 p. (Boletín No. 65).
- GÓMEZ, P.F.; GÓMEZ, J.E. Adaptación de once materiales de soya (*Glycine maxima*) intercalados con café en la zona central cafetera de Caldas. Manizales : Universidad de Caldas. Facultad de agronomía, 1988. 125 p. Tesis: Ingeniero agrónomo.
- GRANADA D., D. Estudio del sistema de producción frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) relevo maíz (*Zea mayz L.*) intercalado en zocas de café (*Coffea arabica L.*). Pasto : Universidad de Nariño, 2006. Tesis: Ingeniero agrónomo.
- GRANADA D., D.; MORENO B., A.M.; GARCÍA A., J.; MEJÍA M., J.W. Estudio del sistema de producción frijol relevo maíz, intercalado en zocas de café. *Cenicafé* 58(2):111-121. 2007.
- LOBO, M. Limitantes de perspectivas de la producción de frijol en Colombia. ICA, 1991. 20 p. (Boletín Informativo No. 5).
- MADR. Observatorio agrocadenas Colombia documento de trabajo No. 55: La cadena del tabaco en Colombia, una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005. [En línea]. Bogotá : El ministerio, 2005. Disponible en internet: http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/2005112164853_caracterizacion_tabaco.pdf. Consultado el 13 de marzo de 2013.
- MEAD, R.; WILLEY, R.W. The concept of "Land Equivalent Ratio" and advantage in yields from intercropping. *Experimental agriculture* 16(3):217-228. 1980.
- MELLES, C.C.A.; CHEBABI, M.A.A.; GUIMARAES, P.T.G. Culturas intercalares em lavouras cafeeiras nas fases de formacao e producao. p. 198-201. En: CONGRESSO Brasileiro de pesquisas cafeeiras. (12 : Outubro 28-31 1985: Caxambu). Rio de Janeiro : Instituto brasileiro de pesquisas cafeeiras, 1985.
- MELLES, C.C.A.; GUIMARAES, P.T.G.; BARTHOLO, G.F.; ALVARENGA, M.P. Podas para a renovacao do cafeeiro. *Informe agropecuario* 14(162):29-32. 1989.
- MORENO B., A.M. Sistemas de producción de maíz intercalado con café en la zona cafetera colombiana. p. 515-522. En: REUNIÓN Latinoamericana de maíz. (20 : Octubre 11-14 2004 : Lima). Lima : Ministerio de Agricultura de la República del Perú, 2004. 616 p.
- MORENO B., A.M.; CHATEL, M.H.; OSPINA R., Y.; BORRERO, J.; GUIMARAES, E.P. El arroz de secano, nueva opción de cultivo para la región cafetera: Estudio agroeconómico del sistema arroz (*Oryza sativa L.*) intercalado con siembras nuevas de café (*Coffea arabica L.*). *Fitotecnia colombiana* 4(1):9-18. 2004.
- MORENO B., A.M.; HERNÁNDEZ G., E.; GRISALES L., F.L. Productividad del sistema café intercalado con plátano en barreras. *Cenicafé* 56(1):79-85. 2005.
- MORENO B., A.M.; POSADA S., H.E.; MESTRE M., A. Obtenga ingresos adicionales al intercalar frijol en siembras nuevas de café. Chinchiná : CENICAFÉ, 1995. 4 p. (Avances Técnicos No. 219).
- MORENO B., A.M.; POSADA S., H.E.; MESTRE M., A. Obtenga ingresos adicionales al intercalar maíz en siembras nuevas de café. Chinchiná : CENICAFÉ, 1995. 4 p. (Avances Técnicos No. 220).
- POSADA S., H.E.; KORNEGAY, J. Variedades de frijol para la zona cafetera. Chinchiná : CENICAFÉ, 1995. 4 p. (Avances Técnicos No. 222)
- POSADA S., H.E. Seminario técnico línea frijol PVA-916. Bogotá : FNC, 1991. 9 p.

Nutrición de cafetales

Siavosh Sadeghian Khalajabadi

Como cualquier ser vivo, el café tiene unos requerimientos nutricionales para poder desarrollar su máximo potencial de producción, de acuerdo a la zona en la cual esté ubicado. Para una adecuada nutrición del café es necesario conocer la fertilidad de los suelos mediante un análisis de suelos. Esta herramienta, además de indicar la disponibilidad de cada nutriente, ayuda a identificar factores que limitan el crecimiento de las plantas y su producción, tales como la acidez. Cuando no se dispone de un análisis de suelos, debe racionalizarse el uso de los fertilizantes con base en la información sobre los requerimientos generales del cultivo, según la edad, densidad y porcentaje de sombra.

En este capítulo se realiza una breve reseña sobre los aspectos generales de la nutrición del café y la evaluación de la fertilidad del suelo. Se presentan las bases para el manejo de la nutrición de los cafetales en las etapas de crecimiento vegetativo y producción, de acuerdo con los resultados del análisis de suelo, a la luz de las investigaciones desarrolladas por Cenicafé.

Se espera que los criterios consignados sirvan de guía para el Servicio de Extensión y los cafeteros de todo el país, para tomar las mejores decisiones en materia de la nutrición de sus plantaciones.



Requerimientos nutricionales de la planta de café

El café, al igual que las demás especies vegetales, requiere algunos elementos que se consideran esenciales para su crecimiento y desarrollo. Tres de ellos, provenientes del agua y de la atmósfera (Carbono-C, hidrógeno-H y oxígeno-O), son llamados constituyentes orgánicos y representan cerca del 95% del peso de la planta, mientras que los demás se encuentran principalmente en el suelo y son clasificados como minerales. Según su demanda, estos últimos se clasifican en macronutrientes (Nitrógeno-N, fósforo-P, potasio-K, calcio-Ca, magnesio-Mg y azufre-S) y micronutrientes (Hierro-Fe, manganeso-Mn, cobre-Cu, cinc-Zn, boro-B, cloro-Cl, molibdeno-Mo y níquel-Ni) (Malavolta, 2006).



Un nutriente es un elemento químico, esencial para el crecimiento de las plantas.

La cantidad de los nutrientes requerida por el café varía según la variedad, el clima, el suelo y el manejo.

Requerimientos en la fase vegetativa de la planta

En la fase vegetativa—aproximadamente hasta 650 días después de la siembra— la planta de café presenta un crecimiento lento y, por lo tanto, extrae del suelo cantidades relativamente bajas de nutrientes, según las condiciones del sitio (Riaño *et al.*, 2004):

N= 8,6 a 12,5 g

P= 0,6 a 2,7 g

K= 7,6 a 25,3 g

Ca= 3,9 a 10,6 g

Mg= 1,2 a 2,1 g

Requerimientos durante la fase reproductiva

Al iniciar la fase reproductiva se incrementa la tasa de crecimiento y la acumulación de nutrientes, hasta los 2.000 días después de la siembra, período en el cual

alcanza los siguientes valores: 547 kg/ha de N, 51 kg/ha de P, 508 kg/ha de K, 234 kg/ha de Ca y entre 59 y 117 kg/ha de Mg (Riaño *et al.*, 2004).

Parte de las cantidades mencionadas está representada en frutos y, por lo tanto, es la que se remueve del lote; el resto retorna al suelo en forma de hojas, ramas, raíces y flores. La concentración de nutrientes en los frutos de café en madurez de cosecha puede presentar ligeras variaciones entre localidades, en promedio, la cantidad de macronutrientes removidos por 1.000 kg de café almendra, equivalentes a 1.250 kg de café pergamino seco –100 arrobas–, representa 30,9 kg de N, 2,3 kg de P, 36,9 kg de K, 4,3 kg de Ca, 2,3 kg de Mg y 1,2 kg de S.

La extracción de los micronutrientes corresponde a 107 g de Fe, 61 g de Mn, 50 g de B, 33 g de Cu y 18 g de Zn (Sadeghian *et al.*, 2006). En la Tablas 1 y 2 se desglosan las anteriores cantidades, de acuerdo a las partes que componen los frutos de café.

La cantidad total de nutrientes acumulada en los frutos de café tiende a ser baja durante los primeros meses después de la floración, pero se incrementa posteriormente.

Durante los primeros 60 días, sólo se acumula cerca de 13% de la cantidad total de N, P y K. A partir de los 60 y hasta los 180 días, se acumula el 62%, y finalmente, el 25% restante, se acumula en los últimos dos meses previos a la cosecha (Figura 1).

En las plantaciones de café simultáneamente tienen lugar crecimientos vegetativos y reproductivos, como resultado de estímulos ambientales, particularmente períodos de lluvia y sequía (Figura 2). La presencia de nudos, hojas, estructuras de floración y frutos en un variado estado de desarrollo, conduce a que exista una permanente competencia por los nutrientes entre los diferentes órganos; de allí que un adecuado plan de nutrición deba enfocarse en satisfacer la demanda de nutrientes de la cosecha actual, como la que se necesita para garantizar la formación de órganos vegetativos que soportarán los siguientes ciclos de producción.

Una fracción considerable de los nutrientes acumulados en el fruto proviene de las reservas contenidas en las hojas más próximas a los frutos, sin descartar los aportes del suelo y de la re-movilización de los nutrientes desde otras partes de la planta (Valarini *et al.*, 2005). La caída de las hojas durante el proceso de la maduración de la cosecha, se debe principalmente a la gran movilización de los nutrientes hacia los frutos, fenómeno que reduce su concentración en el tejido foliar. Por esta razón, en muchas ocasiones, durante los años de alta producción ocurre una mayor caída de las hojas, disminuyendo así la cosecha en el siguiente ciclo (Chaves y Sarruge, 1984).

Parte del fruto	Nitrógeno		Fósforo		Potasio		Calcio		Magnesio		Azufre	
	N	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	Ca	CaO	Mg	MgO	S	SO ₄	
Café almendra	16,79	1,39	3,19	12,40	14,89	1,61	2,25	1,47	2,45	0,99	2,96	
Pulpa	11,50	0,70	1,60	22,31	26,80	1,76	2,46	0,57	0,94	0,13	0,40	
Pergamino	0,96	0,02	0,05	0,60	0,72	0,42	0,60	0,11	0,18	0,09	0,27	
Mucílago	1,70	0,15	0,34	1,61	1,93	0,47	0,65	0,11	0,18	0,00	0,00	

Tabla 1.

Cantidad de macronutrientes extraídos (kg) por las partes que componen el fruto de café, equivalentes a 1.000 kg de café almendra. Tomado de Sadeghian et al. (2006)

Parte del fruto	Fe	Mn	Zn	Cu	B
Café almendra	33,06	37,61	7,38	12,26	10,05
Pulpa	28,97	16,38	4,43	16,25	34,97
Pergamino	7,53	4,01	1,29	1,81	1,32
Mucílago	37,73	3,36	4,66	2,70	3,45

Tabla 2.

Cantidades totales de micronutrientes extraídos (g) por las partes que componen el fruto de café, equivalentes a 1.000 kg de café almendra. Tomado de Sadeghian et al. (2006).

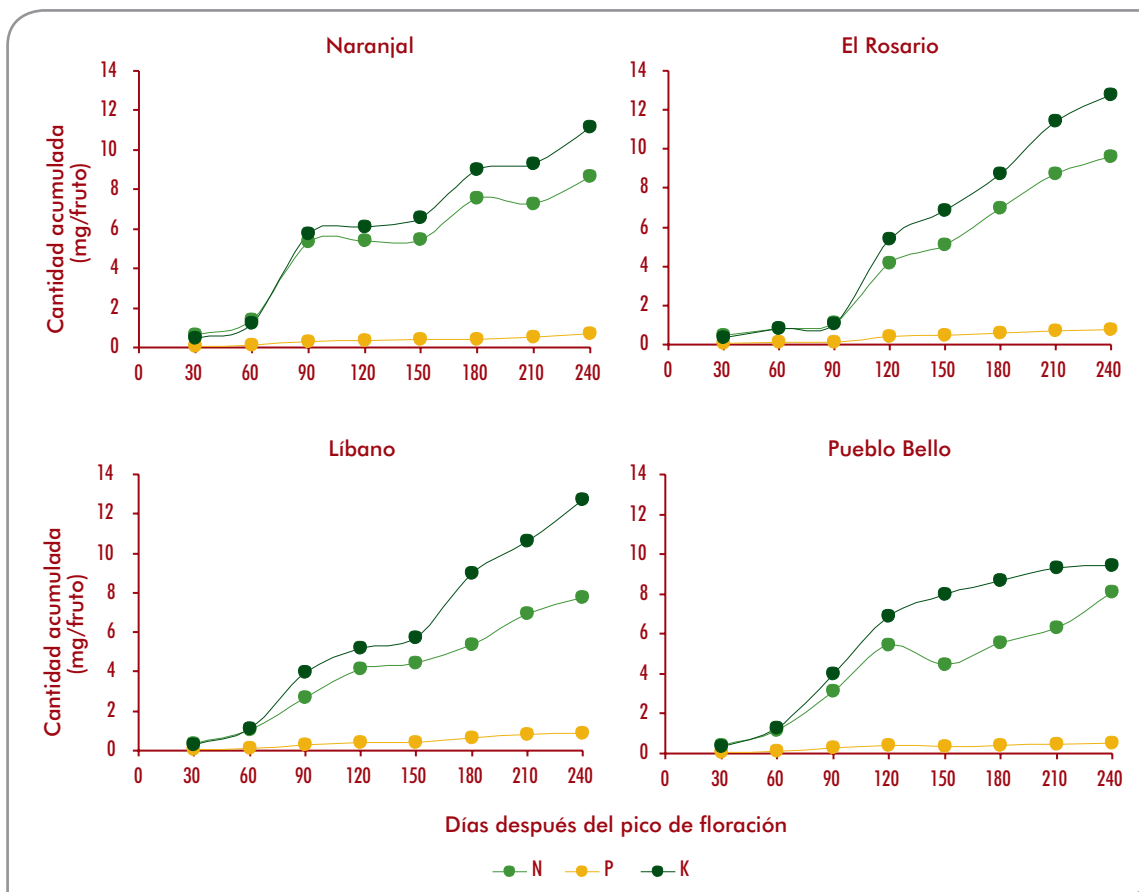


Figura 1.

Cantidad acumulada de N, P y K en los frutos de café en función de tiempo transcurrido después del día pico de la floración, en cuatro Estaciones Experimentales de Cenicafé (Naranjal en Caldas, El Rosario en Antioquia, Líbano en Tolima y Pueblo Bello en César). Tomado de Sadeghian et al. (2013).



Figura 2.

Rama de café con frutos próximos a la cosecha, flores y nuevas estructuras vegetativas (nudos).

La fertilización en cafetales

El crecimiento y el desarrollo de los cafetales y, por ende, su producción y rentabilidad, dependen en buena medida de una adecuada nutrición, la cual se logra cuando la planta dispone de cantidades suficientes y balanceadas de todos los nutrientes requeridos. Adicionalmente, los cultivos correctamente alimentados ofrecen una mejor calidad del grano y son más resistentes a plagas, enfermedades, sequías y otras condiciones adversas.

En muchas ocasiones, las reservas de nutrientes contenidas en el suelo no son suficientes para alcanzar el anterior propósito de manera sostenible; de allí, la importancia de llevar a cabo acciones que permitan incrementar y mantener la fertilidad del suelo, y así satisfacer las necesidades del cultivo. Como ejemplo, podemos considerar el efecto del suministro de nitrógeno, fósforo y potasio en la producción de café, durante tres años, para cuatro localidades (Figura 3). Es posible que la respuesta a la aplicación de los nutrientes no sea alta en la primera cosecha, pero se incrementa con el paso del tiempo, debido a los mayores requerimientos de las plantas y el agotamiento de las reservas en el suelo. En promedio, **la producción de café puede disminuir en más de 40% cuando no se realiza la labor de la fertilización**, para proporcionar los elementos requeridos (Sadeghian, 2010a).

Análisis de suelo

A medida que los caficultores ignoran la fertilidad del suelo y definen planes generales para la nutrición de sus

Consideraciones prácticas

Hoy en día, cuando los caficultores se enfrentan a un mercado mundial cada vez más competitivo, se hace prioritario revisar los factores que afectan la rentabilidad del cultivo, entre los cuales se incluye el costo de los abonos. Este ejercicio comprende, entre otros aspectos, la racionalización del uso de los fertilizantes mediante el análisis de suelos, la selección o búsqueda de fuentes fertilizantes más económicas, la puesta en marcha de estrategias económicas que permitan reducir el costo de la aplicación y mejorar el flujo de caja, el aprovechamiento de residuos orgánicos que se generan en la finca, favorecer el establecimiento de microorganismos benéficos, desyerbas oportunas, la realización de prácticas para el control de la erosión, labores tendientes a optimizar la eficiencia en el uso de los nutrientes que se aplican vía fertilización (Por ejemplo, sistemas y épocas de aplicación), y la asociación del cultivo con otras especies para incrementar los aportes de nutrientes y estimular su ciclaje (Sadeghian, 2008b).

cultivos, aumentan los riesgos económicos y ambientales, pues estarían aplicando fertilizantes y enmiendas cuya respuesta es incierta; por lo tanto, se hace necesario conocer el estado de la fertilidad del suelo, con el fin de adoptar las mejores alternativas.

Existen diferentes herramientas para evaluar la fertilidad del suelo, siendo el análisis químico el más estudiado y divulgado; mediante éste se diagnostica la disponibilidad de los nutrientes y otras propiedades del suelo que afectan el crecimiento de las plantas.

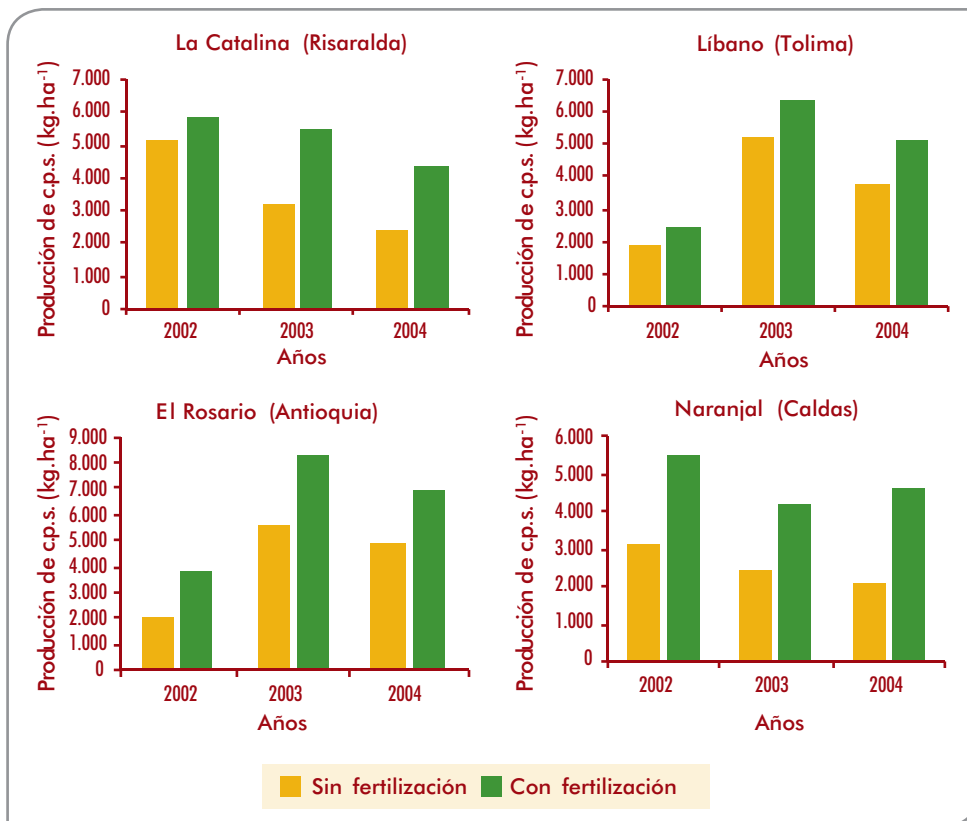


Figura 3.

Producción de café pergamino seco (c.p.s.) en respuesta al suministro de nitrógeno, fósforo y potasio, en cuatro localidades de la zona cafetera de Colombia. Tomado de Sadeghian (2010a).

En Colombia, el costo de los fertilizantes para el cultivo de café hoy día representa entre el 10% y 15% de los costos totales de la producción, y entre el 80% y 90% de los insumos requeridos. Estas cifras parecen no tener mucha importancia como valor porcentual, sin embargo, su magnitud toma otra proporción al conocer que la cantidad que ella representa equivale a más de 250.000 toneladas de abono por año, con un costo que actualmente se aproxima a los 350 mil millones de pesos (200 millones de dólares).

Toma de la muestra para el análisis de suelos

Dado que las propiedades del suelo que determinan su fertilidad presentan una alta variabilidad, aun en cortas distancias, se deben tener ciertos cuidados para que la muestra que se entrega al laboratorio represente la fertilidad del lote. Para ello, se recomienda tener en cuenta los pasos relacionados con la toma de muestras de suelo en el lote (Ver Anexo 10 Procedimiento para la toma de muestras de suelo. Tomo 3).

Consideraciones prácticas

La posibilidad de conocer la fertilidad del suelo mediante un análisis de laboratorio puede aliviar estos costos y reducir el impacto ambiental. En ocasiones, esta herramienta no conlleva a la disminución de costos, pero sugiere la realización de prácticas que son necesarias para una alta producción, según las condiciones locales.

Interpretación de los resultados

Luego de tener los resultados de laboratorio, se debe interpretar la información obtenida a la luz de las investigaciones desarrolladas sobre cada una de las propiedades. Una manera para lograr este propósito es mediante tablas que clasifican las características analizadas en categorías como bajo, medio y alto (Tabla 3). En algunas oportunidades será posible incluir los calificativos muy bajo y muy alto.

Cuando el nivel de un nutriente en el suelo es bajo o muy bajo, es recomendable que su aplicación se realice empleando dosis relativamente altas, con el fin de elevar

Propiedad del suelo	Bajo	Medio	Alto
pH	< 5,0	5,5 – 5,5	> 5,5
Materia orgánica, %	< 8,0	8,0 – 16,0	> 16
Nitrógeno, %	< 0,34	0,34 – 0,58	> 0,58
Fósforo, mg.kg ⁻¹	< 10	10,0 – 20,0	> 20,0
Potasio, cmol _c .kg ⁻¹	< 0,2	0,2 – 0,4	> 0,4
Calcio, cmol _c .kg ⁻¹	< 1,5	1,5 – 3,0	> 3,0
Magnesio, cmol _c .kg ⁻¹	< 0,6	0,6 – 0,9	> 0,9
Azufre, mg.kg ⁻¹	< 6,0	6,0 – 12,0	> 12,0
Aluminio, cmol _c .kg ⁻¹	< 1,0		> 1,0
CICE, cmol _c .kg ⁻¹	< 3,0	3,0 – 6,0	> 6,0

Tabla 3.

Clasificación de las propiedades químicas del suelo para café, en la etapa de producción. Adaptado de Sadeghian (2008a).

Los métodos empleados para los rangos establecidos corresponden a:

- pH: Potenciométrico en relación suelo:agua 1:1 (p/p)
- Materia orgánica: Walkley Black y determinación por colorimetría a 485 nm
- Nitrógeno total: Kjeldahl
- Fósforo: Extracción con Bray II y determinación por Bray – Kurtz colorimétrica a 660 nm
- Potasio, calcio y magnesio: Extracción con NH₄OAc 1N a pH=7,0 y determinación por Espectrofotómetro de absorción atómica-EAA.
- Azufre: Extracción con fosfato de calcio monohidratado 0,008 M y determinación turbidimétrica a 420 nm
- Aluminio: Extracción con KCl 1N y determinación por EAA
- CICE: Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva, determinado por la suma de cationes intercambiables (calcio, magnesio, potasio y aluminio)

la fertilidad del suelo y atender las necesidades del cultivo, de acuerdo a las condiciones predominantes. Si el contenido del elemento es medio, se sugiere aplicar la cantidad requerida para cubrir principalmente las necesidades de la plantación y aumentar parcialmente su contenido en el suelo. Dado el caso que la fertilidad fuese alta o muy alta, será necesario aplicar menores dosis para mantener los niveles del nutriente en el suelo y reponer las pérdidas causadas por erosión y lixiviación (Lavado), y así evitar el agotamiento del mismo, a través del tiempo.

En el caso del pH, el rango entre 5,0 y 5,5 se considera adecuado para el crecimiento de café, en tanto que valores más altos o más bajos son clasificados como limitantes, bien sea por problemas de acidez (pH menor a 5,0) o de alcalinidad (pH mayor a 5,5). A medida en que los contenidos de aluminio intercambiable superan 1 cmol_c.kg⁻¹, se eleva la probabilidad de ocurrir una mayor toxicidad por este elemento. En contraste, al incrementar los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre, también aumenta su disponibilidad para las plantas. Es pertinente recordar que en el suelo se pueden presentar antagonismos entre los nutrientes; siendo quizá el ejemplo más común, la competencia de potasio por magnesio, pues a medida en que se incrementa la cantidad del primero, disminuye la absorción del segundo.

Manejo de la nutrición en la etapa de crecimiento vegetativo (Levante)



Las labores que se realicen durante el establecimiento de los cafetales se verán reflejadas en el desarrollo del cultivo y, por lo tanto, en la producción de los siguientes ciclos de renovación, los cuales tendrán una duración de 20 años o más. La adecuación física y química del suelo debe comenzarse al momento de la siembra o antes, según la información disponible acerca de las propiedades del suelo. En ocasiones, será necesaria la

aplicación de enmiendas orgánicas e inorgánicas para corregir los problemas de la acidez y acondicionar el suelo (Sadeghian, 2008a).

Durante esta fase del cultivo, el nitrógeno-N es el elemento de mayor requerimiento, por lo que se sugiere incluirlo en todas las aplicaciones. Cuando éste se elimina por completo de los programas de abonamiento, la reducción en la producción de la primera cosecha puede alcanzar el 40% (Sadeghian, 2010a). El fertilizante químico de uso más común es la urea, sin descartar la posibilidad de emplear otros, como el nitrato de amonio o fuentes que además de N contengan otros nutrientes.

En los primeros meses después de la siembra la disponibilidad de fósforo-P para la planta es relativamente baja, debido a que las raíces todavía no tienen suficiente desarrollo para tomar un nutriente con muy baja movilidad como el P. Lo anterior obliga al suministro de cantidades relativamente altas de fertilizantes, tales como fosfato diamónico-DAP, fosfato monoamónico-MAP y 10-30-10.

El requerimiento de potasio-K aumenta luego de las primeras floraciones con el cuajamiento de los frutos. Cuando se emplea suficiente abono orgánico rico en potasio, para la obtención de almácigos, por ejemplo pulpa de café, mezclado con el suelo en una relación 1 a 2 ó 1 a 3, pueden cubrir las necesidades de este elemento durante un año o más. En contraste, un sustrato pobre en abono orgánico, sumado al uso de bolsas pequeñas en el almácigo, puede obligar a iniciar las fertilizaciones potásicas tempranamente, posiblemente en el primer semestre después de la siembra. El fertilizante de síntesis de mayor uso es cloruro de potasio-KCl, pero también se pueden emplear otros como el sulfato de potasio o los abonos compuestos.

Las necesidades de magnesio durante los dos primeros años no son altas. En suelos ácidos para café, es decir, aquellos que presentan un pH menor a 5,0 y aluminio mayor a 1,0, con el empleo de correctivos ricos en magnesio -por ejemplo caliza dolomítica- se cubre la demanda de magnesio al menos durante un año. Otras fuentes son el óxido de magnesio, el sulfato de magnesio o kieserita, el nitrato de magnesio y el carbonato de magnesio.

Pocas veces se detectan deficiencias de elementos menores en la zona cafetera de Colombia durante la etapa de crecimiento vegetativo, especialmente en suelos relativamente ricos en materia orgánica (Mayor a 8%). Debido a ello, por lo general, se recomienda aplicarlos de manera correctiva, empleando dosis muy bajas, siempre y cuando se tenga la certeza de que

se trata de una deficiencia como tal, pues en muchas ocasiones la presencia de patógenos, malformaciones de raíces, toxicidad por herbicidas, entre otros disturbios fisiológicos, pueden ocasionar una sintomatología similar.

Consideraciones prácticas

Se sugiere iniciar la fertilización a partir del primero o segundo mes luego de la siembra, y repetirse cada 3 ó 4 meses, dependiendo del elemento, siempre teniendo en cuenta la disponibilidad del agua en el suelo, condición que es determinada por la precipitación, las características del suelo y la cobertura vegetal. Cuando se siembran colinos que no han recibido una adecuada nutrición en la fase de almácigo, según las recomendaciones de Cenicafe para esta etapa, los planes de la nutrición pueden iniciarse antes del mes de la siembra, evitando el contacto del abono con el tallo de la planta.

Las cantidades de los abonos en esta etapa se incrementan proporcionalmente a la edad del cultivo y las recomendaciones se expresan en gramos del fertilizante por planta o por sitio, más no en kilogramos por hectárea, pues en esta fase se considera poca la competencia entre las plantas; por lo tanto, el manejo va dirigido a individuos y no a poblaciones (Sadeghian y Gaona, 2005).

Empleo de abonos orgánicos en etapa de levante

Dentro de cualquier sistema de producción, bien sea orgánico o inorgánico, tecnificado o tradicional, certificado o no, el empleo de los fertilizantes orgánicos puede traer beneficios en la producción y en las propiedades del suelo; siempre y cuando se seleccione la fuente apropiada y se apliquen las cantidades suficientes.

La principal fuente de materia orgánica en las fincas cafeteras es la pulpa de café. En el proceso de la obtención de 1.250 kg de café pergamino seco (c.p.s.), es decir, 100 arrobas, se generan cerca de 2.700 kg de pulpa fresca, los cuales llegan a aportar 10,2 kg de N, 1,4 kg de P_2O_5 , 23,8 kg de K_2O , 2,2 kg de CaO, 0,8 kg de MgO y 0,4 kg de SO_4 (Sadeghian et al., 2007).

Para plantaciones a libre exposición solar, se ha demostrado que con la aplicación de 2 kg/planta/año de lombrinaza (Figura 4) se pueden obtener producciones comparables al uso de fertilizantes de síntesis química (Arcila y Farfán, 2007).

Otros abonos orgánicos de importancia, según las actividades agropecuarias que se desarrollan en cada región y finca, son: Gallinaza, pollinaza, porquinaza, bovinaza y cenichaza, entre otros (Tabla 4). Una consideración importante en el uso de abonos orgánicos es el volumen total requerido; por ejemplo, si sólo se quiere realizar dos aplicaciones durante el año de 0,5 kg/planta en cultivos con densidades medias (5.000 plantas/ha) se debe disponer de 5,0 t.ha-año⁻¹.

Se ha demostrado que es posible obtener incrementos en la producción si se incorporan 6 kg de pulpa de café descompuesta en el hoyo de la siembra, en suelos



Figura 4.

Descomposición de la pulpa en el lombricultivo.

con bajos niveles de materia orgánica (Uribe y Salazar, 1983). Esta cantidad, la cual coincide aproximadamente con una relación de suelo:pulpa de 3:1, para un hoyo de 30 x 30 x 30 cm, puede resultar costosa cuando no se dispone del abono orgánico en la finca, especialmente en plantaciones con medianas y altas densidades, pues la cantidad requerida resulta muy elevada, así: 24, 36, 48 y 60 t para 4.000, 6.000, 8.000 y 10.000 plantas/ha, respectivamente.

Consideraciones prácticas

Algunas alternativas para racionalizar el empleo de los abonos orgánicos en el establecimiento del cafetal consisten en:

1. Dirigir la atención a los sectores más críticos, por ejemplo los "filos" y otros sitios donde ha ocurrido una mayor erosión.
2. Utilizar árboles como alternativa de sombrío, especialmente especies que aportan altas cantidades de material orgánico, ricos en lignina, como el guamo (*Inga spp.*), pueden mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo (Cardona y Sadeghian, 2005).
3. Utilizar fuentes orgánicas más económicas, al respecto, es necesario tener en cuenta que al emplear gallinaza o pollinaza se recomienda saber si contienen cales o no, con el fin de tomar las mejores decisiones.
4. Realizar prácticas de conservación tendientes a reducir la erosión.

Referencia	pH	N	P	K	Ca	Mg	Cenizas	Humedad
	(%)							
Pulpa descompuesta	5,9	2,99	0,19	2,52	1,74	0,40	19	58
Lombrinaza	6,6	2,62	0,41	2,08	1,81	0,40	43	61
Gallinaza	8,4	1,49	1,81	2,21	12,28	0,88	45	18
Pollinaza	8,7	2,07	2,20	3,03	5,80	0,91	37	39
Bovinaza	8,0	1,53	0,69	1,96	1,93	0,81	53	39
Porquinaza	SD	2,21	1,65	1,15	5,40	1,00	30	Sin dato
Bocashi	7,9	1,31	1,04	0,97	4,02	0,79	64	41

Tabla 4.

Propiedades de algunos abonos orgánicos. Tomado de Sadeghian et al. (2010b).

Plan de nutrición a partir de fertilizantes de síntesis química

Una de las mejores alternativas para definir los planes de manejo de la nutrición de café es mediante el análisis de suelo. En la Tabla 5 se resumen las recomendaciones para esta fase del cultivo, de acuerdo a lo sugerido por Sadeghian (2008a).

Dadas las altas exigencias de nitrógeno, se recomienda incluirlo en todas las aplicaciones. La principal fuente de éste en el suelo es la materia orgánica (MO); de allí que existe una alta relación entre esta propiedad y la producción de café (Sadeghian, 2010a). Con base en lo anterior se sugiere ajustar las dosis de N según el contenido de la MO (Tabla 5). Para esta etapa sólo se establecen dos categorías de fertilidad: i) Suelos con contenidos bajos a medios ($MO \leq 8\%$), y ii) Suelos con contenidos medios a altos ($MO > 8\%$).

Cuando los contenidos de fósforo en el suelo se encuentren por debajo de su nivel crítico (30 mg.kg^{-1}), se recomienda aplicarlo a los 2, 10 y 18 meses después del transplante en el campo (Tabla 5). Para contenidos de fósforo por encima de 30 mg.kg^{-1} no se espera respuesta a la aplicación de fertilizantes fosfóricos. La razón por la que no se fracciona más el fósforo, tiene su origen en la alta residualidad cuando se aplica localizadamente.

Si los contenidos de potasio en el suelo se encuentran por debajo de $0,20 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$, se debe incluir en los

planes de fertilización a los 10 y 18 meses (Tabla 5). Para niveles entre $0,20$ y $0,40 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$, el plan de manejo se podrá iniciar a los 18 meses, siempre y cuando no aparezcan síntomas de deficiencia.

Para situaciones en las que el nivel de magnesio en el suelo sea bajo, pero no exista la necesidad de corregir la acidez del suelo mediante caliza dolomítica, se deberá recurrir al uso de fertilizantes que lo contengan. Se podrán aplicar dosis equivalentes a 2 y 3 g/planta de magnesio (MgO), a los 10 y 18 meses después de la siembra, respectivamente, si el nivel del elemento en el suelo es inferior a $0,9 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$.



Si no se cuenta con los resultados del análisis de suelo, y por lo tanto, no es posible saber qué tan disponibles se encuentran los nutrientes, los planes de fertilización deben incluir las dosis más altas de cada elemento, con el fin de garantizar los requerimientos que demanda el cultivo (Sadeghian y González, 2012). Este procedimiento conlleva a incrementar los riesgos económicos y ambientales.

Resultado de análisis de suelo	Meses después de la siembra				
	2	6	10	14	18
Materia orgánica-MO (%)	Nitrógeno - N (g/planta)				
MO ≤ 8	7	9	12	14	16
MO > 8	5	7	9	12	14
Fósforo-P (mg.kg^{-1})	Fósforo - P_2O_5 (g/planta)				
P ≤ 30	4		5		6
Potasio-K ($\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$)	Potasio - K_2O (g/planta)				
K ≤ 0,2	0	0	5	0	10
$0,2 < K \leq 0,4$	0	0	0	0	10
Magnesio-Mg ($\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$)	Magnesio - MgO (g/planta)				
Mg ≤ 0,3	0	0	2	0	3
$0,3 < \text{Mg} \leq 0,9$	0	0	0	0	3

Tabla 5.

Dosis recomendadas de nutrientes para cafetales en la etapa de crecimiento vegetativo, de acuerdo a los resultados de análisis de suelo.

Adaptado de Sadeghian (2008). Notas: Para contenidos de P, K y Mg mayores a 30 mg.kg^{-1} , $0,40 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ y $0,9 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$, respectivamente, se sugiere no suministrar el nutriente. %=porcentaje, $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ =centimol carga por kilogramo (es equivalente a meq/100 g), mg.kg^{-1} =miligramo por kilogramo (equivalente a partes por millón)

Recomendaciones sin análisis de suelos	Plan general de fertilización
<p>Opción 1: Urea: DAP:KCl y óxido de Mg, puede seguir el siguiente plan general:</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1 a 2 meses después de la siembra: 20 g/planta de una mezcla urea:DAP en proporción 3:2 ▪ 6 meses después de la siembra: 20 g/planta de urea ▪ 10 meses después de la siembra: 40 g/planta de una mezcla urea:DAP:KCl en proporción 3:1,5:1. Aplicar separadamente 2 g/planta de óxido de magnesio ▪ 14 meses después de la siembra: 30 g/planta de urea ▪ 18 meses después de la siembra: 60 g/planta de la mezcla urea:DAP:KCl en proporción 3:1:1,5. Aplicar separadamente 3 g/planta de óxido de magnesio
<p>Opción 2: Utilizar otra fuente de magnesio, que permita una mezcla con los demás abonos, se podrá hacer uso de kieserita (Sulfato de magnesio) y nitrato de magnesio. En el caso del primero las proporciones de mezcla y las dosis son las siguientes:</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 10 meses después de la siembra: 50g/planta g de una mezcla urea:DAP:KCl:Kieserita en proporción 3:1,5:1:1, que también equivale a la siguiente relación de valores enteros: 6:3:2:2 ▪ 18 meses después de la siembra: 70 g/planta de una mezcla urea:DAP:KCl:Kieserita en proporción 2,5:1:1,5:1, equivalente a la relación 5:2:3:2, expresada en valores enteros
<p>Opción 3: Si se quiere utilizar Nitromag (Nitrato de magnesio) como fuente de magnesio y nitrógeno, las proporciones de mezcla y las dosis son:</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 10 meses después de la siembra: 55 g/planta de una mezcla urea:DAP:KCl:Nitromag en proporción 1:1,5:1:3, relación que en valores enteros es igual a 2:3:2:6 ▪ 18 meses después de la siembra: 80 g/planta de una mezcla urea:DAP:KCl:Nitromag en proporción 1:1:1,5:3,5, relación que en términos de valores enteros equivale a: 2:2:3:7

En cuanto a la forma de aplicación, en las primeras dos o tres oportunidades, los fertilizantes se ubican en áreas cercanas al tallo, donde se encuentra la biomasa radical, sin que entren en contacto con éste y siempre teniendo en cuenta la disponibilidad de humedad en el suelo, condición regulada por la precipitación. Cuando las plantas hayan adquirido cierto desarrollo (En el segundo año, cuando el tallo es más leñoso), será posible aplicar los fertilizantes al voleo en el plato del árbol.

Nutrición de los cafetales renovados por zoca

Para los cafetales renovados por zoca se sugiere iniciar la fertilización luego de 3 meses de haber realizado el corte y después de la selección de chupones. En algunos sitios del país se puede llevar a cabo esta labor después de los 6 meses, sin que se afecte la producción de la primera cosecha (Salazar y Sadeghian, 2010).

En el primer año, es decir, la etapa correspondiente al crecimiento vegetativo, las plantas presentan un crecimiento mayor que las nuevas siembras; debido a

ello, sus requerimientos nutricionales son más altos. De acuerdo con Valencia (1999), los criterios para la fertilización durante este período son semejantes a los de los cafetales renovados por siembra en el segundo año de establecimiento, meses 14 y 18, de la Tabla 5. A partir del segundo año, los criterios para la fertilización son similares a los cafetales en la etapa de producción.

Manejo de la nutrición en la etapa de producción

Durante esta etapa, el nitrógeno se considera el nutriente más limitante de la producción, pues cuando se excluye de los planes de fertilización, el rendimiento se puede reducir hasta en 80% (Sadeghian, 2011). La materia orgánica del suelo al mineralizarse (Descomponerse) proporciona cantidades considerables de este elemento; sin embargo, por lo general, no alcanza a cubrir por completo la demanda del cultivo, razón por la cual es necesario proporcionarlo frecuentemente durante el año.



- *Con base en la frecuencia y la magnitud de la respuesta al suministro de los nutrientes, el potasio ocupa el segundo lugar después del nitrógeno (Sadeghian, 2009). En suelos muy deficientes (Menor a $0,2 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$) se pueden presentar reducciones de la producción cercanas al 30%.*
- *La respuesta al suministro de fósforo ha sido ocasional y de baja magnitud (Uribe, 1983); sólo se ha encontrado una reducción significativa en el rendimiento, cuando los niveles de éste en el suelo son bajos (Menor a $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) (Sadeghian, 2009).*
- *Es común observar deficiencias de magnesio en las hojas de las ramas productivas a medida que avanza el desarrollo de los frutos, pese a ello las cantidades requeridas de este elemento no son muy altas (Sadeghian et al., 2006).*
- *Rara vez se detectan síntomas de la deficiencia de azufre en las diferentes regiones cafeteras del país, y en cuanto a la respuesta a la fertilización se refiere, las cantidades requeridas se asemejan a las del fósforo y magnesio (Sadeghian y González, 2012).*

Dada la poca ocurrencia de hallar deficiencias de elementos menores en la mayoría de las regiones cafeteras del país, actualmente no se sugiere incluirlos en los planes de fertilización. Cuando la sintomatología de su carencia se presenta sólo de manera eventual, basta con aplicaciones puntuales, en tanto que para sitios donde las manifestaciones son permanentes, pueden incluirse de manera regular. Algunas formulaciones comerciales contienen entre 0,1% y 0,2% de boro y cinc, a través de los cuales se llegan a proporcionar cerca de $2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de cada uno de estos elementos. De acuerdo a las experiencias obtenidas en otros países productores del grano estas cantidades serían suficientes.

Planes de nutrición

Los planes de la nutrición de los cafetales pueden definirse según la información disponible. La mejor alternativa la constituyen los planes específicos de manejo, determinados con base en el análisis de suelos, y ajustados según las características de la plantación, la cantidad y distribución de la lluvia y el precio de los fertilizantes, entre otros. En algunas oportunidades los registros históricos de suelo a escala regional, pueden servir de ayuda para establecer opciones de manejo para zonas homogéneas. En contraste, cuando no se disponen de indicadores que permitan conocer la disponibilidad de los nutrientes en el suelo, se debe recurrir a planes generales de manejo. Como es de esperarse, a medida en que se utiliza una mayor información para la toma

de decisiones, se reduce el riesgo de cometer una equivocación en las recomendaciones.

Ajuste por densidad de siembra y sombrío

La producción de los cafetales depende de la densidad de plantas y el nivel de sombra, de allí la importancia de tener en cuenta estos factores con el fin de ajustar los planes de la nutrición. Para cafetales con altas densidades de siembra (Mayor de 7.500 plantas o ejes por hectárea) y un nivel de sombra muy bajo (Menor de 35%), se sugiere suministrar las máximas dosis de los nutrientes, las cuales se toman como **criterio base**. En plantaciones con densidades entre 5.000 y 7.500 plantas/ha se podrá aplicar el 85% o el 95% del criterio base, según el nivel de sombra (Factor de ajuste 0,85 ó 0,95 respectivamente); de igual manera, cuando el número de plantas por hectárea es menor a 5.000, los ajustes incluyen desde dejar de aplicar el elemento en cafetales altamente sombreados, hasta el 85% del criterio base para cultivos con sombrío muy bajo (Menor de 35%). Cuando el nivel de sombra es muy alto (Mayor a 55%), la producción tiende a ser muy baja y no se presenta respuesta a la fertilización.

En la Tabla 6 se presentan los factores por los cuales se deben multiplicar los requerimientos nutricionales para lograr los ajustes por nivel de sombra y densidad.

Nivel de sombra	Densidad (Plantas o ejes/ha)		
	Mayor de 7.500	Entre 5.000 y 7.500	Menor de 5.000
Inferior a 35% (Muy bajo)	1,00*	0,95	0,85
Entre 35% y 45% (Bajo)		0,85	0,75
Entre 45% y 55% (Medio)			0,50
Mayor de 55% (Alto)			0

Tabla 6.

Factores para ajustar los requerimientos nutricionales de acuerdo al nivel de sombra y la densidad. *Criterio base. Tomado de Sadeghian (2008a).

Recomendaciones para la fertilización con base en el análisis de suelo

- Los **análisis de suelo deben conducir principalmente a la aplicación de fuentes simples en cantidades ajustadas**; procedimiento que contribuye a la racionalización de estos insumos, y por lo tanto, a la reducción de los costos de producción.
- De acuerdo a los resultados de dichos análisis, y teniendo en cuenta los ajustes sugeridos para nivel de sombra y densidad de plantas, se recomienda aplicar entre 120 y 300 kg.ha-año⁻¹ de nitrógeno, de 0 a 300 kg.ha-año⁻¹ de potasio, entre 0 y 60 kg.ha-año⁻¹ de magnesio y de fósforo, y hasta 50 kg.ha-año⁻¹ de azufre (Tabla 7).
- Una vez seleccionados los fertilizantes para cubrir la demanda de los nutrientes, definida por el análisis de suelos, será necesario establecer con anterioridad cómo repartirlos durante el año. Para ello, se deben tener en cuenta aspectos como la cantidad y distribución de la lluvia, la disponibilidad y el costo de la mano de obra para realizar la aplicación, las épocas fenológicas del cultivo, la cantidad y el tipo del fertilizante, entre otros.
- Dado que las raíces de las plantas toman los nutrientes únicamente desde la solución del suelo (Fase líquida), la cantidad de lluvia debe ser lo suficientemente abundante para disolver los fertilizantes y mantener en esta fase, la cantidad necesaria de los elementos requeridos. Ante condiciones predominantemente secas –regiones con baja lluvia o años “El Niño”–, es preferible distribuir los abonos en dos oportunidades –aproximadamente cada 6 meses–, para las cuales existe una mayor probabilidad de llover. En los sitios donde normalmente ocurre una alta precipitación o ante condiciones de años “La Niña” en lugares relativamente lluviosos, se puede pensar en tres aplicaciones –más o menos cada 4 meses– con el fin de reducir los riesgos de la pérdida de nutrientes por lixiviación (Lavado o precolación). En las regiones que se caracterizan por una distribución bimodal de las lluvias, las aplicaciones se pueden llevar a acabo al iniciar los períodos de mayor humedad, mientras que en aquellas zonas, caracterizadas por ser unimodales, la primera labor debe realizarse con la entrada de las aguas y la segunda, uno o dos meses antes que finalice.
- Cuando la cantidad del fertilizante es relativamente poca, como ocurre normalmente con el óxido de magnesio o el DAP, se recomienda que la totalidad del abono se suministre en una sola dosis al año. En el caso de nitrógeno, y en la mayoría de las veces el potasio, se puede pensar en dos o tres fraccionamientos al año. Con respecto a los microminerales, por ejemplo el boro, a pesar de ser bajas las cantidades a suministrar, son preferibles dos aplicaciones, dadas las implicaciones de generar toxicidad.
- En cuanto a la fenología de la planta, se ha demostrado que **la mayor acumulación de nutrientes en el fruto ocurre entre los 2 y los 6 meses después de la floración; por lo tanto, resulta más beneficiosa para la producción el abonamiento que se realiza inmediatamente antes de esta fecha con respecto a la que se lleva a cabo 2 meses previos a la cosecha**. En este punto se debe recordar que un adecuado plan de nutrición en café debe satisfacer tanto la demanda del cultivo para la producción del grano como atender los requerimientos que tiene el crecimiento vegetativo (Ramas, nudos y hojas).
- La forma más aconsejable de aplicar los fertilizantes es esparciéndolos “al voleo” en el “plato” del árbol, sin quitar la hojarasca** (Ver Anexo 11 Proceso fertilización de cafetales Tomo 3). Mediante esta práctica se logran los mismos resultados en producción que otras formas de aplicación, con beneficios económicos en lo concerniente a la mano de obra. El plato del árbol debe estar libre de arvenses.

Alternativas generales de fertilización para la etapa de producción

Cuando los caficultores no disponen de análisis de suelos, se hace necesario implementar alternativas o planes generales, de acuerdo a la información existente, principalmente la densidad de plantas por hectárea y el nivel de sombra. En estos planes deben incluirse todos los nutrientes que normalmente se recomiendan a través del análisis de suelo en las cantidades más

Resultado de análisis de suelo	Sombrío menor de 35% (Muy bajo)			Sombrío entre 35% y 45% (Bajo)		Sombrío entre 45% y 55% (Medio)
	Densidad (Plantas o ejes/hectárea)					
	Mayor a 7.500	Entre 5.000 y 7.500	Menor a 5.000	Entre 5.000 y 7.500	Menor a 5.000	Menor a 5.000
Materia orgánica-MO (%)	Dosis de nitrógeno-N (kg.ha-año ⁻¹)					
MO ≤ 8	300	285	255	255	225	150
8 > MO ≤ 12	280	266	238	238	210	140
12 > MO ≤ 16	260	247	221	221	195	130
16 > MO ≤ 20	240	228	204	204	180	120
20 > MO	260	247	221	221	195	130
Fósforo-P (mg.kg ⁻¹)	Dosis de fósforo-P ₂ O ₅ (kg.ha-año ⁻¹)					
P ≤ 10	60	57	51	51	45	30
10 > P ≤ 20	40	38	34	34	30	20
20 > P ≤ 30	21	20	18	18	16	10
Potasio-K (cmol _c .kg ⁻¹)	Dosis de potasio-K ₂ O (kg.ha-año ⁻¹)					
K ≤ 0,2	300	285	255	255	225	150
0,2 > K ≤ 0,4	260	147	221	221	195	130
0,4 > K ≤ 0,6	180	171	153	153	135	90
0,6 > K ≤ 0,8	140	133	119	119	105	70
0,8 > K	100	95	85	85	75	0
Magnesio-Mg (cmol _c .kg ⁻¹)	- Dosis de magnesio-MgO (kg.ha-año ⁻¹)					
Mg ≤ 0,3	60	57	51	51	45	30
0,3 > Mg ≤ 0,6	40	38	34	34	30	20
0,6 > Mg ≤ 0,9	15	14	13	13	11	8
Azufre-S (mg.kg ⁻¹)	Dosis de azufre-S (kg.ha-año ⁻¹)					
S ≤ 6	50	48	43	43	38	25
6 > S ≤ 12	25	24	22	22	19	13

Tabla 7.

Dosis recomendadas de macronutrientes para cafetales en la etapa de producción, de acuerdo a los resultados de análisis de suelo, nivel de sombra y densidad. Adaptado de Sadeghian (2008). Nota: Para contenidos de P, Mg y S mayores a 30 mg.kg⁻¹, 0,9 cmol_c.kg⁻¹ y 12 mg.kg⁻¹, respectivamente, se sugiere no suministrar el nutriente.

altas, pues se desconoce su disponibilidad; por ejemplo, para plantaciones con más de 7.500 plantas o ejes/ha, a libre exposición solar, se sugiere el suministro de 300 kg.ha-año⁻¹ de N, 260 kg.ha-año⁻¹ de K₂O y 50 kg.ha-año⁻¹ de P₂O₅, de MgO y de S (Sadeghian et al., 2012). En la Tabla 8 se detallan las cantidades sugeridas, según la información existente.

Las cantidades sugeridas en la Tabla 8 pueden suministrarse a través de fertilizantes en mezcla física, obtenidas en la propia finca, por ejemplo, para un cafetal con alta densidad de plantas y poca sombra se sugieren 610 kg.ha-año⁻¹ de urea, 110 kg.ha-año⁻¹ de DAP, 430 kg.ha-año⁻¹ de KCl y 200 kg.ha-año⁻¹ de Kieserita, equivalente a una proporción de mezcla aproximada de

6:1:4:2, respectivamente. Cuando las densidades son menores, y mayores los niveles de sombra, se reducen los requerimientos nutricionales, pero se conservan las relaciones entre los fertilizantes.

- Otra opción radica en realizar el fraccionamiento de acuerdo a la cantidad del abono y la época fenológica; por ejemplo, distribuir los 600 kg.ha.año⁻¹ de la urea en tres aplicaciones, realizar una sola aplicación de DAP y fraccionar el KCl y la Kieserita en dos oportunidades, así:
- Primera aplicación: 200 kg/ha de urea, 110 kg.ha⁻¹ de DAP, 215 kg.ha⁻¹ de KCl y 100kg.ha⁻¹ de Kieserita. Estas cantidades equivalen a una mezcla de urea:DAP:KCl:Kieserita en proporción 2:1:2:1.

- Segunda aplicación: 200 kg.ha⁻¹ de urea, 215 kg.ha⁻¹ de KCl y 100 kg.ha⁻¹ de Kieserita, equivalentes a una mezcla en proporción 2:2:1 para urea:KCl:Kieserita.
- Tercera aplicación: 200 kg.ha⁻¹ de urea.

Las cantidades en referencia también pueden suministrarse mediante fertilizantes compuestos, bien sean complejos granulados o mezclas físicas. Para definir la cantidad de éstos, se debe considerar la concentración de uno de los elementos que lo conforman. Por lo general, el nitrógeno es el elemento que más limita la producción de café en Colombia, y el único que nunca debe excluirse de los planes de fertilización, por lo tanto, resulta razonable tenerlo en cuenta como punto de referencia para calcular la cantidad del fertilizante. En la Tabla 9

Nivel de sombra (%)	Densidad de plantas o ejes por hectárea		
	Mayor de 7.500	Entre 5.000 y 7.500	Menor de 5.000
Dosis de nitrógeno-N (kg.ha.año ⁻¹)			
Menor de 35	300	285	255
Entre 35 y 45		255	225
Entre 45 y 55			150
Dosis de potasio-K ₂ O (kg.ha.año ⁻¹)			
Menor de 35	260	250	220
Entre 35 y 45		220	195
Entre 45 y 55			130
Dosis de fósforo-P ₂ O ₅ , de magnesio-MgO y de azufre-S (kg.ha.año ⁻¹)			
Entre 35 y 45	50	48	43
Entre 45 y 55		43	38
Entre 45 y 55			25

Tabla 8.

Dosis de nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y azufre, según densidad de siembra y sombrío del cafetal. Tomado de Sadeghian y González (2012).

Grado del fertilizante	Cantidad de fertilizante (kg.ha.año ⁻¹)	Cantidad de nutriente aportado por el fertilizante						
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S	B	Zn
17-6-18-2	1.765	300	106	318	35	35	4	2
19-4-19-3	1.579	300	63	300	47	47	2	2
21-3-17-6	1.429	300	43	243	86	100	0	0
24-3-20-3	1.250	300	38	250	38	50	0	0
25-4-24	1.200	300	48	288	0	0	0	0
25-3-19-3	1.200	300	36	228	36	48	0	0

Tabla 9.

Nutrientes aportados por algunos fertilizantes de uso común para café. Tomado de Sadeghian y González (2012).

se consignan las cantidades de nutrientes aportados por algunos fertilizantes de uso común, calculados a partir de los requerimientos de nitrógeno para plantaciones con altas densidades y niveles bajos de sombrío.

En las Tablas 10, 11, 12, 13 y 14 se relacionan para los fertilizantes antes mencionados, las cantidades requeridas, de acuerdo a densidad, nivel de sombra y número de aplicaciones.

Es habitual que los caficultores expresen la cantidad de abono en gramos por árbol, sin tener en cuenta el grado del fertilizante, la frecuencia de aplicación, la densidad de siembra ni el nivel de sombra. Por ejemplo, el aporte de nutrientes derivado de 100 g del fertilizante 25-4-24 es diferente al que se haría a través de la misma cantidad de 17-6-18-2. Del mismo modo, no sería igual aplicar esta cantidad una, dos o tres veces al año, en cafetales con 5.000 ó 10.000 plantas/ha.

Abonos orgánicos para la etapa de producción. La fertilización con abonos químicos puede sustituirse parcial o totalmente por la fertilización orgánica, sin que se afecte la producción, siempre y cuando se suministren las cantidades adecuadas. En este tema revisten importancia las altas dosis requeridas, la disponibilidad del abono, y por lo tanto, los mayores costos en los que se incurre, tanto del producto como los relacionados con su aplicación.

Consideraciones prácticas

El aseguramiento de una buena nutrición de los cafetales depende además de la pertinencia y la oportunidad de la labor, del cálculo de las dosis ajustadas a la concentración de los nutrientes del fertilizante seleccionado, de la densidad de siembra y del porcentaje de sombrío del cultivo.

El fertilizante orgánico de mayor disponibilidad en las fincas cafeteras es la pulpa descompuesta, que se recomienda aplicar en dosis entre 6 y 12 kg/árbol/año (Uribe y Salazar, 1983). Cuando se utiliza lombrinaza de pulpa de café la dosis es más baja, Arcila y Farfán (2007) sugieren 2 ó 3 kg/árbol/año para plantaciones con 10.000 árboles/ha, es decir, entre 20 y 30 t.ha⁻¹. Estas cantidades, al igual que los fertilizantes de síntesis química, se podrán ajustar de acuerdo con la densidad de plantas y el nivel de sombra.

Cuando los niveles de MO en el suelo son muy bajos (Inferiores al 6%) se recomienda aplicar pulpa de café descompuesta u otros abonos orgánicos para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Densidad (Plantas o ejes/ha)	Dos aplicaciones por año			Tres aplicaciones por año		
	Nivel de sombra (%)					
	Menor de 35	Entre 35 y 45	Entre 45 y 55	Menor de 35	Entre 35 y 45	Entre 45 y 55
4.000	188	165	110	125	110	74
4.500	167	147	98	111	98	65
5.000	168	150		112	100	
5.500	152	136		102	91	
6.000	140	125		93	83	
6.500	129	115		86	77	
7.000	120	107		80	71	
7.500	112	100		75	67	
8.000	110			74		
8.500	104			69		
9.000	98			65		
9.500	93			62		
10.000	88			59		

Tabla 10.

Dosis, en gramos por planta o eje, para el fertilizante 17-6-18-2, según densidad de plantas o ejes, nivel de sombra y número de aplicaciones.

Densidad (Plantas o ejes/ha)	Dos aplicaciones por año			Tres aplicaciones por año		
	Nivel de sombra (%)					
	Menor de 35	Entre 35 y 45	Entre 45 y 55	Menor de 35	Entre 35 y 45	Entre 45 y 55
4.000	168	148	99	112	99	66
4.500	149	132	88	99	88	58
5.000	150	134		100	89	
5.500	136	122		91	81	
6.000	125	112		83	75	
6.500	115	103		77	69	
7.000	107	96		71	64	
7.500	100	89		67	60	
8.000	99			66		
8.500	93			62		
9.000	88			58		
9.500	83			55		
10.000	79			53		

Tabla 11.

Dosis, en gramos por planta o eje, para el fertilizante 19-4-19-3, según densidad de plantas o ejes, nivel de sombra y número de aplicaciones.

Densidad (Plantas o ejes/ha)	Dos aplicaciones por año			Tres aplicaciones por año		
	Nivel de sombra (%)					
	Menor de 35	Entre 35 y 45	Entre 45 y 55	Menor de 35	Entre 35 y 45	Entre 45 y 55
4.000	152	134	89	101	89	60
4.500	135	119	79	90	79	53
5.000	136	121		91	81	
5.500	123	110		82	74	
6.000	113	101		75	67	
6.500	104	93		70	62	
7.000	97	87		65	58	
7.500	91	81		60	54	
8.000	89			60		
8.500	84			56		
9.000	79			53		
9.500	75			50		
10.000	71			48		

Tabla 12.

Dosis, en gramos por planta o eje, para el fertilizante 21-3-17-6, según densidad de plantas o ejes, nivel de sombra y número de aplicaciones.

Fertilización foliar. Para las condiciones de Colombia se ha corroborado que las aplicaciones foliares de N, P, K, Mg, B y Fe, conllevan a la absorción de estos nutrientes (Cardona, 1972); pese a ello, todavía no se ha demostrado un efecto benéfico de la aplicación de fertilizantes foliares

que contengan estos elementos, como complemento de la fertilización edáfica o en reemplazo de ésta, sobre la producción de café en Colombia (Mejía, 2006). Por lo anterior, esta práctica no está incluida dentro de las recomendaciones que generan beneficios económicos.

Densidad (Plantas o ejes/ha)	Dos aplicaciones por año			Tres aplicaciones por año		
	Nivel de sombra (%)					
	Menor de 35	Entre 35 y 45	Entre 45 y 55	Menor de 35	Entre 35 y 45	Entre 45 y 55
4.000	133	117	78	89	78	52
4.500	118	104	69	79	69	46
5.000	119	106		79	71	
5.500	108	97		72	64	
6.000	99	89		66	59	
6.500	91	82		61	54	
7.000	85	76		57	51	
7.500	79	71		53	47	
8.000	78			52		
8.500	74			49		
9.000	69			46		
9.500	66			44		
10.000	63			42		

Tabla 13.

Dosis, en gramos por planta o eje, para el fertilizante 24-3-20-3, según densidad de plantas o ejes, nivel de sombra y número de aplicaciones.

Densidad (Plantas o ejes/ha)	Dos aplicaciones por año			Tres aplicaciones por año		
	Nivel de sombra (%)					
	Menor de 35	Entre 35 y 45	Entre 45 y 55	Menor de 35	Entre 35 y 45	Entre 45 y 55
4.000	128	113	75	85	75	50
4.500	113	100	67	76	67	44
5.000	114	102		76	68	
5.500	104	93		69	62	
6.000	95	85		63	57	
6.500	88	78		58	52	
7.000	81	73		54	49	
7.500	76	68		51	45	
8.000	75			50		
8.500	71			47		
9.000	67			44		
9.500	63			42		
10.000	60			40		

Tabla 14.

Dosis, en gramos por planta o eje, para los fertilizantes 25-4-24 y 25-3-19-3, según densidad de plantas o ejes, nivel de sombra y número de aplicaciones.

Fertilizantes

En el ámbito general, se entiende por fertilizante cualquier material, bien sea orgánico o inorgánico, de origen natural o sintético, que una vez aplicado al suelo suministre a las plantas uno o más de los nutrientes esenciales para su crecimiento (Brady y Weil, 1999).

Los fertilizantes difieren en su composición y aprovechabilidad; este último término hace referencia a la capacidad del fertilizante en suministrar el o los nutrientes a través de tiempo, y está relacionada con la solubilidad y la efectividad de la fuente empleada (Guerrero, 2004). Algunos fertilizantes como la urea son muy solubles en agua, por esta razón su aprovechabilidad por las plantas ocurre en un tiempo relativamente corto, pero con un mayor riesgo de perderse; en cambio otros, como el óxido de magnesio, son de menor solubilidad, por lo tanto, su aprovechabilidad se da a mediano plazo, pero sufren menos pérdidas.

Con relación al contenido nutricional de los fertilizantes, actualmente el nitrógeno se expresa en forma elemental (N), el fósforo como pentóxido (P_2O_5) y el potasio como óxido (K_2O); los macronutrientes secundarios, es decir calcio, magnesio y azufre, son expresados tanto en forma elemental (Ca, Mg y S) como óxidos (CaO , MgO y SO_4); mientras que los microelementos normalmente se expresan en su forma elemental (Guerrero, 2002; United Nations Industrial Development Organization, 1998). Al respecto, el grado de un fertilizante hace alusión al contenido nutricional (Expresado en porcentaje), de N, P_2O_5 y K_2O , respectivamente. Por ejemplo, el fertilizante 25-4-24 contiene 25% de N, 4% de P_2O_5 y 24% de K_2O . En este orden de ideas, el grado de la urea es 46-0-0, el de Cloruro de potasio-KCl es 0-60-0, y el de Fosfato diamónico-DAP es 18-46-0. A veces un fertilizante puede contener 4, 5 ó más nutrientes, por ejemplo, el 17-6-18-2 (2% de MgO) y 19-4-19-3-1,8 (3% de MgO y 1,8% de S).

Cuando un fertilizante contiene solo uno de los elementos primarios esenciales, se denomina **fertilizante simple**, como por ejemplo, la urea, el KCl y el óxido de magnesio. Si el fertilizante contiene más de uno de los nutrientes esenciales primarios, tales como 15-15-15, 17-6-18-2, 25-4-24 y DAP, se considera un **fertilizante compuesto**. En este último caso, se distinguen dos tipos:

Fertilizantes complejos. Resultan de reacciones químicas de ingredientes o materias primas (Guerrero, 2002; United Nations Industrial Development Organization, 1998). Su mayor ventaja radica en que cada partícula presenta la misma composición química, por lo tanto, existe la garantía que todas las plantas reciban una misma proporción de nutrientes.

Fertilizantes de mezcla física. Se obtienen por la mezcla mecánica de dos o más fertilizantes. La mayor ventaja que los caracteriza es su menor costo relativo; sin embargo, se deben tener en cuenta algunas consideraciones en su preparación y uso. Los materiales a emplear deben ser similares en su granulometría (Tamaño de partículas) y densidad aparente (Peso por unidad de volumen), de lo contrario, las partículas tienden a separarse durante su manejo, transporte y almacenamiento, problema que se conoce como **segregación** (Guerrero, 2004).

La granulometría de la urea, DAP y KCl es relativamente similar, por lo tanto, por su tamaño no presentan mayores problemas para mezclarse; caso contrario ocurre con el óxido de magnesio, cuyas partículas son más finas y pesadas, por lo que tienden a migrar hacia abajo, razón por la cual no se sugiere mezclar este abono con los anteriores. Adicionalmente, los fertilizantes solubles en su mayoría son sales, y se humedecen al entrar en contacto con el aire atmosférico, especialmente si éste tiene altos niveles de humedad; debido a ello, es necesario que las mezclas físicas obtenidas en la finca se apliquen luego de su preparación.

Pese a las ventajas comparativas que se derivan de la mezcla física de los fertilizantes, muchos caficultores prefieren aquellos de tipo complejo, bien sea porque no requieren mano de obra adicional para su mezcla, o debido a que creen obtener así rendimientos más altos.

En un experimento realizado en tres localidades representativas de la zona cafetera se demostró que la producción de café pergamino seco, obtenida al aplicar los fertilizantes en mezcla física, es igual a la registrada con el complejo granulado (Tabla 15). Lo anterior deja en entredicho la creencia que con la utilización de los fertilizantes complejos se obtienen producciones superiores a las de las mezclas físicas.

En la Tabla 16 se incluye el grado de los fertilizantes de uso común en Colombia.

Encalamiento en cafetales

Uno de los factores limitantes de la producción en muchas regiones cafeteras de Colombia es la acidez del suelo. De acuerdo a los registros históricos de los análisis de laboratorio, realizados durante los últimos 20 años (Tabla 17), un alto porcentaje de las muestras evaluadas presenta problemas potenciales, principalmente valores de pH menores a 5,0 y aluminio intercambiable $-Al^{3+}$ mayor a $1 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$.

Sitio	Promedio de producción de cuatro cosechas (kg/parcela de c.p.s.)	
	Mezcla física*	Complejo granulado
Estación Central Naranjal	60	59
Estación La Catalina	99	94
Estación Santander	60	54

Tabla 15.

Promedios de valores de producción, obtenidos con la aplicación de fertilizantes complejos y en mezcla física en tres localidades. Tomado de Sadeghian *et al.* (2007). * Obtenida a partir de urea, DAP y KCl. El magnesio, suministrado como óxido, se aplicó de manera separada.

Fertilizante	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S	B	Zn
Urea	46							
Nitrón	26							
Sulfato de amonio	21					24		
Nitrabor	15			26			0,3	
Nitromag	21				7			
Nitrasam	28	4				6		
DAP	18	46						
MAP	11	53						
10-30-10	10	30	10					
10-40-10	10	40	10					
Cloruro de potasio			60					
Sulfato de potasio			50			17		
Nitrato de potasio	13		44					
K-mag			22		18	22		
Carbonato de magnesio			0		40			
Óxido de magnesio			0		88			
Kieserita			0		25	20		
17-6-18-2	17	6	18		2	2	0,2	0,1
25-4-24	25	4	24					
Hydrán	19	4	19		3	2	0,1	0,1
Kafé	21	3	17		6	7		
Kafé Caldas	25	3	19		3	4		
Kafertil	24	3	20		3	4		
Nutri 3	24	3	19		3	2	0,01	0,01
Producafé	23	3	19		3	4	0,2	0,2
Embajador	20	4	18		3	3	0,1	0,1
Agrimins	8	5		18	6	1,6	1,0	2,5

Tabla 16.

Composición de algunos fertilizantes de uso común en Colombia.

Departamento	Número de muestras analizadas	Porcentaje de muestras con valores de $\text{pH} \leq 5$	Porcentaje de muestras con valores de $\text{Al} \geq 1$
Antioquia	69.718	79	81
Caldas	16.599	42	32
Cauca	6.602	49	57
Cundinamarca	1.389	77	62
Huila	17.245	53	45
Norte de Santander	1.790	63	51
Quindío	29.198	64	28
Risaralda	4.518	37	23
Santander	2.412	88	74
Tolima	12.992	46	36
Valle del Cauca	24.834	21	10

Tabla 17.

Porcentaje de muestras con valores bajos de pH y altos contenidos de aluminio intercambiable, detectados en los registros históricos de análisis de suelos cultivados en algunos departamentos de Colombia.

Aunque la acidificación del suelo ocurre de manera natural –en consecuencia de la interacción del material parental, el clima y los organismos–, su magnitud se intensifica con el manejo de los cultivos. En los sitios más lluviosos ocurre una mayor pérdida por lixiviación de cationes de naturaleza alcalina o básica como Ca, Mg, K y Na, los cuales dan su lugar a otros de carácter ácido, principalmente H, Al, Fe y Mn. La descomposición de la materia orgánica, la oxidación del azufre y la nitrificación del amonio, también son procesos que ocurren naturalmente y contribuyen a incrementar la acidez. Por otro lado, las raíces de las plantas al absorber los cationes básicos desde la solución del suelo, liberan iones hidrógeno (H^+) y, por ende, contribuyen a generar un ambiente más ácido; condición que se ve favorecida por la tecnificación de las plantaciones (Zapata, 2004).

Cuando se aplican fertilizantes amoniacales, o aquellos que conlleven a la formación de este compuesto –por ejemplo sulfato de amonio, nitrato de amonio y urea–, también se produce H^+ . A su vez, los aniones nitrato (NO_3^-), sulfato (SO_4^{2-}) y cloruro (Cl^-), provenientes de la descomposición de la materia orgánica o de los

fertilizantes, se unen con los cationes de la solución del suelo y los arrastran más allá del alcance de las raíces, utilizando como vehículo el agua.

La propiedad química del suelo por excelencia para valorar la acidez es el pH –potencial de hidrogeniones–, la cual expresa la concentración de los iones libre de hidrógeno (H^+) en la solución del suelo. Es así como entre más alta sea la concentración de H^+ , menor será el pH y, por lo tanto, mayor la acidez. Para café el rango adecuado de pH se encuentra alrededor de 5,0 y 5,5. Para suelos ácidos de las unidades 200 y Chinchiná, con valores del pH menores a 5,0 ó mayores a 6,0 el crecimiento del café se reduce en más de 15% (Figura 5).

Los problemas de la acidez en los suelos están básicamente relacionados con dos aspectos: i) La toxicidad causada por el Al^{3+} ; y ii) La infertilidad (Deficiencias de Ca, Mg y P, baja capacidad de intercambio catiónico, reducción en la actividad microbiana, entre otros). El contenido de Al^{3+} guarda una relación inversa con la acidez activa del suelo (Figura 6), en tal sentido

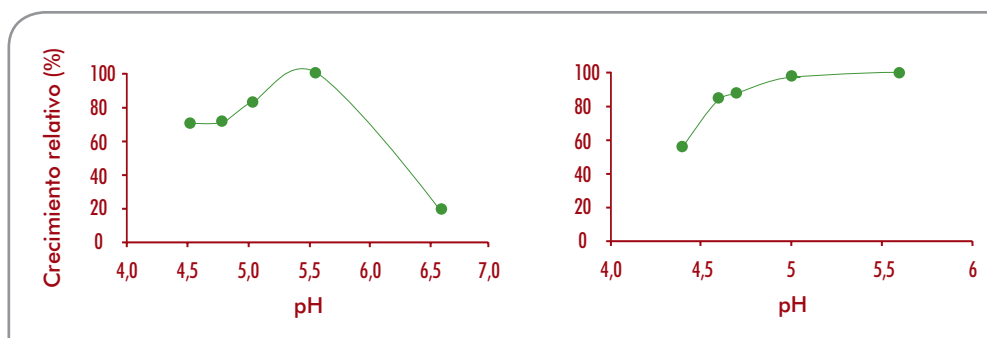


Figura 5.

Efecto del pH en el crecimiento del café, en suelos de las unidades 200 (izquierda) y Chinchiná (derecha). Adaptado de Díaz (2006).

cuando el pH es menor a 5,0, se espera que los niveles de Al^{3+} estén por encima de $1\text{ cmol}_c\cdot\text{kg}^{-1}$, y para suelos con valores de pH mayor a 5,0 por debajo de este valor; si el pH es 5,5 ó más, se considera casi inexistente la presencia de Al^{3+} , razón por la cual los laboratorios normalmente no lo determinan analíticamente.

En los suelos de la zona cafetera de Colombia rara vez se detectan síntomas de toxicidad por el Al^{3+} (Figura 7); aspecto que se debe a la presencia de altos contenidos de la materia orgánica, la cual neutraliza a este elemento.

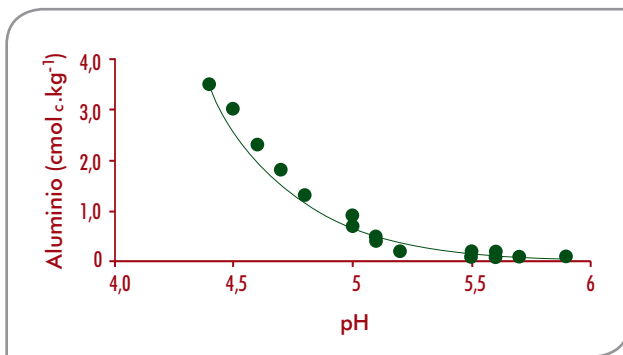


Figura 6.

Aluminio intercambiable en función del pH del suelo.

Existen diferentes alternativas para corregir los problemas de la acidez, siendo la más común y rápida el uso de cales o materiales alcalinizantes, principalmente carbonatos, óxidos, hidróxidos y silicatos de calcio o magnesio. De acuerdo a su composición química, pureza y finura (Tamaño de partículas), éstos varían en su capacidad para neutralizar la acidez. En la Tabla 18 se presentan las características principales de las fuentes más comúnmente empleadas en la agricultura. Frente al carbonato de calcio –cal agrícola–, el óxido de calcio ofrece 79% más capacidad para corregir la acidez y la caliza dolomítica 8% más, es decir, éstos poseen un poder de neutralización –PN– de 179% y 108%, respectivamente. Lo anterior tiene implicaciones prácticas en términos de la cantidad del material a utilizar; por ejemplo, 1.000 kg de cal agrícola tienen un poder de neutralización equivalente a 559 kg de cal viva y 926 kg de caliza dolomítica.

Otro producto empleado para corregir los problemas de acidez es el yeso –sulfato de calcio–, el cual a pesar de no tener un efecto significativo en el pH, reduce el aluminio, al mismo tiempo que proporciona calcio y azufre. Se ha demostrado que dosis equivalentes a $350\text{ kg}\cdot\text{ha}\cdot\text{año}^{-1}$ de yeso pueden ser suficientes para este propósito (Sadeghian, 2008a).



Figura 7.

Síntomas de toxicidad por aluminio en la parte aérea (izquierda) y en las raíces (derecha).

Nombre comercial	Nombre técnico	Fórmula	Porcentaje de calcio	Porcentaje de magnesio	PN
Cal agrícola	Carbonato de calcio	$CaCO_3$	40		100
Cal viva	Óxido de calcio	CaO	71		179
Cal apagada	Hidróxido de calcio	$Ca(OH)_2$	54		138
Caliza dolomítica	Dolomita	$CaCO_3\cdot MgCO_3$	22	13	108
Óxido de magnesio	Óxido de magnesio	MgO		60	248
Carbonato de magnesio	Carbonato de magnesio	$MgCO_3$		29	119

Tabla 18.

Composición de algunos materiales para la corrección de la acidez en los suelos. Tomado de Havlin et al., 1999. PN: Poder de neutralización.

La selección de la fuente depende de las características del suelo y la disponibilidad y costo de los materiales. En la mayoría de los casos, la acidez está acompañada de bajos contenidos de magnesio, razón por la cual la caliza dolomítica es la mejor opción, pero ante una elevada disponibilidad de este elemento, se podrá emplear cal agrícola o roca fosfórica, según el caso. En la Tabla 19 se consigna una guía general para escoger la fuente.

En el mercado existen productos que resultan de la mezcla de diferentes materiales encalantes. En algunos casos es posible fabricarlos en la finca según los requerimientos y los costos. Un ejemplo frecuente es la mezcla de caliza dolomítica y yeso, otro caso resulta de la mezcla de cal agrícola o dolomítica con roca fosfórica. Estas alternativas pueden ser adecuadas, siempre y cuando las materias primas sean de buena calidad y su aplicación se enmarque dentro de un plan adecuado del manejo de la fertilidad del suelo.

La cantidad de la cal depende del tipo de suelo, el grado de la acidez, la fuente a emplear y la forma de la aplicación, entre otros. En general, los suelos con altos contenidos de materia orgánica requieren mayores cantidades de material encalante para neutralizar un mismo nivel de acidez.

Con respecto a los indicadores de la acidez, tanto el pH como el aluminio de cambio –o en su defecto su porcentaje de saturación– pueden emplearse para determinar los requerimientos de la cal, pues existe una alta correlación entre éstos. Dado que en muchas ocasiones el análisis de laboratorio sobrevalora el contenido del Al^{3+} (Ortiz et al., 2004), se ha optado por utilizar el valor del pH para sugerir la cantidad de la cal, la cual se puede ajustar con base en el contenido de calcio. Este último debido al efecto de calcio como elemento y por ser éste un indicador de la capacidad de intercambio catiónico, dada su relación con otros cationes, principalmente hidrógeno, aluminio y magnesio.

En cuanto a la forma de aplicación se refiere, la más eficaz consiste en incorporar la cal al suelo, práctica que sólo puede realizarse antes de la siembra, pues si se lleva a cabo después, se ocasionan daños a las raíces y se aumenta el riesgo de la erosión. En promedio, por cada gramo de cal agrícola que se incorpora a 1 dm^3

de suelo, el pH se incrementa en aproximadamente 0,2 unidades y el Ca en $1,0 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ (Díaz et al., 2008).

Corrección de la acidez en la etapa de crecimiento vegetativo (Levante)



Se sugiere realizar el encalamiento en dos oportunidades: En la siembra o unos días antes y 12 meses después de esta fecha (Sadeghian, 2008a).

En las dos ocasiones se puede emplear la misma cantidad y tipo de cal, pero cambia el modo de la aplicación; en la siembra debe incorporarse el material encalante al suelo del hoyo (Figura 8), mientras que al año se aplica sobre la superficie del plato del árbol (Desde el tallo hasta unos 5 a 10 cm más allá de la gotera), libre de arvenses y hojarasca, esparciendo la enmienda uniformemente en toda el área (Figura 9). En el caso que no se haya efectuado el encalamiento al momento de la siembra o unos días antes, esta labor debe realizarse de manera prioritaria en el intermedio de dos fertilizaciones.

Se sugiere incrementar la cantidad de cal a medida que aumenta la acidez y disminuye el contenido de Ca intercambiable (Tabla 20). Para suelos muy ácidos ($\text{pH} \leq 4,0$) las dosis varían entre 80 y 120 g/sitio (Hoyo o planta), y para valores de pH entre 4,0 y 5,0, la cantidad de cal varía de 60 a 100 g/sitio. Si el nivel de Ca es inferior a $1,5 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ y el pH se encuentra en el rango adecuado, se sugiere adicionar dosis bajas de cal (40 g/planta) o de yeso (20 g/planta) con el fin de suministrar el Ca como nutriente. Cuando los suelos tienen una acidez adecuada para el café (pH entre 5,0 y 5,5), y el nivel de Ca es superior a $1,5 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$, no se recomienda realizar prácticas de encalado o suministro de calcio.

Contenido de fósforo en el suelo	Contenido de magnesio en el suelo	
	Mayor de $0,9 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$	Menor de $0,9 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$
Mayor de $30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	Cal agrícola	Caliza dolomítica
Menor de $30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	Roca fosfórica, Escorias Thomas, Calfos	Caliza dolomítica

Tabla 19.

Sugerencias para la selección de la fuente del material encalante con base en los contenidos de magnesio y fósforo en el suelo.



Figura 8.

Aplicación de la cal en la siembra. **a.** Adición de la cal al suelo antes de la siembra; **b.** Incorporación de la cal al suelo; **c.** Siembra del colino con la cal incorporada al suelo.



Figura 9.

Aplicación de la cal en el cafetal de un año. **a.** Con los platos limpios; **b.** Aplicación superficial de la cal de manera homogénea en toda la zona radical (Desde la gotera hasta el tallo).

Las cantidades sugeridas en la Tabla 20 para el momento de la siembra están dadas para un hoyo con las siguientes dimensiones: 30 x 30 x 30 cm (27 dm³). Estas cantidades deben ajustarse si el tamaño del hoyo es otro; por ejemplo, para dimensiones de 25 x 25 x 30 cm (18,75 dm³) se deben incorporar 70 g de cal agrícola/hoyo en vez de 100 g, para evitar desbalances nutricionales por el incremento del pH, con el cual se afecta la disponibilidad de algunos elementos (Principalmente menores), y que ocasiona la sintomatología que se conoce como “clorosis calcárea” (Figura 10).

Para cafetales renovados por zoca se sugieren cantidades parcialmente mayores de cal, en comparación con las nuevas siembras (Tabla 21), las cuales se aplican 8 meses después del zoqueo. Con respecto a las fuentes, se conservan los mismos criterios para su selección mencionados en la Tabla 19.

Corrección de la acidez en la etapa de producción

Sadeghian (2008a) sugiere incrementar la cantidad del material encalante a medida que disminuye el pH



Las cales se deben esparcir de manera uniforme, tanto sobre el área donde se encuentran las raíces en el momento de su aplicación, como sobre el espacio o parte del espacio en el cual crecerán hasta el siguiente encalamiento (Generalmente a los 2 años).

y el contenido del Ca intercambiable (Tabla 22). Para suelos muy ácidos (pH ≤ 4,0) la dosis por hectárea varía entre 1.000 y 1.400 kg, los cuales se deben aplicar en el intermedio de dos fertilizaciones. Para valores de pH entre 4,0 y 4,5 la cantidad de cal está entre 800 a 1.200 kg, y para pH de 4,5 a 5,0 entre 600 y 1.000 kg.ha⁻¹. No es prudente exceder las dosis de la cal por planta en más de 250 g, situación que puede ocurrir para densidades medias o bajas.



Figura 10.

Síntomas de la clorosis calcárea.

Cuando los suelos tienen una acidez adecuada para el café y niveles de Ca superiores a $1,5 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$, no se recomienda realizar prácticas de encalado. Si el nivel de Ca es menor al valor mencionado y el pH se encuentra en el nivel óptimo, se sugiere suministrar el Ca como nutriente, mediante la adición de dosis bajas de cal $-400 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ o de yeso $-350 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, el cual tiene 20% a 30% de CaO y 15% de azufre. Cuando se presentan deficiencias de Ca, en condiciones de pH mayores a 5,5, es recomendable el empleo de yeso y no de cales.

pH	Dosis de cal agrícola en gramos por hoyo o plato del árbol		
	$\text{Ca} \leq 1,5$	$1,5 < \text{Ca} \leq 3,0$	$\text{Ca} > 3,0$
	$(\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1})$		
$\text{pH} \leq 4,0$	120	100	80
$4,0 < \text{pH} \leq 5,0$	100	80	60
$5,0 < \text{pH} \leq 5,5$	40	0	0

Tabla 20.

Dosis de cal agrícola para la siembra y 12 meses después, con base en el pH y el contenido de calcio.

pH	Dosis de cal agrícola en gramos por planta		
	$\text{Ca} \leq 1,5$	$1,5 < \text{Ca} \leq 3,0$	$\text{Ca} > 3,0$
	$(\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1})$		
$\text{pH} \leq 4,0$	140	120	100
$4,0 < \text{pH} \leq 5,0$	120	100	80
$5,0 < \text{pH} \leq 5,5$	40	0	0

Tabla 21.

Recomendaciones para el encalamiento de los cafetales 8 meses después de la zoca con base en el pH y los contenidos de calcio.

pH	Dosis de cal agrícola en kilogramos por hectárea cada dos años		
	$\text{Ca} \leq 1,5$	$1,5 < \text{Ca} \leq 3,0$	$\text{Ca} > 3,0$
	$(\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1})$		
$\text{pH} \leq 4,0$	1.400	1.200	1.000
$4,0 < \text{pH} \leq 4,5$	1.200	1.000	800
$4,5 < \text{pH} \leq 5,0$	1.000	800	600
$5,0 < \text{pH} \leq 5,5$	400	0	0

Tabla 22.

Recomendaciones para el encalamiento y el suministro de calcio en la etapa de producción de café, con base en el pH del suelo y el contenido de calcio intercambiable.

Herramientas para determinar el estado nutricional de la planta



La efectividad de los planes de fertilización y enclavamiento de los cafetales debe ser analizada permanentemente a través del estado nutricional de las plantas. Entre las herramientas más empleadas para lograr este propósito están: Los registros de la producción, el diagnóstico visual y el análisis foliar (Malavolta et al., 1989).

A continuación se presentan algunas herramientas para evaluar el estado nutricional de las plantas:

Registros de producción

En muchas ocasiones estos registros ayudan a evaluar la pertinencia de los planes de la nutrición, realizados a través de tiempo. El procedimiento consiste básicamente en establecer comparaciones entre las producciones obtenidas en diferentes áreas y períodos de tiempo; por ejemplo, la cantidad cosechada de café en un mismo lote y durante varios años, lotes de una misma finca, fincas de una región, regiones de un país y diferentes países.

Diagnóstico visual

A través de esta técnica se compara en el campo el aspecto de plantas afectadas por la falta o exceso de uno o más elementos frente a plantas que se consideran “normales” en cuanto a su nutrición. Para este propósito, generalmente se usa la hoja, y en ocasiones la raíz o el fruto, según el elemento.

La aparición de los síntomas de deficiencias de los nutrientes en ciertos sitios específicos de la planta está

relacionada con las funciones fisiológicas que estos elementos realizan y su movilidad dentro de la planta. Es así como la carencia de nitrógeno se manifiesta como clorosis –amarillamiento– de las hojas más viejas. El cambio de color verde a amarillo está relacionado con la función que juega el nitrógeno en la formación de la clorofila, y la aparición de los síntomas en las hojas más viejas, es el resultado de su alta movilidad. El fósforo, el potasio y el magnesio también se caracterizan por ser móviles en la planta, y por ende, sus deficiencias aparecen principalmente en las hojas más viejas; en contraste, el calcio, el azufre y los micronutrientes son poco móviles y los síntomas de su carencia se manifestarán principalmente en los tejidos más nuevos. En la Tabla 23 se describen las deficiencias de los nutrientes para café y sus síntomas visibles.

Cuando la nutrición de la planta es muy deficiente, se reduce significativamente la producción y aparecen muy frecuentemente síntomas visibles de la carencia de los elementos (Tabla 24). En contraste, a media que se proporcionan los elementos requeridos en las cantidades suficientes y balanceadas, se obtienen producciones relativamente más altas y se reduce la probabilidad de presentarse síntomas visibles de sus carencias. Una nutrición excesiva o desbalanceada afecta negativamente la producción, con sintomatologías visibles en caso severos.

Cabe resaltar que, en el ámbito general, las plantas que reciben cantidades suficientes y balanceadas de nutrientes normalmente conservan en la zona de fructificación parte de las hojas hasta las épocas próximas a la cosecha (Figura 11). Si el suministro de nutrientes ha sido deficiente, los nudos con frutos permanecen sin hojas en los últimos 2 ó 3 meses. Cuando los planes de fertilización son muy deficientes, la caída de las hojas en la zona de producción es acompañada de una clorosis de las hojas más nuevas. En casos muy severos, se presenta paloteo, con necrosis en la punta de las ramas.

Análisis foliar

La planta, a través de sus raíces, absorbe los elementos que se encuentran en forma disponible desde la solución del suelo y los transporta a otros órganos, en donde son utilizados para las diferentes funciones fisiológicas. Mediante el análisis composicional de la planta es posible tener mayor información acerca de la disponibilidad real de dichos elementos, con el fin de solucionar problemas que ocurren en el campo; en este sentido, el órgano que mejor representa el estado nutricional de la planta es la hoja.

Tabla 23.

Descripción de las deficiencias de los nutrientes para café.

Nutriente	Síntomas de deficiencia
<p data-bbox="428 373 531 399">Nitrógeno</p> <div data-bbox="244 432 457 668">  </div> <div data-bbox="505 432 719 668">  </div>	<ul data-bbox="816 417 1509 635" style="list-style-type: none"> • Clorosis o amarillamiento uniforme de las hojas más viejas • Senescencia prematura y posterior defoliación en las ramas productivas <ul data-bbox="992 519 1328 546" style="list-style-type: none"> • Poca emisión de nuevos brotes • En casos severos, clorosis de las hojas más nuevas en la zona de producción seguida por la muerte descendente de las ramas y paloteo
<p data-bbox="440 690 519 716">Fósforo</p> <div data-bbox="244 738 457 974">  </div> <div data-bbox="505 738 719 974">  </div>	<ul data-bbox="816 799 1509 886" style="list-style-type: none"> • Amarillamiento desuniforme en las hojas más viejas, acompañado de manchas rojizas • Defoliación en casos severos
<p data-bbox="440 1006 519 1033">Potasio</p> <div data-bbox="244 1061 457 1297">  </div> <div data-bbox="505 1061 719 1297">  </div>	<ul data-bbox="867 1126 1458 1192" style="list-style-type: none"> • Necrosis en la punta y los bordes de las hojas más viejas • Defoliación en casos severos
<p data-bbox="445 1323 514 1349">Calcio</p> <div data-bbox="244 1367 457 1603">  </div> <div data-bbox="505 1367 719 1603">  </div>	<ul data-bbox="912 1465 1410 1491" style="list-style-type: none"> • Clorosis en los bordes de las hojas más nuevas
<p data-bbox="428 1640 531 1666">Magnesio</p> <div data-bbox="244 1683 457 1919">  </div> <div data-bbox="505 1683 719 1919">  </div>	<ul data-bbox="935 1760 1385 1825" style="list-style-type: none"> • Clorosis intervenal de las hojas más viejas • Defoliación en las ramas productivas

Continúa...

...continuación

Nutriente	Síntomas de deficiencia
<p data-bbox="415 279 483 305">Azufre</p> 	<p data-bbox="901 432 1333 458">Clorosis uniforme de las hojas más nuevas</p>
<p data-bbox="423 620 474 646">Boro</p> 	<ul data-bbox="782 701 1482 869" style="list-style-type: none">• Manchas de color café en los brotes (hojas nuevas)• Muerte de las yemas terminales y aparición de nuevos brotes• Hojas más viejas con color “verde aceituna” que se extiende desde el ápice hacia la base, en forma de “V” invertida• Tejido corchoso en las venas de las hojas más viejas
<p data-bbox="423 954 474 980">Cinc</p> 	<ul data-bbox="850 1087 1414 1153" style="list-style-type: none">• Hojas nuevas más pequeñas, lanceoladas y cloróticas<ul data-bbox="1029 1131 1234 1153" style="list-style-type: none">• Entrenudos cortos
<p data-bbox="389 1297 508 1323">Manganeso</p> 	<ul data-bbox="816 1434 1448 1500" style="list-style-type: none">• Hojas nuevas más grandes de lo normal, de color verde claro uniforme y las nervaduras de color verde más oscuro
<p data-bbox="415 1631 483 1657">Hierro</p> 	<ul data-bbox="782 1775 1482 1830" style="list-style-type: none">• Hojas nuevas de color amarillo hasta verde pálido, con nervaduras verdes

Nutrición	Producción relativa	Aparición de síntomas visibles	Diagnóstico nutricional
Muy deficiente	Muy baja	Muy frecuente	Deficiencia severa
Deficiente	Baja	Ocasional	Deficiencia latente
Adecuada	Alta	Rara vez	Nutrición correcta
Excesiva	Media	Ocasional	Toxicidad oculta
Muy excesiva	Baja	Frecuente	Toxicidad visible

Tabla 24.

Síntomas visibles de deficiencia o toxicidad, como indicador del estado nutricional de la planta.

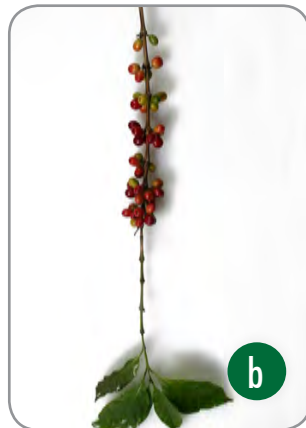


El análisis foliar permite: 1) Confirmar los síntomas visibles de deficiencias nutricionales; 2) Diagnosticar las deficiencias de los nutrientes en plantas con y sin síntomas identificados; 3) Diagnosticar áreas con deficiencias incipientes; 4) Identificar interacciones y antagonismos entre elementos; 5) Verificar la entrada a la planta de nutrientes suministrados; y 6) Evaluar el balance nutricional (Raj, 1991).



a

Aspecto de una rama productiva de café con una adecuada nutrición.



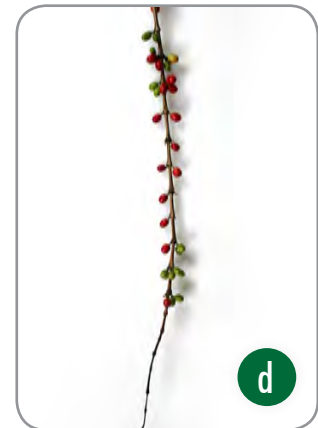
b

Aspecto de una rama productiva de café con suministro deficiente de nutrientes.



c

Aspecto de una rama productiva de café con suministro muy deficiente de nutrientes.



d

Rama de café con necrosamiento apical, como consecuencia de la falta de fertilización.

Figura 11.

Aspecto de ramas productivas de café con diferentes planes de nutrición.

En Colombia, esta herramienta ha sido empleada principalmente en trabajos de investigación; sin embargo, no se descarta su uso para los propósitos mencionados. Al igual que el análisis de suelos, se necesitan ciertos cuidados en la toma de las muestras foliares, pues de lo contrario, los resultados tendrán poca validez. Se recomienda llevar a cabo esta labor 6 meses antes de la cosecha, pues de esta

manera será posible corroborar el estado nutricional de la planta en el momento que comienza la mayor demanda por parte del fruto y habrá la posibilidad de realizar los ajustes necesarios. Puesto que esta fecha normalmente corresponde a uno o dos meses luego de la fertilización, también se podrá evaluar la efectividad de dicha labor. El procedimiento consiste en:

- La muestra que se lleva al laboratorio debe corresponder a un lote homogéneo, en cuanto al tipo de suelo (Color, textura, entre otras características), la topografía, la edad de las plantaciones, el sombrero y las prácticas de fertilización y enclamiento realizadas recientemente.
- Seleccionar en cada lote 20 plantas de manera aleatoria.
- En cada planta escoger cuatro ramas en la zona de producción, en los cuatro puntos cardinales.
- Tomar de cada rama una hoja, ubicada en el tercero o cuarto nudo a partir del ápice (Figura 12).
- Realizar el muestreo en las primeras horas de la mañana.
- Depositar las hojas recolectadas en una bolsa de papel nueva.
- Rotular la bolsa con una clara identificación, y entregar al laboratorio la información correspondiente a la fecha

de muestreo, ubicación de la finca, identificación del lote, características de la plantación (Edad, densidad de siembra, sombrero, entre otras), prácticas recientes de fertilización y enclamiento.

- Enviar la muestra al laboratorio en el menor tiempo posible. En el caso de una demora, secar al aire la muestra sobre un papel limpio o guardarla en la nevera, sin que se congele.
- La muestra debe estar libre de suelo, polvo, pesticidas y fertilizantes.
- Cuando existe la sospecha de una deficiencia nutricional, es necesario tomar muestras por separado, en las plantas normales y con anomalías, en el mismo lote.

En la Tabla 25 se consignan las concentraciones de nutrientes que se consideran adecuadas en hojas de café para Colombia.



Figura 12.

El muestreo foliar en el tercero o cuarto par de hoja formadas.

Elemento	Contenido normal
Nitrógeno	2,30 - 2,80%
Fósforo	0,10 - 0,18%
Potasio	1,50 - 2,00%
Calcio	0,50 - 1,30%
Magnesio	0,30 - 0,40%
Azufre	0,17 - 0,22 mg.kg ⁻¹
Manganeso	150 - 220 mg.kg ⁻¹
Hierro	90 - 140 mg.kg ⁻¹
Boro	40 - 60 mg.kg ⁻¹

Tabla 25.

Concentraciones normales de nutrientes en hojas de café. Tomado de Valencia y Arcila (1977) y Sadeghian y González (2013).

Recomendaciones prácticas

- Recuerde que para obtener buenas cosechas es necesario nutrir adecuadamente sus cultivos.
- Previamente debe conocer las propiedades del terreno, mediante el análisis del suelo; esta herramienta le ayudará a definir los planes de fertilización y los requerimientos de enmiendas, como la cal.
- Cuando las decisiones acerca de la fertilización de los cafetales son soportadas en los resultados de análisis de suelos, se reducen los riesgos económicos y ambientales, debido a que se suministran al cultivo los elementos requeridos en las cantidades adecuadas.
- El análisis de suelo puede ser muy útil, siempre y cuando se tengan todos los cuidados necesarios para el muestreo. Además, los resultados de estos análisis tendrán validez si los métodos de laboratorio son los sugeridos y su interpretación se hace correctamente, a la luz de las investigaciones desarrolladas.
- Las necesidades nutricionales de los cafetales varían según la etapa del cultivo, el número de árboles por hectárea, la sombra y la fertilidad del suelo.
- Establezca los planes de manejo con suficiente anterioridad –preferiblemente al comienzo de cada año–, teniendo en cuenta la disponibilidad del agua en el suelo, condición que es determinada por las lluvias, las características del suelo y la sombra.
- Durante la fase de establecimiento, es decir, desde la siembra hasta aproximadamente un año después, debe poner especial atención al suministro de nitrógeno y fósforo, pues son los dos nutrientes que generalmente más limitan el crecimiento de las plantas. Lo anterior se logra mediante la aplicación de fertilizantes como la urea y DAP.
- Se sugiere iniciar la fertilización a partir del primero o segundo mes después de la siembra, y repetirla cada 3 ó 4 meses, dependiendo del elemento.
- Durante la etapa de producción los nutrientes de mayor demanda son el nitrógeno y el potasio, seguidos por fósforo, magnesio y azufre. Por lo general, los requerimientos de calcio se suplen mediante las prácticas de encalado. En ocasiones será necesario suministrar elementos menores, en especial el boro.
- Los planes de la fertilización deben ser suficientes para satisfacer tanto la demanda de los frutos como las necesidades nutricionales de los órganos vegetativos (Ramas y hojas) que soportan las futuras cosechas.
- Para la formación y el cuajamiento de los frutos tiene mayor ingerencia la fertilización que se realiza en los primeros 3 meses después de la floración, que 2 a 3 meses previos a la recolección.
- Es importante conocer la composición y las propiedades de los fertilizantes que vaya a aplicar. Por lo general, resultan más económicas los fertilizantes que se obtienen mediante mezclas físicas que los complejos granulados; además, los resultados que se obtienen con éstos en producción y calidad son similares.
- Para cafetales en la etapa de producción, la dosis del fertilizante por planta se debe definir con base a la información acerca de: El grado del fertilizante, densidad de plantas por hectárea, nivel de sombra y número de aplicaciones.
- Uno de los problemas comunes en la zona cafetera de Colombia es la acidez del suelo. ¿Usted sabe si en su cafetal se presenta este problema? ¿Sabe que el desarrollo de las plantas de café se afecta por la acidez del suelo?
- La fertilización es más eficiente cuando se han corregido los problemas de acidez, de allí la importancia del análisis del suelo.
- Es importante que identifique las sintomatologías de las deficiencias nutricionales en su cultivo, pero es más importante que realice un plan adecuado de nutrición para que no aparezcan estas sintomatologías.

Literatura citada

- ARCILA P., J.; FARFÁN V., F. Consideraciones sobre la nutrición mineral y orgánica en los sistemas de producción de café. p. 201-232. En: ARCILA P., J.; FARFÁN V., F.; MORENO B., A.M.; SALAZAR G., L.F.; HINCAPIE G., E. Sistemas de producción de café en Colombia. Chinchiná : CENICAFÉ, 2007. 309 p.
- BRADY, N.C.; WEIL, R.R. The nature and properties of soils. 12da. ed. New Jersey : Prentice Hall, 1999. 881 p.
- CARDONA C., D.A.; SADEGHIAN K., S. Evaluación de propiedades físicas y químicas de suelos establecidos con café bajo sombra y a plena exposición solar. Cenicafé 56(4):348-364. 2005.
- CARDONA R., C. Estudio de absorción foliar de fertilizantes en plántulas de café crecidas en soluciones nutritivas. Manizales : Universidad de Caldas. Facultad de agronomía, 1972. 40 p. Tesis: Ingeniero agrónomo.
- CHAVES, J.C.D.; SARRUGE, J.R. Alterações nas concentrações de macronutrientes nos frutos e folhas do cafeeiro durante um ciclo produtivo. Pesquisa agropecuaria brasileira 19(4):427-432. 1984.
- DIAZ M., C. Efecto del enclamiento sobre el crecimiento de las plantas de café en la etapa de almácigo. Manizales : Universidad de Caldas, 2006. 246 p.
- DIAZ M., C.; SADEGHIAN K., S.; MORALES L., C.S. Cambios químicos ocasionados por enclamiento y uso de lombrinaza en la etapa de almácigo del café. Cenicafé 59(4):295-309. 2008.
- GUERRERO R., R. Propiedades generales de los fertilizantes: Manual técnico. 4ta. ed. Bogotá : Monómeros colombo venezolanos, 2004. 46 p.
- HAVLIN, J.L.; BEATON, J.D.; TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management. 6ta. ed. Upper Saddle River : Prentice Hall, 1999. 499 p.
- MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo : Agronômica Ceres, 2006. 631 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. DE. Avaliação do estado nutricional das planta: Princípios e aplicações. Piracicaba : Associação brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato, 1989. 201 p.
- MEJÍA M., J. W. Efecto de cuatro fertilizantes foliares sobre la producción del café. In: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ – Cenicafé. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Informe anual de actividades Disciplina de Fitotecnia 2005-2006. Chinchiná, Cenicafé, 2006. 3 p.
- ORTIZ E., M.E.; ZAPATA H., R.D.; SADEGHIAN K., S.; FRANCO A., H.F. Aluminio intercambiable en suelos con propiedades ándicas y su relación con la toxicidad. Cenicafé 55(2):101-110. 2004.
- PATIÑO G., M.A.; SADEGHIAN K., S.; RUIZ H., M. Caracterización de fertilidad del suelo en la zona cafetera del Quindío. In: CONGRESO Colombiano de la Ciencia del Suelo, 13. Bogotá (Colombia), Octubre 4-6, 2006. Memorias. Bogotá (Colombia), Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 2006. p.
- RAIJ, B. VAN. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba : POTAFOS, 1991. 343 p.
- RIAÑO H., N.M.; ARCILA P., J.; JARAMILLO R., A.; CHÁVES C., B. Acumulación de materia seca y extracción de nutrimentos por Coffea arabica L. cv. Colombia en tres localidades de la zona cafetera central. Cenicafé 55(4):265-276. 2004.
- SADEGHIAN K., S. Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia: Guía práctica. Chinchiná : CENICAFÉ, 2008a. 43 p. (Boletín Técnico No. 32).
- SADEGHIAN K., S. Actualización y tendencia en la fertilización de café. p. 41-57. En: ACTUALIZACIÓN En fertilización de cultivos y uso de fertilizantes. Bogotá : Sociedad colombiana de la ciencia del suelo, 2008b. 236 p
- SADEGHIAN K., S. Calibración de análisis de suelo para N P K y Mg en cafetales al sol y bajo semisombra. Cenicafé 60(1):7-24. 2009.
- SADEGHIAN K., S. Fertilización: Una práctica que determina la producción de los cafetales. Chinchiná : CENICAFÉ, 2010a. 8 p. (Avances Técnicos No. 391).
- SADEGHIAN K., S. La materia orgánica: Componente esencial en la sostenibilidad de los agroecosistemas cafeteros. Chinchiná : CENICAFÉ, 2010b. 61 p.
- SADEGHIAN K., S.; GAONA J., S. Aula virtual cafetera: El suelo formación, fertilidad y conservación. [En línea]. Chinchiná : CENICAFÉ : FNC : Fundación Manuel Mejía : SENA, 2005. Disponible internet: Esp. (CD-ROM).

- SADEGHIAN K., S.; GONZÁLEZ O., H. *Alternativas generales de fertilización para cafetales en la etapa de levante*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2012. 4 p. (Avances Técnicos No. 423).
- SADEGHIAN K., S.; GONZÁLEZ O., H. *Alternativas generales de fertilización para cafetales en la etapa de producción*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2012. 8 p. (Avances Técnicos No. 424).
- SADEGHIAN K., S.; HERNÁNDEZ G., E.; GONZÁLEZ O., H. *Mezcla de fertilizantes en la finca, una buena opción para el caficultor*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2007. 8 p. (Avances Técnicos No. 362).
- SADEGHIAN K., S.; HERNÁNDEZ G., E.; ROSS, M.; GUERRERO R., R. *Fuentes solubles de magnesio y azufre en la producción y calidad del café*. Bogotá : Congreso colombiano de la ciencia del suelo, 2006. 7 p.
- SADEGHIAN K., S.; MEJÍA M., B.; ARCILA P., J. *Composición elemental de frutos de café y extracción de nutrientes por la cosecha en la zona cafetera de Colombia*. Cenicafé 57(4):251-261. 2006.
- SADEGHIAN K., S.; MEJÍA M., B.; ARCILA P., J. *Composición elemental de los frutos de café y extracción de nutrientes por la cosecha*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2007. 8 p. (Avances Técnicos No. 364).
- SADEGHIAN K., S.; MEJÍA M., B.; GONZÁLEZ O., H. *Acumulación de nitrógeno, fósforo y potasio por los frutos de café*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2013. 8 p. (Avances Técnicos No. 429).
- SADEGHIAN K., S.; MEJÍA M., B.; GONZÁLEZ O., H. *Acumulación de calcio, magnesio y azufre por los frutos de café*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2013. 8 p. (Avances Técnicos No. 430).
- SALAZAR G., L.F.; SADEGHIAN K., S. *Respuesta del café a la fertilización antes y después de la renovación por zoca*. En: Congreso colombiano de la ciencia del suelo (15 : Octubre 27-29 2010 : Pereira). Pereira : SCCS, 2010. 5 p.
- UNITED NATIONS. *Industrial development organization. Fertilizer manual*. Dordrecht : UNIDO : IFDC, 1998. 615 p.
- URIBE H., A. *Efecto del fósforo en la producción de café*. Cenicafé 34(1):3-15. 1983.
- URIBE H., A.; SALAZAR A., J.N. *Influencia de la pulpa del café en la producción del cafeto*. Cenicafé 34(2):44-58. 1983.
- VALARINI, V.; BATAGLIA, O.C.; FAZUOLI, L.C. *Macronutrientes em folhas e frutos de cultivares de café arábica de porte baixo*. Bragantia 64(4):661-672. 2005.
- VALENCIA A., G. *Fisiología, nutrición y fertilización del cafeto*. Chinchiná : CENICAFÉ : Agroinsumos del café, 1999. 94 p.
- VALENCIA A., G.; ARCILA P., J. *Efecto de la fertilización con N, P, K a tres niveles en la composición mineral de las hojas del cafeto*. Cenicafé 28(4):119-138. 1977.
- ZAPATA H., R.D. *Química de la acidez del suelo*. Cali : Cargraphics, 2004. 208 p.

Manejo integrado de arvenses

Luis Fernando Salazar Gutiérrez; Édgar Hincapié Gómez

La presencia de arvenses en el cultivo no puede considerarse arbitrariamente como positiva o negativa, dada su indispensable relación con el equilibrio ecológico entre el suelo, el cultivo y la presencia de la misma arvense, relación integrada a la conservación de suelos y aguas, y a la importancia de éstos como soporte natural para el desarrollo y la productividad del café, por ello, esta dependencia compleja no concluye en la simple determinación de controlar o erradicar la arvense.

Para aprovechar las ventajas comparativas y competitivas que existen a partir del manejo sostenible de las arvenses en el cultivo del café, que supere el simple hecho de eliminarlas, es necesario reconocerlas en su diversidad y valorar sus aportes fundamentales en la conservación del suelo, en términos de su estructura, de su humedad y de su micro y macrobiota, protagonistas fundamentales en la fertilidad del mismo. Por esa razón, reconocer la composición de arvenses en un lote de café, permite una mejor planificación de las estrategias para su manejo y contribuye a la determinación de un adecuado Manejo Integrado de Arvenses-MIA.

Como resultado de varias investigaciones, Cenicafe ha recomendado un manejo sostenible de las arvenses en la zona cafetera colombiana, mediante la aplicación de diferentes sistemas de manejo, que al integrarse permiten resultados económicos óptimos, reducen el riesgo de erosión, disminuyen la contaminación ambiental y contribuyen con la conservación de los suelos, la flora y la fauna.



Concepto de arvense

Se considera “maleza” a aquella planta que interfiere con el cultivo al afectar negativamente el sistema productivo. La denominación de “maleza” puede influir negativamente en la percepción que las personas tienen sobre alguna planta y de esta manera, conducir a su control irracional. Por lo anterior, en las últimas décadas se ha introducido el término **arvense**, que significa “planta acompañante de los cultivos o prados”, término que no discrimina entre plantas buenas o malas, de este modo se busca reemplazar con la palabra arvense, el término maleza.

Las arvenses son importantes en todos los cultivos, debido al impacto que generan sobre los rendimientos, los costos de producción y la sostenibilidad, en especial por constituirse en un componente para la protección de los suelos contra la erosión, el mejoramiento de la calidad de los recursos hídricos y la biodiversidad de la fauna y la flora.

En Colombia, Gómez y Rivera (1987) registraron cerca de 170 especies de arvenses identificadas en cafetales; el mayor número pertenece a las familias Gramineae (17,6%), Compositae (16,4%), Euphorbiaceae (4,7%), Amaranthaceae (4,1%) y Rubiaceae (4,1%).

Interferencia de las arvenses con el cultivo del café

El café es un cultivo extremadamente sensible a la interferencia de las arvenses, con pérdidas del rendimiento hasta del 96% (Tabla 1). En general, el manejo de arvenses en los cafetales es el rubro más importante en los costos de producción (Tabla 2), después de aquellos atribuidos a la cosecha. Sin embargo, el Manejo Integrado de Arvenses recomendado por Cenicafé y aplicado en Colombia, se ubica entre las prácticas más económicas comparadas con otros sistemas de manejo de arvenses en cafetales de otros países.

La interferencia se conoce también como la suma de la **competencia y la alelopatía**. La competencia es un proceso físico, que implica la remoción o reducción de por lo menos un factor esencial de crecimiento (luz, agua, nutrimentos, CO₂ o espacio) (Zimdahl, 1980); mientras que la segunda, es un proceso fisiológico, por medio del cual una planta libera al medio ambiente uno o varios compuestos químicos que inhiben el crecimiento de otra planta del mismo hábitat o de uno cercano (Molish, 1937 citado por Rice, 1984).

Fuente	Reducción en rendimiento (%)	Observación
Oerke et al., 1994	35%	General para cultivos tecnificados
Njoroge, 1994a	50%	Kenia
Eshetu, 2001	65%	Etiopía
Blanco et al., 1978	60%	Brasil (sin control)
Salazar e Hincapié, 2009	66%	Chinchiná (Colombia) (sin control en las calles)
Lemes et al., 2010	85% a 96%	Minas Gerais – Brasil (Sin control de arvenses) <i>C. arabica</i> c.v Rubi.

Tabla 1.

Pérdidas en el rendimiento de los cafetales causado por interferencia de arvenses.

Fuente	Costos de producción	Observación
Oerke et al., 1994	30-40%	A nivel mundial
Secretaría de Estado de Agricultura Pecuaria E Abastecimiento, 2004	15%-20%	Brasil
Gómez et al., 1985	17%-22%	Colombia, manejo tradicional
Duque, 2001	13%	Colombia, manejo integrado

Tabla 2.

El manejo de arvenses en los costos de producción del cultivo del café.

En la Tabla 3 se observan algunas especies de arvenses reportadas como **alelopáticas** en cafetales de Colombia (Gómez y Rivera, 1987). En sentido práctico, cuando una arvense alcanza más de un 70% de predominio en un campo, y a su alrededor crecen pocas o ninguna especie, dicha planta puede tener efectos alelopáticos (Restrepo y Rivera, 1993).

Salazar (1975) al evaluar el control manual mecánico de arvenses, en forma generalizada, encontró que las máximas producciones se obtuvieron cuando el cafetal se desyerbó cada 35 días en la etapa de crecimiento y cada 70 días en la de producción.

Se puede concluir que las desyerbas oportunas en los cafetales permiten incrementar la productividad del café.

Factores que favorecen la interferencia de las arvenses

Los factores son variables o componentes que deben tenerse en cuenta y que en su integralidad permiten manejar oportunamente la interferencia de las arvenses en los cafetales.

Duración de la interferencia

Mestre (1979) evidenció este factor al encontrar que la mayor ventaja económica de las desyerbas no selectivas o generalizadas, se consigue cuando en un período de tres años se desyerba el cafetal 16 veces, distribuidas así: Ocho desyerbas en el primer año, y en los siguientes 2 años, cuatro desyerbas por año (Tabla 4).

Densidad de arvenses

Para evaluar el nivel de cobertura de las arvenses sobre el suelo, existen varias metodologías, una de ellas es realizar un muestreo al azar, en el 1% del área, utilizando un cuadrado de 0,25 m², el cual debe estar subdividido en pequeñas cuadrículas (100), de 25 cm² cada una, de esta forma, si 80 cuadrículas se encuentran cubiertas por arvenses, el porcentaje de cobertura será del 80% (Figura 1), si se trata de parcelas de área muy baja, se recomienda disponer los cuadrados en el campo aleatoriamente y dejarlos en forma permanente durante el tiempo de evaluación (Adaptado de Tinney et al., 1937, y Fuentes, 1986). Otra medición rápida y sencilla, aunque no tan precisa como la anterior, es medir la frecuencia de las arvenses en el campo, la cual permite conocer la distribución y abundancia de una especie particular en un cultivo, para ello se emplea un cuadrado similar

Nombre científico	Nombre vulgar	Familia
<i>Pteridium aquilinum</i> (L) Kuhn	Helecho marranero	Dennstaedtiaceae
<i>Cyperus rotundus</i> L.	Coquito	Cyperaceae
<i>Melinis minutiflora</i> Beauv	Pasto gordura	Graminaeae
<i>Panicum zizanioides</i> H.B.K.	Nudillo, pitillo	Graminaeae
<i>Amaranthus dubius</i> Mart. ex Thell.	Bledo	Amaranthaceae
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	Altamisa Ajenjo	Asteraceae
<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	Lehecilla	Euphorbiaceae
<i>Euphorbia hirta</i> L.	Tripa de pollo	Euphorbiaceae
<i>Hyptis atrorubens</i> Poit	Hierba de sapo	Labiatae
<i>Portulaca oleraceae</i> L.	Verdolaga	Portulacaceae

Tabla 3.

Arvenses alelopáticas asociadas a cultivos de café en Colombia (Gómez y Rivera, 1987).

Número de desyerbas en tres años	Producción (@.ha ⁻¹ de c.p.s.)	Incremento de la producción (%)
8	470	
12	663	41
16	967	105,74
24	1.029	118,93

Tabla 4.

Efecto del número de desyerbas sobre la producción de café en tres años (Mestre, 1979).

al utilizado para la medición de cobertura, subdividido en cuatro cuadrantes, la frecuencia de la arvense se expresa como el número de veces que aparece la arvense en cada fracción de cuadrante dividido por el total de cuadrantes, multiplicado por 100 (Adaptado de Tinney et al. 1937, y Fuentes, 1986). Estas metodologías son relativamente sencillas y aplicables en investigación científica y participativa.

El cubrimiento de las arvenses sobre el suelo muestra alta relación con la disminución del rendimiento (La O et al., 1992), por lo cual, la medición del porcentaje de cobertura de las arvenses sobre el suelo, es la variable que mejor expresa el comportamiento de la población y su efecto sobre el cultivo. Lo anterior facilita la evaluación práctica de las poblaciones de arvenses, por ser más sencilla de medir, comparado con otros factores como la materia seca y la densidad de plantas.



Figura 1.

Evaluación del nivel de cobertura de arvenses en el campo, cuadrado de áreas de 0,25 m², utilizado para la medición de nivel de cobertura y frecuencia de las arvenses.

Fertilidad del suelo

Muchos autores afirman que en suelos de fertilidad baja, la competencia por las arvenses es crítica; por otra parte, la aplicación de fertilizantes no alcanza los beneficios máximos cuando no se realiza un adecuado manejo de arvenses. En cultivos de café en Kenia la interferencia de la arvense *Desmodium* sp. sobre la producción, fue mayor en cafetales sin aplicación de N, comparado con cultivos en los cuales se hizo aplicación de 240 kg.ha.año⁻¹ de este elemento (Njoroge y Mwakha, 1983).

Disponibilidad hídrica

Bradshaw y Rice (1998), en experimentos realizados en Nicaragua, concluyeron que en la época de menor disponibilidad hídrica, cuando hay presencia de arvenses entre las calles, los cafetos tienen menor densidad de raíces para extraer el agua, en comparación con aquellos donde se controlaron las arvenses durante este período. Por lo tanto, se recomienda cortar las coberturas entre 3 a 5 cm del suelo, especialmente aquellas arvenses de interferencia alta, al comienzo de las épocas secas, con el fin de contrarrestar la competencia por agua, lo cual coincide con lo reportado en Colombia por Suárez de Castro (1953) citado por Jaramillo (2005).

Características del cultivo

Las plantaciones perennes como el café, al igual que otros cultivos, tienen períodos críticos de interferencia de arvenses, es así como la interferencia de las arvenses en las etapas de crecimiento y desarrollo pueden causar disminución drástica de la producción. En el cultivo de café, estas épocas corresponden a las etapas de vivero o almacigo, la etapa vegetativa durante los primeros dos años de desarrollo y crecimiento de las plantas en el campo, y la etapa de producción.

La incidencia de la luz en los primeros 12 a 14 meses de desarrollo de los cafetos a libre exposición solar, contribuye al aumento de la infestación y al desarrollo vigoroso de las arvenses, por lo que es necesario realizar un mayor número de desyerbas por año, en comparación con los cultivos tradicionales a la sombra. Después de dos años de establecido el cafetal, la incidencia de las arvenses se ve fuertemente reprimida por el vigor de las plantas de café.

Consideraciones prácticas

Como en todos los cultivos perennes, en la etapa de almácigo o vivero se debe evitar la interferencia de todo tipo de arvenses, puesto que es una de las épocas más sensibles. Investigaciones realizadas en Cenicafé han demostrado que los dos primeros años del cultivo de café son críticos desde el punto de vista del control de arvenses, para el desarrollo normal del cafeto y para el manejo de la erosión de los suelos, debido a que debe incurrirse en un control más frecuente de arvenses. La etapa de levante es la más sensible a la interferencia por las arvenses, durante esta etapa existen más ventajas para las arvenses que para el cultivo. En esta etapa del cultivo la competencia se puede reflejar más claramente en el estado de desarrollo de las plantas, atraso en el crecimiento e incidencia de clorosis y ramas secas.

Capacidad de interferencia de las arvenses



Diferentes investigaciones realizadas en Cenicafé permitieron concluir que en los cafetales crece un grupo de **arvenses de interferencia baja, denominadas nobles**, cuya presencia entre las calles no afecta el desarrollo del cultivo si se hace manejo integrado de ellas. Por lo tanto, es necesario clasificar las arvenses según su nivel de interferencia respecto a la plantación, con el fin de realizar un manejo de arvenses eficiente, selectivo y racional.

Cenicafé ha estudiado las arvenses más frecuentemente asociadas a los cafetales en Colombia, diferenciándolas descriptivamente según su grado de interferencia con el cultivo, hábitat y utilidad. De este modo, Gómez y Rivera (1987) identificaron 170 especies de arvenses localizadas a altitudes entre 1.000 y 1.800 m, con temperaturas entre 17,5 y 23,0 °C, y encontraron que el 45% interfiere en alto grado con el cafeto, el 35% en

grado medio, el 5% en grado bajo y el 15% (25 especies) en grado muy bajo (Coberturas nobles). Así mismo, cabe resaltar que todas las arvenses identificadas prestan algún tipo de beneficio al hombre.

Arvenses de interferencia alta en los cafetales

Las arvenses de interferencia alta, son aquellas que afectan severamente la productividad si no son manejadas oportunamente (Figura 2); son reconocidas por los agricultores debido su difícil control. Para la clasificación de las arvenses de alta interferencia, se tienen en cuenta los siguientes criterios (Salazar e Hincapié, 2005):

- Alta adaptación de la planta a las condiciones ambientales
- Propagación sexual y vegetativa
- Latencia o dormancia de sus semillas
- Facilidad de dispersión
- Alta producción de semillas
- Alta tasa de germinación de semillas
- Alta eficiencia en el uso de los recursos
- Alelopatía
- Sistema radical fasciculado, superficial y denso, altamente competitivo con el sistema radical del cultivo
- Difícil control manual, mecánico o químico
- Estructura semileñosa
- Hábito trepador
- Hospedantes de plagas o enfermedades, que afectan el cultivo



Figura 2.

Algunas arvenses de interferencia alta con el cultivo del café. **a.** *Cynodon dactylon*; **b.** *Paspalum paniculatum*; **c.** *Eleusine indica*; **d.** *Panicum máximum*; **e.** *Digitaria horizontalis*; **f.** *Panicum laxum*; **g.** *Torulinium odoratum*; **h.** *Sida acuta*; **i.** *Pteridium aquilinum*; **j.** *Ipomoea trifida*; **k.** *Ipomoea purpurea*; **l.** *Pseodoelephantopus spicatus*; **m.** *Emilia sonchifolia*; **n.** *Talinum paniculatum*; **ñ.** *Melothria guadalupensis*; **o.** *Momordica charantia*.

Las familias de arvenses de mayor interferencia en los cafetales en Colombia son: Gramíneae, Cyperaceae y Compositae. Sobresalen plantas alelopáticas, las arvenses de hábito de crecimiento trepador, como batatillas y enredaderas, las de estructura leñosa o semileñosa de raíz pivotante profunda, como las escobaduras y verbenas, y otras notorias por la dificultad para su manejo como helechos, entre otras (Tabla 5).

Familia Gramineae o Poaceae: Son las más dominantes e importantes dentro del reino vegetal, su éxito se debe principalmente a la fácil adaptación a diferentes ambientes, a los diversos sistemas de propagación, a la latencia de sus semillas y a su eficiencia fotosintética (Basel y Berlín, 1980).

Familia Cyperaceae: En su mayoría son plantas herbáceas anuales o perennes rizomatosas, pueden reconocerse porque sus tallos generalmente no tienen nudos ni ramificaciones (Simples), son glabros (Lisos) y, generalmente, triangulares con aristas cortantes, razón por la cual comúnmente se conocen como cortaderas; tienen hojas alternas, lineales-lanceoladas frecuentemente en tres series, con vaina cerrada que nace en la base del tallo, e inflorescencia terminal en umbela, simple o compuesta, por lo general, son especies de hábitat húmedo (Fuentes et al., 1999).

Familia Compositae o Asteraceae: Posiblemente es la familia más extensa dentro de la flora apícola colombiana, aunque la mayoría son consideradas como malezas. En esta familia se concentran especies de uso medicinal, ornamental, forrajero y alimenticio. En su mayoría son plantas de interferencia media o baja en los cafetales; no obstante, se consideran de interferencia alta cuando su tasa de reproducción e invasión es alta, sobrepasan la altura del cultivo, son leñosas, tienen raíz pivotante muy profunda o por sus efectos alelopáticos (Vargas, 2002).

Existen áreas cafeteras en Colombia donde algunas arvenses pueden ser de alta interferencia (Tabla 6), debido principalmente a la presión de selección por la aplicación reiterada y generalizada de herbicidas químicos, por la eliminación total de las coberturas del suelo o por el uso de semillas no certificadas en cultivos distintos al café (Pastos, hortalizas, maíz y frijol, entre otros) y son entonces, potencialmente agresivas.

Arvenses de interferencia media

Arvenses que aunque no son tan competitivas se deben manejar oportunamente, debido a que pueden competir por luz y espacio. Pueden tener alguna característica de una arvense agresiva, pero su población en los cafetales no permite que se exprese la interferencia con el cultivo (Figura 3).

Nombre científico	Nombre vulgar	Familia
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers	Pasto argentina, bermuda	Gramineae
<i>Paspalum paniculatum</i> L.	Gramalote	Gramineae
<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop. <i>D. horizontalis</i> Willd.	Guardarocío o alambriillo	Gramineae
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	Pategallina	Gramineae
<i>Panicum maximum</i> Jacq.	Pasto india, pasto guinea	Gramineae
<i>Panicum laxum</i> Sw.	Pasto mijillo	Gramineae
<i>Torulinum odoratum</i> (L.) Hooper <i>Cyperus ferax</i> L.	Cortadera	Cyperaceae
<i>Pseudelephantopus spicatus</i> (Al.)Gl.	Totumo, oreja de burro	Compositae
<i>Emilia sonchifolia</i> L. (D.C.)	Hierba socialista, pincelito, borlita, emilia	Compositae
<i>Sida acuta</i> Burm f.	Escobadura, malva	Malvaceae
<i>Stachytarpheta cayennensis</i> (L.C.). Rich Vahl	Verbena negra	Verbenaceae
<i>Ipomoea</i> spp.	Batatillas	Convolvulaceae
<i>Melothria guadalupensis</i> (Spreng) Cogn. o <i>Melonthria pendula</i> L.	Bejuco o melón de monte	Cucurbitaceae
<i>Momordica charantia</i> L.	Archucha o balsamina	Cucurbitaceae
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	Helecho marranero	Polypodiaceae
<i>Talinum paniculatum</i> Jacq.	Cuero de sapo, lechuguilla	Portulacaceae

Tabla 5.

Arvenses de interferencia alta frecuentes en los cafetales en Colombia (Adaptado de Salazar e Hincapié, 2005).



Figura 3.

Algunas arvenses de interferencia media con el cultivo de café.

- a. *Cuphea racemosa*
- b. *Cyatula achyranoides*
- c. *Euphorbia heterophylla*
- d. *Ageratum conyzoides*

Nombre científico	Nombre vulgar	Familia
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) Beauv.	Arrocillo, liendre puerco	Gramineae
<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	Pasto Jhonson, falso sorgo, arrocillo,	Gramineae
<i>Brachiaria decumbens</i> Stapf.	Pasto braquiaria	Gramineae
<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	Pasto estrella	Gramineae
<i>Rottboellia exaltata</i> L. f.	Caminadora, pela bolsillo	Gramineae
<i>Cyperus rotundus</i> L.	Coquito	Cyperaceae
<i>Erigeron bonariensis</i> L.	Venadillo, juanparado	Compositae
<i>Siegesbeckia jorullensis</i> H.B.K.	Botón de oro	Compositae
<i>Artemisia absinthium</i> L.	Altamisa o ajenjo	Compositae
<i>Amaranthus dubius</i> Mart.	Bledo, amaranto	Amarantaceae
<i>Borreria alata</i> (Aubl) DC.	Borreria, botoncillo	Rubiaceae
<i>Anredera cordifolia</i> (Tenore) Steens	Espinaca, enredadera papa	Basellaceae
<i>Thumburgia alata</i> Bojer ex Sims	Ojo de poeta	Acanthaceae
<i>Chloris radiata</i> (L.) Sw.	Cola de zorro	Gramineae

Tabla 6.

Arvenses potencialmente agresivas en cafetales de Colombia (Adaptado de Salazar e Hincapié, 2005).

Arvenses de interferencia baja

Son especies que crecen en bajas densidades de población sin dominar los campos (Figura 4), son de

ciclo de vida corto, semestral o anual (Tabla 7), debido a estas características son especies de fácil manejo, el cual puede hacerse en forma manual o mecánica.

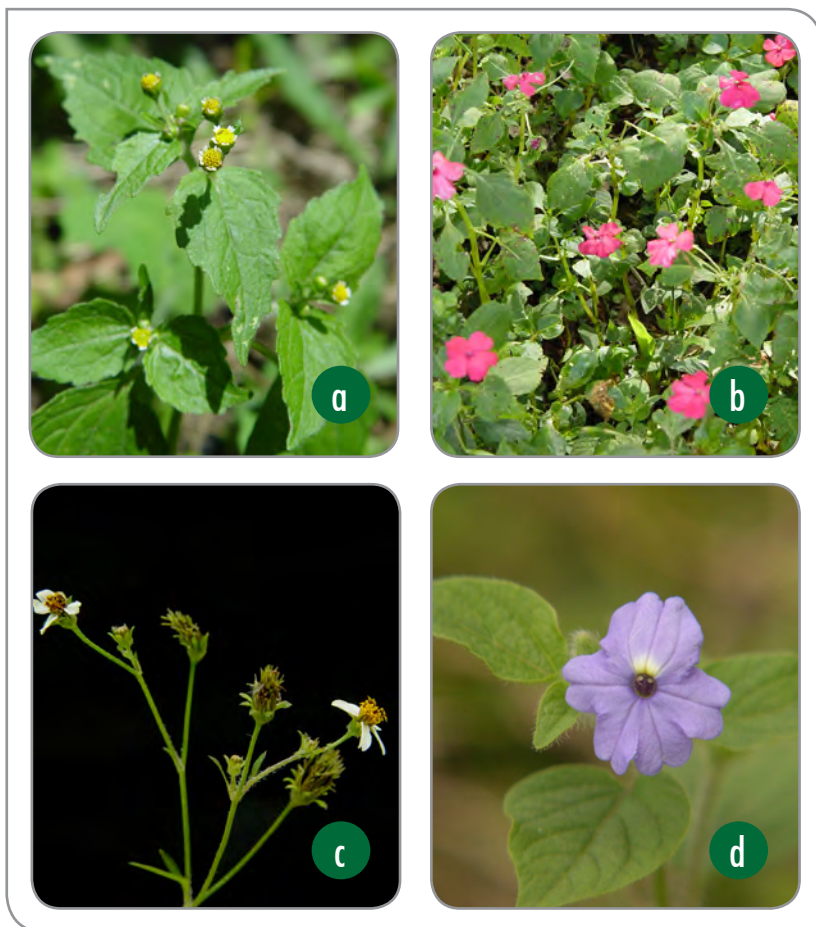


Figura 4.

Algunas arvenses de interferencia baja con el cultivo de café. **a.** *Galinsoga caracasana*; **b.** *Impatiens balsamina*; **c.** *Bidens pilosa*; **d.** *Browalia Americana*.

Nombre científico	Nombres vulgares	Familia
<i>Brassica alba</i> Boiss	Alpiste, mostaza	Cruciferae
<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	Yuyo, guasca	Compositae
<i>Galinsoga caracasana</i> (D.C.) Sch Bip.	Yuyo, guasca	Compositae
<i>Galinsoga ciliata</i> (Raf) Blake	Yuyo, guasca	Compositae
<i>Impatiens balsamina</i> L.	Besitos, caracuchos	Balsaminaceae
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	Hierba de chivo, manrubio	Compositae
<i>Bidens pilosa</i> L.	Amor seco, cadillo, masiquía	Compositae
<i>Cuphea racemosa</i> (L) Spreng	Hierbabuenilla, moradita, sanalotodo	Lythraceae
<i>Cuphea micrantha</i> H.B.K.	Hierbabuenilla, yerbabuenilla	Lythraceae
<i>Heliopsis buphthalmoides</i> (Jacq) Dun.	Botón de oro, gamboa	Compositae
<i>Hyptis mutabilis</i> (Rich) Bring	Mastrantillo, mastranto	Labiatae
<i>Marsipianthes chamaedrys</i> (Vahl) Kuntze	Orégano, cabezona	Labiatae
<i>Physalis nicandroides</i> Schl	Yerbabuena	Solanaceae
<i>Scoparia dulcis</i> L.	Mastuerzo	Scrophulariaceae
<i>Solanum nigrum</i> Sendt	Hierba mora, yerba mora	Solanaceae

Tabla 7.

Arvenses de interferencia media a baja, frecuentes en cultivos de café (Adaptado de Rivera, 1997).

Arvenses nobles

Primavesi (1984) reporta el término “la invasora seleccionada o escogida” para referirse a aquellas arvenses que deben permitirse en asocio con los cultivos, para así proteger los suelos contra la erosión. Además anota que éstas deben adaptarse a las condiciones ambientales de su medio, para sustituir a las arvenses agresivas o invasoras indiscriminadas.

Gómez et al. (1985) y Gómez (1990a), definen el término “**arvense noble**” como plantas de porte bajo,

crecimiento rastrero o decumbente, con raíz fasciculada, rala superficial o pivotante rala, con cubrimiento denso del suelo, que lo protegen de la energía erosiva de la lluvia y no interfieren con el desarrollo y producción del café, si no están presentes en la zona de raíces (Figura 5). Así mismo, consideran que su establecimiento es la práctica preventiva de la erosión, que ofrece mayor eficiencia y factibilidad económica, y puede obtenerse a través del Manejo Integrado de Arvenses. En la Tabla 8 se reportan algunas de las arvenses consideradas nobles y frecuentes en los cultivos de café en Colombia.



Figura 5.

Algunas arvenses nobles en el cultivo de café. **a.** *Commelina elegans*; **b.** *C. diffusa*; **c.** *Phyllanthus niruri*; **d.** *Polygonum nepalense*; **e.** *Hydrocotyle umbellata*; **f.** *Jaegeria hirta*; **g.** *Oxalis latifolia*; **h.** *O. corniculata*; **i.** *Hyptis atrorubens*; **j.** *Drymaria cordata*; **k.** *Euphorbia hirta*; **l.** *Dychondra repens*.

Nombre científico	Nombre vulgar	Familia
<i>Commelina elegans</i> L.	Siempre viva	Commelinaceae
<i>Commelina diffusa</i> Burm. f.	Siempre viva, suelda con suelda, mangona, canutillo, trapoeraba, hierba de pollo, quesadillas, cohitre, campín gomoso, coyuntura	Commelinaceae
<i>Dichondra repens</i> Forst	Dicondra, centavito, millonaria	Convolvulaceae
<i>Drymaria cordata</i> (L) Willd ex Roem y Schult.	Drimaria, nervillo, yerba de estrella, paga pinto, pajarar, golondrina	Caryophyllaceae
<i>Euphorbia hirta</i> L.	Yerba de sapo, tripa de pollo, pimpinela, yerba de golondrina, canchelagua, lechosa	Euphorbiaceae
<i>Euphorbia prostrata</i> Ait.	Quiebra piedra rastrea, Santa Lucía	Euphorbiaceae
<i>Hydrocotyle umbelata</i> L.	Orejitas, champaña, sombrerito de agua	Umbelliferae
<i>Hyptis atrorubens</i> Point.	Yerba de sapo, peludita, arropadita, botoncillo	Labiatae
<i>Indigofera suffruticosa</i> Mill.	Añil, cascabelito	Leguminosae
<i>Oplismenus burmannii</i> (Retz) P. Beauv.	Gramma de conejo, pelillo	Gramineae
<i>Oxalis corniculata</i> L.	Platanillos, acedera, acederilla, chulco	Oxalidaceae
<i>Oxalis latifolia</i> H.B.K.	Acedera, falso trébol	Oxalidaceae
<i>Oxalis acetosella</i> L.	Acedera, platanillo, vinagrillo	Oxalidaceae
<i>Panicum trichoides</i> Sw.	Ilusión, paja churcada	Gramineae
<i>Panicum pulchellum</i> Raddi	Guaduilla	Gramineae
<i>Phyllanthus niruri</i> L.	Balsilla, viernes santo, chancapiedra, quiebra piedra, fortesacha, piedra quino de pobre, bolcilla	Euphorbiaceae
<i>Polygala paniculata</i> L.	Mentol, sarpoleta	Polygalaceae
<i>Polygonum nepalense</i> Meisn.	Botoncillo, corazón herido, la bella, liberal	Polygonaceae
<i>Richardia scabra</i> L.	Ipecacuana, cabeza de negro, poaia branca	Rubiaceae
<i>Sisyrinchium bogotense</i> H.B.K.	Espadilla, fito, cebollín	Iridiaceae
<i>Tradescantia</i> sp.	Panameña, cebra	
<i>Tripogandra cummanensis</i> o <i>Tradescantia cummanensis</i> (Kunth Woods)	Siempre viva, suelda, suelda con suelda	Commelinaceae
<i>Zornia diphylla</i> (L.)Pers	Alverjilla, barba de burro, mariguana del Brasil, encarrugada, trencilla	Leguminosae

Tabla 8.

Arvenses de interferencia muy baja o nobles en cafetales (Adaptado de Gómez, 1990a).

Manejo sostenible de arvenses

Tradicionalmente, en la zona cafetera colombiana, el manejo de las arvenses se ha realizado al utilizar sistemas de control como el uso del machete, guadañadora o azadón, y a partir de la década de 1980, mediante la aplicación de herbicidas, generalmente de acción postemergente. Hasta hace poco, el manejo de las arvenses se enfocaba a la eliminación total de las coberturas, dejando los suelos totalmente desnudos y desprotegidos a la acción erosiva de las lluvias, ocasionando pérdidas permanentes de la capa superficial del suelo, bajas en la productividad e incremento de los costos de producción.



Hoy se habla de **manejo sostenible de arvenses**, el cual consiste en la **disminución de la interferencia de éstas, teniendo en cuenta las tres dimensiones de la sostenibilidad (Social, ambiental y económica), proporcionando condiciones favorables para el desarrollo del cultivo en todas sus etapas.**

Este tipo de manejo tiene en cuenta los efectos directos e indirectos sobre el medioambiente y el hombre, tales como: La degradación de los suelos y aguas, la acumulación de sustancias tóxicas en los productos cosechados, los daños ocasionados a los cultivos, la fauna y la flora, el desarrollo de resistencia de las arvenses a herbicidas y los riesgos para la salud de las familias.

Métodos para el manejo sostenible de arvenses

Prevención de la infestación

Ésta debe ser la primera práctica de un programa de manejo de arvenses, además de ser la más segura y económica. Consiste en evitar la introducción, el establecimiento y la diseminación de las arvenses en áreas donde normalmente no se presentan; la prevención puede realizarse regionalmente o dentro de los lotes de una finca (Gómez *et al.*, 1985). En un programa de prevención son fundamentales las buenas prácticas de cultivo y la limpieza de herramientas, maquinaria y equipos.

Prácticas de cultivo

Incluye todas aquellas prácticas que manejadas eficientemente contribuyen al desarrollo vigoroso de la plantación, de tal forma que ésta pueda competir favorablemente con las arvenses.

Según Gómez *et al.* (1985) las bases para el manejo preventivo de arvenses son:

- Uso de semilla o material vegetal certificado libre de arvenses
- Uso de variedades mejoradas
- Preparación adecuada del sitio de siembra
- Manejo de los residuos del cultivo (ramillas, hojarasca), esparciéndolos en las calles del cafetal
- Establecimiento del cultivo en la época adecuada para asegurar disponibilidad de humedad y un crecimiento rápido y vigoroso de los cafetos
- Manejo integrado de plagas y enfermedades
- Aplicación adecuada y oportuna de fertilizantes químicos y abonos orgánicos
- Densidades de siembra acorde con la variedad y las condiciones ecológicas
- Cubrimiento de las calles del cafetal con coberturas nobles

Manejo manual de arvenses

Consiste en el arranque manual de las arvenses; es el método más recomendado en la etapa de almácigos en el cultivo del café, donde se deben realizar controles muy frecuentes para evitar la interferencia en esta etapa del cultivo y así evitar el crecimiento rápido de las arvenses y, por ende, su competencia.

Este método es también recomendable para el manejo de arvenses en la zona de raíces de las plantas de café, en etapa de levante (menor a 1 año). En las calles del cultivo, este método es viable en lotes de extensión baja y fincas pequeñas, que dependen de mano de obra familiar. Es también recomendado en los sistemas de producción de café orgánico. Cuando existen arvenses de difícil control por otros métodos, como el caso de la especie *Erigeron bonariensis* (venadillo) el control manual es una alternativa viable, incluso para manejo en grandes extensiones.

Manejo mecánico de arvenses

Se realiza al utilizar herramientas de corte manuales o motorizadas, las más comunes en la zona cafetera son: El machete, el azadón y la guadañadora, estas herramientas utilizadas de manera adecuada e integrada son muy útiles para el manejo de arvenses y evitar la erosión. Este método de control debe utilizarse cortando las arvenses a una altura de 3 a 5 cm del suelo. No se recomienda el manejo mecánico en la zona de raíces del cultivo de café, debido al daño que se causa al tallo y raíces.

Consideraciones prácticas

Cuando se utilicen herramientas de corte como el machete o la guadañadora para realizar un control mecánico de arvenses, se debe procurar no causar heridas en las plantas de café, ya que éstas favorecen el ataque de patógenos, que causan la muerte de plantas y afectan la producción del cultivo.

Manejo químico de las arvenses

Este método se basa en la utilización de herbicidas químicos para el manejo de las arvenses. Un herbicida es un producto capaz de alterar la fisiología de las

plantas, durante un período suficientemente largo, para impedir su desarrollo normal o causar su muerte (Gómez et al., 1985). Ésta es una herramienta utilizada para el manejo de arvenses, sin embargo, no es la única ni la más efectiva. En la actualidad el mercado mundial ofrece alrededor de 250 moléculas de herbicidas, que permiten el control de la mayoría de arvenses asociadas a los cultivos (Valverde et al., 2000), pero desde hace más de 20 años no se producen herbicidas nuevos a nivel mundial (Duke, 2012).

A continuación se presentan algunos aspectos generales para el **reconocimiento de los herbicidas químicos**.

Nombre químico: Se refiere al nombre de la molécula del ingrediente activo del herbicida.

Nombre técnico: Generalmente derivado del nombre químico, es el ingrediente activo (i.a.), puede ser una abreviatura del nombre de la molécula química o una

denominación arbitraria. Se usa para denominar los herbicidas en la nomenclatura científica.

Nombre comercial: Es el nombre que le da la casa productora en el mercado y difiere según el laboratorio o casa comercial que lo produce, puede variar de un país a otro. Cuando se hace referencia a la dosis del producto comercial de un herbicida se utiliza el nombre comercial, cuando se referencia la dosis del ingrediente activo, debe usarse el nombre técnico.

Modo de acción: Se conoce como la suma total de las respuestas anatómicas, fisiológicas y bioquímicas que constituyen la acción fitotóxica de un químico, así como la localización física y degradación molecular del herbicida en la planta (Doll, 1982).

Mecanismo de acción: Es el proceso fisiológico más específico donde actúa el herbicida para causar la muerte de la planta (Doll, 1982).

Clasificación general de los herbicidas para su aplicación en cultivos de café	
Herbicidas preemergentes	<p>Se aplican después de la siembra del cultivo pero antes que germinen las arvenses, por ejemplo: El diuron y el oxyfluorfen son herbicidas que desnudan el suelo y tienen un alto poder residual. Estos productos actúan en el suelo sobre la germinación de las arvenses.</p> <p>Se recomienda usar los preemergentes, como oxyfluorfen, en la etapa de almácigo y no en aplicaciones generales en el campo, ya que pueden desnudar el suelo. No obstante, pueden ser útiles para el manejo de arvenses en la zona de raíces de plantas perennes (plateo). Algunos cultivos como el café, cítricos y cacao, pueden ser susceptibles a la fitotoxicidad por la aplicación de herbicidas preemergentes como el diurón (Gómez et al., 1985).</p>
Herbicidas postemergentes	<p>Se aplican después de la emergencia de las arvenses. Para obtener mayor eficiencia en el control se recomienda la aplicación antes de la etapa de floración de las arvenses. Los herbicidas postemergentes pueden ser de contacto como el paraquat, y sistémicos como el glifosato o el 2,4-D sal amina.</p> <p>Según el tipo de arvenses que controlen, los herbicidas postemergentes también pueden clasificarse como selectivos o de amplio espectro, por ejemplo: El fluazifop – butil, selectivo a arvenses de hoja angosta (Gramíneas), el 2,4 D amina selectivo de hoja ancha, y el glifosato, el glufosinato de amonio y el paraquat, clasificados como de amplio espectro.</p>
Herbicidas de contacto	<p>Son aquellos cuyo efecto ocurre casi inmediatamente el producto llega a las primeras células de las hojas o a los puntos meristemáticos, sean del tallo o de la raíz, y actúa solamente en este sitio. Un ejemplo, es el paraquat, que a la vez es un desecante de plantas (Es un herbicida muy tóxico), y el glufosinato de amonio.</p>
Herbicidas sistémicos	<p>Son absorbidos y translocados dentro de la planta para ejercer su efecto en un lugar generalmente distinto al de penetración. Su movilidad ocurre a través del sistema vascular de la planta vía simplasto y/o apoplasto. Tienen la ventaja, que en bajos volúmenes de aplicación y en dosis adecuadas permiten la selectividad de arvenses, lo que favorece que una población de arvenses domine sobre otras.</p>

Aspectos específicos en el manejo químico de las arvenses

En la aplicación de los herbicidas para el manejo químico de las arvenses se deben considerar aspectos relacionados con la aplicación de los herbicidas y la respuesta de las arvenses a su acción.

Factores que afectan la aplicación de los herbicidas

Doll (1981) señala que el éxito del control de las arvenses mediante el uso de los herbicidas no depende únicamente del producto en sí, sino que existen otros factores de igual importancia, que en muchas ocasiones no se tienen en cuenta al momento de hacer un control químico de arvenses, estos factores son:

- **Equipos de aspersión debidamente calibrados**, utilizando la boquilla (800050, 8001, 8002) y presión adecuada (20 a 25 psi). De acuerdo al producto que se aplique, utilizar filtros preboquillas y reguladores de presión de ser necesarios (50 a 100 mallas).
- **Verificar la calidad del agua antes de la preparación de la mezcla a aplicar.** En general, se consideran dos aspectos: El uso de aguas calcáreas o ferruginosas (aguas duras) puede afectar la solubilidad del herbicida causando su sedimentación, situación que se presenta principalmente con aquellos productos cuyo ingrediente activo contiene radicales ácidos. Así mismo, no deben utilizarse aguas que contengan suelo, pues la materia orgánica y las arcillas son coloides que adsorben los productos, afectando así la acción del herbicida.
- **La cantidad del agua** es un aspecto que se debe tener en cuenta, ya que el uso de cantidades inadecuadas puede afectar la uniformidad en la aplicación o disminuir la retención de la solución por las hojas. La cantidad de agua la determina la época en la cual debe hacerse la aplicación. Para aplicaciones de herbicidas preemergentes son suficientes 150 a 250 litros de agua por hectárea, en aplicaciones de postemergentes se recomienda una mayor cantidad de agua, 200 a 300 litros por hectárea, para lograr un cubrimiento uniforme del follaje. Los herbicidas sistémicos deben aplicarse con menos cantidad de agua (200 L.ha⁻¹) y los de contacto en mayor cantidad (300 L.ha⁻¹). Para el caso del glifosato, altos volúmenes pueden reducir la efectividad del tratamiento por dilución del surfactante y retención deficiente de la solución sobre las hojas (Moreno, 1980).
- **Los factores ambientales como la humedad, el viento y la temperatura afectan la eficacia de los herbicidas, por lo tanto, deben tenerse en cuenta**

para aplicar el producto en el momento más indicado. Al momento de hacer la aplicación se debe identificar la humedad del suelo, es así como si se aplican herbicidas preemergentes es preferible que el suelo esté a capacidad de campo. El rocío contribuye a la redistribución del herbicida sobre la superficie de la planta haciendo más eficiente la penetración del herbicida en aplicaciones a bajo volumen; este factor influye en las aplicaciones de postemergentes de alto volumen, al interferir en la retención de la mezcla del herbicida en el follaje. La lluvia puede disminuir la retención del herbicida y así disminuir su efecto; por ejemplo, en aplicaciones de glifosato a alto volumen puede ocurrir un lavado de la mezcla, si dentro de las 3 ó 4 horas siguientes a la aplicación se presentan lluvias, esto debido a la alta solubilidad del producto.

- Con referencia al **viento**, es preferible no efectuar aplicaciones cuando la velocidad del viento sea mayor a 10 km.h⁻¹; también, es necesario determinar la dirección de éste para evitar que un herbicida cause toxicidad a cultivos vecinos.
- **La temperatura elevada influye en las aplicaciones de herbicidas** en varios aspectos:

Aumenta la toxicidad del producto hacia el cultivo. Si se tiene un día muy caluroso y si se aplica un herbicida postemergente podría resultar más tóxico al cultivo que lo normalmente esperado, debido a la mayor evaporación del producto. Ocasiona marchitez de las arvenses, lo que interfiere en la traslocación del herbicida. Inactivan los herbicidas por volatilización. Se aumenta la actividad de algunos herbicidas postemergentes, esto permite disminuir su dosis cuando se aplica en zonas de climas cálidos, como en el caso del 2,4-D. Por el contrario, las bajas temperaturas reducen la tasa de crecimiento de las arvenses, lo que hace más lenta la acción del herbicida, por lo tanto, hay que aplicar mayores dosis del producto. En general, se recomienda efectuar las aplicaciones de herbicidas cuando la temperatura está entre 15 y 32 °C.

Para el caso del glifosato, los factores ambientales que favorecen la fotosíntesis como son la alta intensidad de la luz, la humedad adecuada en el suelo y la mayor temperatura ayudan a maximizar la traslocación del herbicida, ya que el movimiento del glifosato por el floema sigue los mismos pasos y va a los mismos sitios que los azúcares producidos mediante el proceso de la fotosíntesis (Moreno, 1980). Lo anterior se aplica para herbicidas como paraquat y glufosinato de amonio.

Factores que inciden en la respuesta de las arvenses a la aplicación de herbicidas

La aplicación de un herbicida también puede fallar porque la arvense sea resistente o tolerante al herbicida, o por

que se encuentre en un estado de desarrollo avanzado y el herbicida no la controle. Los factores que inciden son:

El tipo y estado de desarrollo de las arvenses. Es importante tener en cuenta el complejo de arvenses existente al seleccionar el herbicida, ya que **ningún herbicida controla todo tipo de arvenses**. Otro factor importante es la tolerancia de las arvenses a los herbicidas, a medida que van creciendo. La época ideal para la aplicación de un postemergente es cuando las arvenses tienen de dos a tres hojas verdaderas (Hoyos, 1990) (Figura 6).

La resistencia de las arvenses a los herbicidas. La resistencia a herbicidas se define como la capacidad desarrollada por una población previamente susceptible, para resistir la aplicación de un herbicida y completar su ciclo de vida. El desarrollo de la resistencia de una especie de arvense a un herbicida, se atribuye principalmente a la presión de selección que ejerce el uso continuo del mismo sobre la población, lo que conlleva a que el control sea cada vez menos eficiente (Heap, 2005). En la práctica, la presión de selección depende de la dosis de herbicida utilizada, su eficacia y la frecuencia de aplicación (Valverde et al., 2000).

Un obstáculo de cuidado al que se enfrenta el agricultor con el control químico de arvenses es la resistencia de éstas a los herbicidas. Valverde et al. (2000), afirman que si no se establecen estrategias sostenibles de manejo integrado de arvenses, la utilidad futura de los herbicidas está seriamente amenazada, debido a que la adopción del manejo integrado de arvenses ha sido limitada.

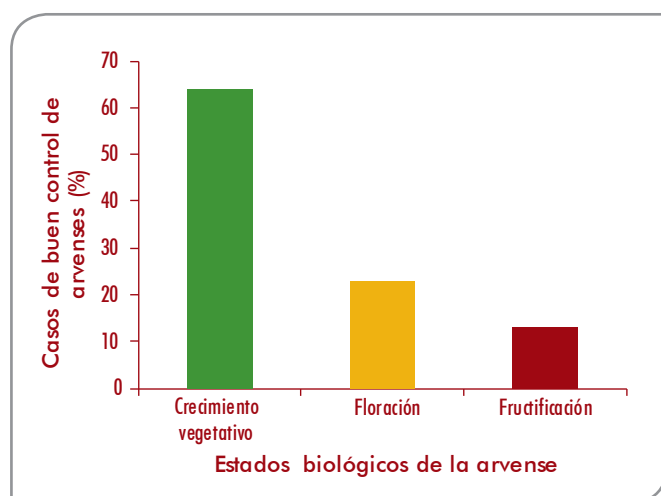


Figura 6.

Estado biológico para el control eficaz de arvenses (Hoyos, 1990).

En el año 2012, la *International Survey of Herbicide Resistant Weeds* registró 210 especies diferentes, en 61 países (Heap, 2012). Desde 1996 hasta el 2012, se han reportado en el mundo 23 biotipos de arvenses que se han tornado resistentes al glifosato, entre ellas están *Erigeron bonariensis* y *Eleusine indica*, presentes en cafetales en Colombia.

En la zona cafetera colombiana especialmente en las áreas de café tecnificado, se evidencian factores del manejo de las arvenses que pueden generar casos potenciales de resistencia a los herbicidas, como son el uso de un herbicida con un solo mecanismo de acción, alta frecuencia en la aplicación del mismo, por más de 20 años, aplicaciones en forma generalizada, calibración poco técnica de equipos y utilización del método químico como única alternativa de control.

En investigaciones realizadas en Cenicafé, Menza (2006) y Menza y Salazar (2006), encontraron que las especies *Eleusine indica* y *Erigeron bonariensis* han adquirido resistencia al glifosato, al comparar el control de un biotipo proveniente de un sitio sin influencia de herbicidas químicos por más de 20 años (Biotipo Finca D –Departamento de Santander) con biotipos provenientes de sitios con altas tasas de aplicación de este herbicida (Más de cuatro veces por año, durante más de 10 años) en Chinchiná y Palestina, en el departamento de Caldas (Biotipos Fincas A, B y C) (Figuras 7 y 8).

Dentro de las recomendaciones para prevenir la resistencia de las arvenses a los herbicidas, se pueden citar:

- El control de arvenses mediante la integración de métodos manuales, mecánicos y químicos de forma conjunta, sin dependencia excesiva en cualquiera de ellos (Njoroge, 1994b).
- Mezcla y rotación de herbicidas con diferentes mecanismos de acción (Wrubel y Gressel, 1994), es decir, cambiar la molécula del herbicida y no solamente el nombre comercial.

Daño a cultivos por fitotoxicidad. Cuando el manejo químico de las arvenses no se hace técnicamente con las debidas precauciones, pueden ocasionarse serios problemas a cultivos, lo que se ve reflejado en la disminución de la producción.

En cultivos de café, cuando se presenta fototoxicidad por herbicidas (Figura 9), es muy poco o casi nada lo que puede hacerse para corregirlo, por lo tanto, es importante tomar las precauciones necesarias para reducir los riesgos de daño.

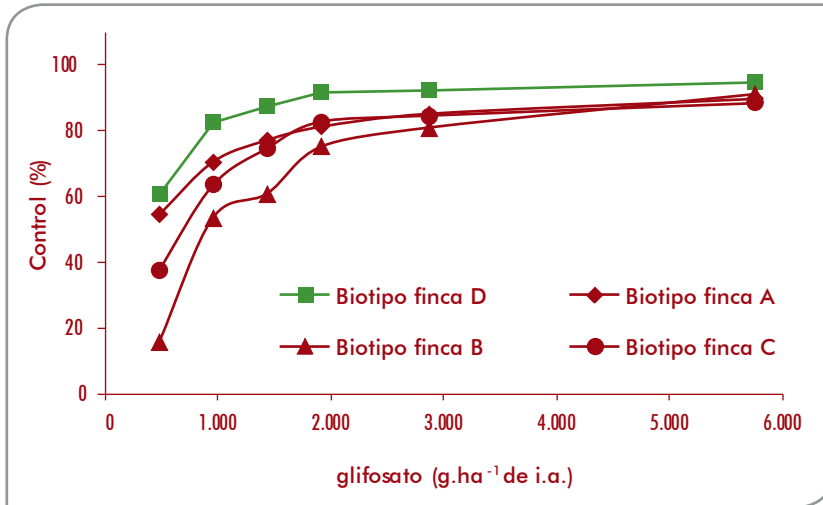


Figura 7.

Control de biotipos de *E. indica* con dosis crecientes de glifosato, 21 días después de realizada la aplicación. Plantas bajo condiciones controladas en casa de mallas (Menza y Salazar, 2006).

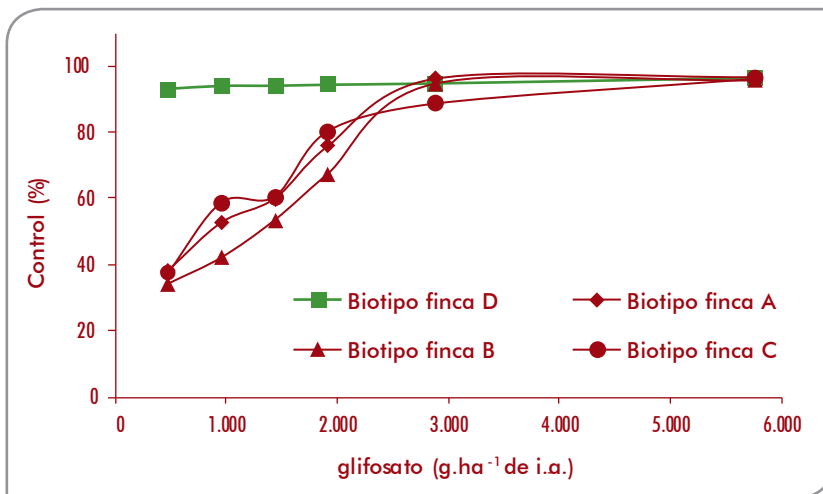


Figura 8.

Control en biotipos de *E. bonariensis* con dosis crecientes de glifosato, 21 días después de realizada la aplicación. Plantas bajo condiciones controladas en casa de mallas (Menza y Salazar, 2006).

Consideraciones prácticas

Cuando ya se ha comprobado la resistencia de una arvense a un determinado herbicida, es necesario (Njoroge, 1994b, Menza y Salazar, 2007):

- Evitar el uso del herbicida al que se ha confirmado la resistencia, salvo que se utilice en mezcla con otros de diferente mecanismo de acción.
- No incrementar la dosis del herbicida al que se ha confirmado la resistencia, ya que se acelera aún más el desarrollo de la misma y cada vez se necesitará de una dosis mayor.
- Limitar el movimiento de las poblaciones resistentes entre los campos, limpiando la maquinaria o herramientas para evitar la transferencia de semillas.
- Emplear otros herbicidas con mecanismo de acción diferente al herbicida que se le confirmó la resistencia.
- Implementación de un programa de manejo integrado de arvenses, para evitar que otras especies sigan adquiriendo resistencia a los herbicidas.



Figura 9.

Síntomas de fitotoxicidad por glifosato en café. **a.** Después de 8 días de la aplicación; **b.** Después de 90 días de la aplicación (Galvis y Salazar, 2009).

Los daños al cultivo de café debido a los herbicidas, generalmente se deben a varios factores, los cuales deben ser tenidos en cuenta antes de la aplicación (Galvis y Salazar, 2009), por ejemplo:

- x Hacer aplicación de herbicidas sobre arvenses en estado avanzado de desarrollo, las cuales sobrepasen la altura del cultivo
- x Aplicación de herbicidas bajo condiciones adversas de clima (vientos)
- x Aplicaciones de herbicida en forma generalizada y reiterada
- x Equipos de aplicación mal calibrados y en mal estado
- x Sobre dosificación del producto
- x Mezcla inadecuada de herbicidas y coadyuvantes
- x Mal o ningún mantenimiento de los equipos de aplicación
- x Operarios sin alguna capacitación o mal capacitados

Eficacia y persistencia de diferentes herbicidas para el manejo de arvenses

Entre 1960 y 1980 la exploración de nuevas moléculas para el control de arvenses en café era frecuente (Gómez et al. 1985). Desde la llegada de glifosato entre los años 1970 y 1980 disminuyó la búsqueda de otras moléculas para el control de arvenses en el cultivo del café. Actualmente, con la evolución de la resistencia de las arvenses a los herbicidas se observa que las herramientas son escasas.

Según Herrera (1983), los herbicidas más empleados y más vendidos en la zona cafetera en 1983 fueron en su orden: glifosato (84,7%), paraquat (13,1%) y oxyfluorfen (10,9%). Así mismo, registró que se usaban herbicidas en el 28% del área con cafetales tecnificados, de los departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda. Entre tanto, Tabares (1989) encontró que en el 74% del área con cafetales tecnificados aplican herbicidas, lo que plantea una adopción generalizada de éstos por los caficultores medianos y grandes en los departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda.

Las investigaciones de Cenicafé han demostrado que el glifosato es el herbicida más eficiente para el manejo de arvenses en cafetales, debido a su alta persistencia y su eficacia hasta del 90% (Tabla 9); sin embargo, su uso generalizado e irracional puede ocasionar erosión, contaminación del ambiente, fitotoxicidad a los cultivos, toxicidad al hombre y, recientemente, se ha registrado la resistencia de arvenses al mismo.

Tratamiento	Dosis de producto comercial (%)			Persistencia (Promedio de días)
	0,75	1,00	1,25	
Eficiencia de control (%)				
glifosato	77	89	91	81
glifosato + 1% de úrea	80	82	89	76
paraquat 200 + 800 diuron	76	81	77	53
glifosato + 2,4-D amina	58	69	73	53
paraquat	68	70	77	46
paraquat 200 + diuron 100	67	69	68	45

Tabla 9.

Eficacia y persistencia del control de arvenses en cafetales con diferentes herbicidas químicos (Hoyos, 1990).

Opciones para el uso de herbicidas en el cultivo del café

▪ Postemergentes no selectivos

Acción sistémica:

glifosato: sal isopropilamina 480 g.L⁻¹, de 2 a 3 L.ha⁻¹.

Acción de contacto:

glufosinato de amonio 150 g.L⁻¹, dosis 1,5 L.ha⁻¹.

paraquat en dosis 1,0 a 1,5 L.ha⁻¹; diurón + paraquat: Gramíneas difíciles (Gómez *et al.*, 1985)

▪ Postemergentes selectivos

Hoja ancha: 2,4-D amina 480 g.L⁻¹, dosis 2,5 L.ha⁻¹, en casos puntuales en café

Gramicidas: fluazifop - p - butil: 1,0 a 1,5 L.ha⁻¹.

▪ Preemergentes: oxyfluorfen 240 g.L⁻¹, dosis 3 a 4 L.ha⁻¹; oxyfluorfen 120 g.L⁻¹, dosis 1,0 a 2,0 L.ha⁻¹; oxyfluorfen 480 g.L⁻¹, dosis 1,0 a 2,0 L.ha⁻¹. Pendimetalina, diurón el cual se debe usar en almácigos (Gómez *et al.*, 1985).

▪ Otros postemergentes potenciales de uso específico: sulfuronos, nicosulfuron: Gramíneas y cyperaceas. metsulfuron metil: Hojas anchas, cyperaceas, helechos.

Control químico de arvenses resistentes a glifosato o de difícil manejo en cafetales

Existen otras alternativas con mecanismos de acción diferentes al glifosato, para el control eficiente de las arvenses estudiadas, que permiten la prevención y el manejo de posibles casos de resistencia. Su utilización puede incluirse preferiblemente dentro de un programa de manejo integrado de arvenses.

Los herbicidas fluazifop -p- butil y glufosinato de amonio, son alternativas químicas (Diferentes al glifosato) eficientes para el control de *E. indica* (Tabla 10). El herbicida 2, 4-D amina, el herbicida

glufosinato de amonio y la mezcla glifosato + 2, 4-D amina, son alternativas químicas eficientes para el control de *E. bonariensis* (Tabla 11), mientras que el glifosato es el herbicida con el cual se obtiene un eficiente control (> 90%) de *E. sonchifolia*.

Panicum laxum, conocido como paja morada por los caficultores de la zona cafetera Central, es una arvense considerada de interferencia alta en el cultivo del café en Colombia. Los mismos agricultores han reportado la dificultad para su manejo con glifosato. Con fluazifop -p- butil, a los 15 días después de la aplicación se alcanzó el valor promedio más alto de control (89%), lo cual coincidió con la mejor calificación por parte del agricultor como buen control (B) (Tabla 12). Paraquat fue

Tratamientos herbicidas	Control (%)	C.V.%
glifosato	54,8	38,2
fluazifop -p- butil	75,2	13,9
glufosinato de amonio	62,5	9,7
glifosato + coadyuvante	61,0	51,8
fluazifop -p- butil + coadyuvante	88,0	2,8
glufosinato de amonio + coadyuvante	77,8	12,8

Tabla 10.

Control de *E. indica* con los diferentes tratamientos de herbicidas (Menza y Salazar, 2007).

C.V.: Coeficiente de variación

Tratamientos herbicidas	<i>Erigeron bonariensis</i>		<i>Emilia sonchifolia</i>	
	Control (%)	C.V. %	Control (%)	C.V.%
glifosato	6,8	65,6	91,5	2,7
2, 4-D amina	96,7	4,8	30,2	80,3
glufosinato de amonio	79,6	38,0	40,1	87,1
glifosato + 2, 4-D amina	96,8	2,1	70,9	5,8
glifosato + coadyuvante	11,5	60,5	84,2	13,3
2, 4-D amina + coadyuvante	94,3	3,7	56,3	36,9
glufosinato de amonio + coadyuvante	87,2	22,5	31,8	54,9
glifosato + 2, 4-D amina + coadyuvante	95,1	2,2	66,8	35,5

Tabla 11.

Control de *Erigeron bonariensis* y *Emilia sonchifolia* con los diferentes tratamientos de herbicidas (Menza, 2006).

C.V.: Coeficiente de variación

	8 dda*	15 dda	21 dda
glifosato (selector)	M	M	M
fluazifop -p- butil	R	B	B
diquat	R	M	M
glufosinato de amonio	B	M	M
paraquat	B	R	R
glifosato (aspersión)	M	M	M

Tabla 12.

Calificación del control de *P. laxum* por el agricultor.

E: Excelente, B: Bueno, R: Regular, M: Malo (criterio del agricultor); *dda: Días después de la aplicación

el herbicida de contacto más eficaz a través del tiempo, al lograr un control de la arvense hasta del 74%, recibió una calificación buena (B) por parte del agricultor 8 días después de la aplicación.

En el cultivo del café en condiciones de la zona cafetera central, con el glufosinato de amonio 150 g.L⁻¹ se obtuvieron los mismos valores de control de arvenses que con glifosato hasta los 28 días después de su aplicación. El tratamiento más persistente en el tiempo, como se esperaba, fue el glifosato, debido a su acción sistémica, con control entre el 91% y el 94% a los 35 días después de su aplicación, en este período de evaluación (Tabla 13) (López et al., 2012).

Manejo seguro de los herbicidas

Al utilizar un herbicida se deben tener en cuenta los siguientes aspectos (modificado de López et al., 2012):

- Evite al máximo el uso indiscriminado de pesticidas por el bienestar de su comunidad. No haga aplicaciones cerca de las viviendas habitadas, ni cerca de fuentes de agua, y menos si estas últimas son para consumo humano o de animales.
- Fomente campañas ambientales y de educación en su comunidad, sobre los riesgos y el uso racional de pesticidas. Una campaña ambiental podría ser la promoción de una semana sin aplicación de

Tratamiento	Dosis por hectárea	Período después de la aplicación (días)			
		15	21	28	35
Cobertura muerta					
glufosinato de amonio 150 g.L-1	1,5	81%–88% a	85%–91% b	86%–93% a	78%–85% b
glufosinato de amonio 150 g.L-1	2,0	83%–89% a	85%–90% b	83%–93% a	79%–86% b
glifosato	2,0	88%–92% a	86%–90% b	89%–92% a	91%–94% a
glufosinato de amonio 150 g.L-1 y Glifosato alternados en el tiempo	2,0	78%–92% a	92%–97% a	91%–96% a	76%–88% b

Tabla 13.

Intervalos promedio de control de arvenses (%) en el cultivo del café con diferentes tratamientos (López *et al.*, 2012).

agroquímicos en su vereda, o el manejo adecuado de los recipientes vacíos que contenían pesticidas.

- Evite realizar aplicaciones generalizadas y reiteradas en todo el lote, ya que esta práctica puede generar pérdidas altas de suelo por erosión y deslizamientos, contaminar las aguas del suelo, además puede contribuir a la aparición de arvenses resistentes a los herbicidas.
- Tome todas las precauciones para manipular el agroquímico, durante la medición, mezcla y aplicación. Antes de iniciar la aplicación lea la etiqueta del producto, debido a que en su mayoría éstos se absorben por la piel o por ingestión.
- Utilice una adecuada tecnología de aplicación: Aplique en el momento oportuno, use una dosis correcta y realice una adecuada calibración de los equipos antes de la aplicación. Los equipos de aspersión deben estar en buen estado, es decir, que no presente fugas o goteos.
- Utilice un adecuado equipo de protección, el cual consta de: Monogafas, careta, gorra con capucha, camisa y pantalón, fabricados en lo posible con material hidropelente, botas de caucho y guantes de nitrilo, el cual se debe quitar y lavar al culminar la aplicación.
- No aplique cuando haya mucho viento y posibilidades de lluvia. Siempre se debe realizar la aplicación a favor del viento, nunca en contra.
- Nunca permita que los niños, madres gestantes, personas sin protección o mascotas estén en el lote en donde se va a realizar la aplicación del producto y después de aplicado el mismo.
- Por ningún motivo intente destapar las boquillas soplandolas con la boca, utilice un cepillo y utilice guantes para su mantenimiento.
- No deje descuidado los plaguicidas, manténgalos siempre en una caja y en un sitio seguro. No deje tirados, en cualquier parte, los envases vacíos de plaguicidas, acumúlelos en un solo sitio del lote.

Aproveche el contenido completo del envase cuando lo vacíe, lave y enjuague tres veces con agua limpia, y agréguela a la mezcla ya preparada.

- Inutilice los envases vacíos, perfórelos y elimínelos según la legislación y las normas locales vigentes.
- Evite siempre comer, fumar o beber durante el manejo y aplicación pesticidas. La ropa que use para realizar la aplicación debe estar limpia. No use la misma ropa para varias aplicaciones, sin antes lavarla. Báñese después de aplicar el producto y póngase ropa limpia, antes de tener contacto con su familia.

Manejo Integrado de Arvenses (MIA)



A partir de la década de 1990, se ha venido incrementando la adopción del Manejo Integrado de Arvenses (MIA), como una de las prácticas recomendadas por Cenicafé para reducir los costos de producción en las fincas cafeteras. Debe resaltarse que el MIA, además de reducir el costo de las desyerbas, es la práctica más eficiente de conservación de suelos en zonas de ladera.

Dentro del manejo sostenible de arvenses está la filosofía del Manejo Integrado de Arvenses, que busca mantener

el suelo con coberturas, para conservarlo al igual que al agua, sin que se afecte la productividad y los costos de producción, lo cual se logra al disminuir la proporción de las poblaciones de arvenses agresivas y favorecer las de fácil manejo, y de mediana y baja interferencia con el cultivo.

Gómez (1990b) midió la erosión como el efecto de la desyerba de cafetales con azadón, machete y herbicidas bajo la modalidad de Manejo Integrado de Arvenses. A partir del tercer año, el cafetal se cerró y después de esta época se requirieron solamente parcheos esporádicos para controlar algunas arvenses. También se observaron pérdidas de suelo por erosión por debajo del nivel de tolerancia ($1,0 \text{ t.ha-año}^{-1}$).

A partir de las investigaciones sobre el MIA, se han tenido las siguientes consideraciones:

- Para el desarrollo normal del cafeto, los dos primeros años son críticos desde el punto de vista de control de arvenses, así como para la erosión de los suelos, debido a que se incurre en un control más frecuente de arvenses.
- Cuando se realizan desyerbas selectivas en esta etapa del cultivo, las pérdidas de suelo por erosión se reducen entre 95% y 97%, debido a la presencia de las coberturas de baja interferencia.
- El solo hecho de integrar diferentes métodos, por ejemplo, el control químico con selector de arvenses y corte con machete, no asegura que se haga el MIA, si esto se realiza para desnudar el suelo. La aplicación del MIA no debe depender exclusivamente de la adopción de una herramienta.

Establecimiento del Manejo Integrado de Arvenses (MIA)

El manejo integrado de arvenses recomendado por Cenicafé contempla los siguientes aspectos:

Plateo del cultivo: Esta labor debe realizarse manualmente en siembras nuevas hasta el primer año del cultivo, posteriormente, puede hacerse mediante la aplicación de herbicidas químicos, utilizando el selector de arvenses.

Control manual: Esta práctica se realiza cuando en los cultivos se encuentren arvenses agresivas de difícil control por otros métodos. Entre ellas tenemos: *Erigeron bonariensis* (Venadillo), *Echinochloa* sp. (Arrocillo), *Talinum paniculatum* (Verdolaga grande) y *Colocasia esculenta* (Bore), arvenses enredaderas, entre otras.

Control mecánico de arvenses: El control mecánico de las arvenses entre los surcos, se realiza teniendo en cuenta que en los cafetales en levante, las arvenses no sobrepasen los 15 cm de altura, y los 25 cm en cafetales en producción. Este control se realizó utilizando machete y guadaña, cortando las arvenses a una altura de 3 a 5 cm del suelo sin dejar el suelo desnudo.

Parcheos selectivos: Esta labor se realiza sobre las arvenses agresivas, una vez éstas alcanzan una altura aproximada de 15 cm; para ello se utiliza el equipo selector de arvenses, aplicando el herbicida glifosato (concentración comercial de 480 g.L^{-1} de i.a.) a una dosis del 10%.

La integración de los anteriores sistemas de manejo promueven el establecimiento de las coberturas nobles a través del tiempo; cuando éstas superan los 25 cm de altura deben cortarse a una altura de 5 cm aproximadamente.

El selector de arvenses utilizado para realizar el Manejo Integrado de Arvenses (MIA)

El selector de arvenses es un equipo sencillo y liviano, diseñado por Cenicafé (Rivera, 1994), para la aplicación racional de herbicidas en forma localizada, sobre arvenses de alta interferencia o muy agresivas.

La finalidad principal de su uso es la conservación de los suelos y aguas, debido a que éste permite el uso racional de herbicidas y el establecimiento de arvenses de baja interferencia o coberturas nobles, que evitan su erosión y degradación.

El primer equipo fue diseñado en el año 1994 por Cenicafé (Rivera, 1994) y hasta hoy ha tenido muchos cambios, que lo han hecho más eficiente y de fácil funcionamiento y manejo.

Por lo anterior, es importante conocer su estado actual (Figura 10), para poder adoptarlo en la finca cafetera como herramienta para el manejo integrado de las arvenses, que permite reducir los costos de las desyerbas entre el 20% al 50% (Hincapié y Salazar, 2007) y la erosión de suelos considerados resistentes a la erosión, en niveles superiores al 50% (Quiroz e Hincapié, 2007).

Características importantes del equipo actual. Está construido en material de polipropileno de alta densidad. Una de las ventajas de este material además de su alta resistencia, es que permite ver el nivel del líquido al



Figura 10.

Uso del selector de arvenses

interior del selector. Desde el año 1997 (Rivera, 1997), el equipo cuenta con un sistema sencillo de regulación para la salida del líquido, utilizando el principio del Frasco de Mariotte, que en términos prácticos consiste en la entrada de aire por medio de una manguera angosta (8 mm de diámetro), que permite llevar el aire al punto más bajo del selector, inclusive por debajo de los orificios de salida, lo cual asegura que la presión del líquido sea nula si el selector se deja en reposo. Los orificios son dos, con un diámetro de 0,5 mm, y están ubicados por encima, con el fin de que la entrada de aire mencionada anteriormente esté por debajo de los mismos (Rivera, 2000).

Indicadores prácticos

- El selector tiene una capacidad de 800 cm³
- La salida de la mezcla del selector tiene una duración que varía entre 50 a 60 minutos, en ese tiempo se aplican 500 cm³ aproximadamente (Salazar e Hincapié, 2007)
- Un trabajador en un día de labor, puede aplicar en promedio entre 4 a 5 L de mezcla (Hincapié y Salazar, 2007)
- El rendimiento por hectárea oscila entre dos a tres jornales, dependiendo de la abundancia de arvenses agresivas, o si se hace el plateo (Hincapié y Salazar, 2007)
- Se deben aplicar herbicidas sistémicos, como el glifosato, a una concentración del 10%, empleando una dosis promedio de 2 L.ha⁻¹ (Rivera, 2000)
- En el primer año del cultivo son necesarios entre cinco y ocho parcheos con el selector de arvenses, integrándolo con dos a tres cortes ligeros con machete o guadaña (Hincapié y Salazar, 2007)

- En el segundo año del cultivo, el uso del selector puede hacerse entre tres a seis aplicaciones (parcheos), integrándolo con un mayor número de cortes ligeros con machete o guadaña (Hincapié y Salazar 2007)

Errores frecuentes con el uso del selector de arvenses.

Las experiencias en fincas de agricultores muestran que los errores se causan principalmente se presentan en la Tabla 14.



Conocer y utilizar el selector de arvenses como herramienta para el manejo integrado de arvenses le permitirá hacer menor uso de herbicidas, reducir los costos de las desyerbas y establecer coberturas nobles para prevenir la erosión de los suelos en su finca.

Efecto del Manejo Integrado de Arvenses (MIA) sobre la producción del cafetal

El MIA no afecta la productividad del cultivo. En condiciones de Chinchiná (Caldas) en siembras nuevas de café variedad Colombia y Castillo®, la producción acumulada de café durante 4 años, obtenida bajo el tratamiento MIA no presentó diferencias con relación a la producción obtenida bajo el sistema de manejo de suelo libre de arvenses (Tablas 15 y 16) (Salazar e Hincapié, 2009; Arango et al., 2010).

Costos del manejo integrado de arvenses (MIA)

Los costos siempre serán una inquietud y limitante para que el cafetero emprenda la adopción del MIA, al igual que las demás prácticas de conservación de suelos y aguas que se implementen se debe demostrar la rentabilidad y efectividad en el tiempo. El MIA comparado con el manejo tradicional de arvenses es hasta un 45% más económico durante los primeros dos años del cultivo. Si los costos del MIA y el manejo tradicional fueran iguales se estaría ganando mucho debido a las implicaciones positivas de esta práctica en la conservación de suelos y aguas (Hincapié y Salazar, 2007).

En un año, las labores del MIA son más frecuentes (7 a 11 veces) frente al manejo tradicional (4 a 6 veces), lo

Problema	Causa y solución
El selector se desocupa rápidamente (Tiempo inferior a 45 minutos)	No hay selle hermético. Revise o cambie el empaque del tapón superior, para lograr un selle hermético.
	Cerciórese que la manguera de entrada de aire llegue hasta la parte inferior del selector, por debajo de los orificios de salida. Revise que los dos orificios de salida estén del tamaño recomendado (Ver Anexo 2. Mantenimiento del selector Tomo 3)
La salida del producto es muy lenta (Tiempo superior a 70 minutos)	Obstrucción de los orificios de salida. La manguera de entrada de aire puede estar obstruida. El material absorbente y el protector pueden estar fuertemente amarrados. El material protector tiene pocos orificios de salida o su tamaño es reducido o pueden estar obstruidos por suelo. Se debe lavar el selector con agua limpia, a presión, con una leve agitación se destaparán los orificios. Siempre se debe filtrar el agua para preparar la mezcla.
	Es posible que la salida del herbicida sea muy lenta. Que el operario no esté bien capacitado sobre las arvenses a las cuales debe aplicar. Se aplica sobre arvenses muy altas o leñosas. La aplicación se realizó en condiciones lluviosas. No se utilizó la dosis adecuada.
El control de arvenses es ineficiente	Falta capacitación del operario. Se realizó el plateo en siembras nuevas o plantas recién zoqueadas, sin deschuponar. El operario levanta el selector sobre la planta constantemente, cuando hace la aplicación o en los recorridos por los lotes. Se aplica sobre arvenses muy altas. Manejo fuerte o a golpes de las arvenses. Utilización de sobre dosis.

Tabla 14.

Problemas frecuentes al usar el selector de arvenses y su solución.

Tratamientos	Producción de café pergamino seco (@.ha ⁻¹)				
	1er Año	2do Año	3er Año	4to Año	Acumulado
MIA	94,30 a*	454,80 a	452,90 a	154,10 a	1156,1 a
Manejo libre de arvenses	59,60 a	506,80 a	485,70 b	185,70 a	1237,8 a

Tabla 15.

Efecto del manejo integrado de arvenses (MIA) y el manejo del suelo libre de arvenses sobre la producción de café en la Estación Central Naranjal (Salazar e Hincapié, 2009).

*Valores seguidos de la misma letra son iguales estadísticamente; @: 12,5 kg.

Tratamiento	Producción (kg/parcela de café cereza)	
MIA	119,7	a*
Testigo libre de coberturas	123,0	a

Tabla 16.

Producción de café obtenida con diferentes tipos de cobertura en condiciones de la zona cafetera central (Naranjal) (Arango et al., 2010), entre 2007-2009

*Valores seguidos de la misma letra son iguales estadísticamente

que no se traduce en mayores costos del MIA frente al manejo tradicional, ya que son más económicas y fáciles de realizar las desyerbas cuando éstas son oportunas, además se reduce la ventaja competitiva de las arvenses frente al cultivo. Las desyerbas con machete o guadaña, desnudando el suelo, son los componentes más costosos

dentro del MIA, en tanto que el control con machete rápido sin desnudar el suelo es un componente importante para el establecimiento de arvenses de fácil manejo y baja interferencia, el cual debe ser complementado con el control químico por parcheos o focos (Hincapié y Salazar, 2007).

Consideraciones prácticas

Es necesario tomar medidas que mitiguen las condiciones de riesgo de la producción del café y la productividad de los suelos, al tener en cuenta que estos cultivos en su mayoría están ubicados en las laderas de la zona andina, con pendientes que varían entre el 10% y el 100%; en ese sentido cobra vigencia el Manejo Integrado de Arvenses (MIA), y dentro de éste el aporte que hacen las arvenses nobles como factor de conservación, al implementarse como cobertura del suelo.

Aunque todas las arvenses son útiles porque protegen los suelos de la erosión, las arvenses de interferencia baja o nobles presentan mayores ventajas comparativas, lo que las hace viables dentro de un MIA para la sostenibilidad de la caficultura, al ser usadas como cobertura viva para la protección del suelo contra la erosión. En esa perspectiva, el manejo integrado de arvenses y las arvenses nobles representan frente al establecimiento de cultivos y frente al uso y la conservación de los suelos, en el mediano y largo plazo, condiciones que favorecen las dimensiones económica, ambiental y social de los sistemas productivos del orden agrícola, y la búsqueda del desarrollo sostenible en la agricultura, así como una medida de mitigación frente a los posibles efectos del cambio climático.

MIA ¡Conocimiento, cambio y adopción!

Recomendaciones prácticas

¿Cuáles son los beneficios de adoptar el manejo integrado de arvenses?

- Se logra reducir, en promedio, el recurso mano de obra hasta el 24% en el primer año y el 42% en el segundo año.
- Disminuye el empleo de herbicidas en un 29% en el primer año y en un 63% en el segundo año.
- Cambia la proporción de las poblaciones de arvenses, de agresivas a nobles o de baja competencia y más fácil manejo.
- Disminuye el consumo y el acarreo de agua hasta en un 95%.
- Las labores son más cómodas y menos fatigantes para los operarios.
- Existe menor riesgo de contaminación ambiental para la fauna y la flora, y un menor riesgo de degradación de la calidad de las aguas superficiales y subsuperficiales.
- Se tiene menor riesgo de daño a los cultivos por deriva de productos químicos.
- Se reduce la presión de selección del herbicida sobre las arvenses, aspecto causante de la resistencia de éstas a los mismos.
- Se incurre en menores costos de los equipos así como de su mantenimiento.
- Se contribuye al manejo integrado de plagas y enfermedades.
- Es la práctica más importante para la conservación de los suelos.

Literatura citada

- ARANGO R., J.G.; SALAZAR G., L.F.; MORALES L., C.S. Respuesta del café a diferentes opciones de manejo de coberturas vegetales. En: Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo, 15. Pereira (Colombia). SCCS. 2010. 4p.
- BLANCO, H.G.; OLIVEIRA, D.A.; PUPO, E.I.H. Efeitos da época de controle do mato sobre a produção de uma lavoura de café em formação. Resultados de 3 anos de observações. In: CONGRESSO Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 6. Ribeirão Preto (Brasil), Outubro 24-27, 1978. Resumos. Rio de Janeiro (Brasil), IBC-GERCA, 1978. p. 56-57.
- BRADSHAW, L.; RICE, K. L. Competencia por agua entre el café y tres coberturas vivas (*Arachis*, *Desmodium* y malezas) en Nicaragua. *Agronomía Costarricense* 22(1): 51-60. 1998.
- DOLL, J. Factores que condicionan la eficacia de los herbicidas. 2. ed. Cali, CIAT, 1981. 20 p.
- DOLL, J. Los herbicidas: modo de actuar y síntomas de toxicidad. 2. ed. Cali, CIAT, 1982. 15 p.
- DUKE O, S. 2012. Why have no new herbicide modes of action appeared in recent years?. *Pest Management Science* 2012; 68: 505–512
- DUQUE O., H. Análisis económico de doce prácticas para mejorar el desempeño de las fincas cafeteras. Chinchiná, Cenicafé, 2001. 57 p.
- ESHETU, T. Weed flora and weed control practices in coffee (*Coffea arabica* L.) in Ethiopia. A review. In: *Colloque Scientifique International sur le Café*, 19. Trieste, Mayo 14 - 18, 2001. París, ASIC, 2001. 9 p.
- FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Cuarenta años de investigación de Cenicafé. *Suelos vol 1*. p. 68, Chinchiná (Colombia) (1982).
- FUENTES D., C. Metodología y técnicas para evaluar las poblaciones de malezas y su efecto en los cultivos. *Revista Comalfi* 13: 29-50. 1986.
- FUENTES, C.L.; ALMARIO G., O.; CIFUENTES V., F. Malezas cyperaceas asociadas con el cultivo del arroz en Colombia. Bogotá (Colombia), AGREVO, 1999. 136 p.
- GALVIS G, C.A.; SALAZAR G, L.F. Identifique y prevenga los daños en cafetales por herbicidas. Chinchiná (Colombia), Avance Técnico 383 Cenicafé, 2009. 12 p.
- GÓMEZ A., A. Las coberturas nobles previenen la erosión. *Avances Técnicos Cenicafé N° 151:1-4*. 1990a.
- GÓMEZ A., A. Manejo integrado de malezas en el cultivo del café y la erosión de los suelos. In: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ. CENICAFÉ. 50 años de Cenicafé 1938-1988. Conferencias conmemorativas. Chinchiná, Cenicafé, 1990b. p. 5-22.
- GÓMEZ A., A.; RAMÍREZ H., C. J.; CRUZ K., R. G.; RIVERA P., J. H. Manejo y control integrado de malezas en cafetales y potreros de la zona cafetera colombiana. Chinchiná, FEDERACAFÉ – Cenicafé, 1985. 254 p. (Mecanografiado).
- GÓMEZ A., A.; RIVERA P., J. H. Descripción de arvenses en plantaciones de café. Chinchiná, Cenicafé, 1987. 490 p.
- HEAP, M.I. Criteria for confirmation of herbicide resistant weeds. [en línea]: www.weedscience.org. 2005a (Consulta: Enero 17, 2005).
- HEAP, M.I. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Online Internet. www.weedscience.com. (Consulta: Diciembre 10, 2012).
- HERRERA O., M. Expectativas sobre la aplicación de herbicidas en áreas cafeteras de los departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda. Manizales, Universidad de Caldas. Facultad de Agronomía, 1983. 221 p. (Tesis: Ingeniero Agrónomo).
- HINCAPIÉ G., E.; SALAZAR G., L.F. Manejo integrado de arvenses en la zona cafetera central de Colombia. *Avances Técnicos Cenicafé (Colombia) No. 359:1-8*. 2007.
- HOYOS B., J. Espectro de control y persistencia de la acción de herbicidas (sistémicos y de contacto) y guadañadora, en 20 especies de malezas más frecuentes en cafetales. Manizales, Universidad de Caldas. Facultad de Agronomía, 1990. 175 p. (Tesis: Ingeniero Agrónomo).
- JARAMILLO R., A. Clima andino y el café en Colombia. Chinchiná (Colombia), Cenicafé, 2005. 192 p.
- LA O, F.; PÉREZ, E.; PAREDES, E.; GARCÍA, R. Umbrales de daño y económico de *Rottboellia cochinchinensis* en papa y maíz. *Protección de Plantas* 2(4):53-65. 1992.
- LEMES, L. N.; CARVALHO L. B.; SOUZA M. C.; ALVES. P. L. C. A. Weed interference on coffee fruit production during a four-year investigation after planting. *African Journal of Agricultural Research* Vol. 5(10), pp. 1138-1143, 18 May, 2010
- LÓPEZ S., J.A.; VILLALBA G., D.A.; SALAZAR G., L.F.; CÁRDENAS S., O.A. Manejo integrado de arvenses en el cultivo de café : Nueva alternativa de control químico. Chinchiná : CENICAFÉ, 2012. 8 p. (Avances Técnicos No. 417).

- MENZA F., H.D. Evaluación de la resistencia de tres arvences de la zona cafetera colombiana al glifosato y alternativas para su manejo. Palmira (Colombia), Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía, 2006 103 p. (Tesis: Ingeniero Agrónomo).
- MENZA F., H.D.; SALAZAR G., L.F. Estudios de resistencia al glifosato en tres arvences de la zona cafetera colombiana y alternativas para su manejo. Avances Técnicos Cenicafé (Colombia) No. 350:1-12. 2006.
- MENZA F., H.D.; SALAZAR G., L.F. Alternativas de control químico para la prevención y manejo de la resistencia de arvences al glifosato. Cenicafé (Colombia) 58(2):91-98. 2007.
- MESTRE M., A. La desyerba en los cafetales produce ganancias. Avances Técnicos Cenicafé N°. 87:1-2. 1979.
- MORENO., A. A. El herbicida Roundup, nueva alternativa para controlar malezas en cafetales. Nueva Agricultura Tropical 23: 7-14. 1980.
- NJOROGE, J.M. Weeds and weed control in coffee. *Experimental Agriculture* 30 (4): 421-429. 1994a.
- NJOROGE, J.M. Advisory notes on management of resistant weeds coffee, Kenya. *Kenia Coffee* 51: 1821 – 1823. 1994b.
- NJOROGE, J.M. MWAKHA E. Observations on the effects of weeding and cover crops on coffee yield and quality. *Kenia Coffee*: 48(569):219-224.1983.
- OERKE, E. C.; DEHNE, H. W.; SCHONBECK, F; WEBER, A. Crop production and crop protection. Estimated losses in major food and cash crops. Amsterdam, Elsevier, 1994. 808 p.
- PRIMAVESI A. Manejo Ecológico del Suelo 5 ed. Buenos Aires (Argentina) “El Ateneo” Pedro García S.A. 1984. 499 p.
- QUIROZ M., T.; HINCAPIÉ G., E. Pérdidas de suelo por erosión en sistemas de producción de café con cultivos intercalados. *Cenicafé (Colombia)* 58(3):227-235. 2007.
- RESTREPO DE F., M.; RIVERA P., J.H. Estudio sobre la diversidad de la flora arvense asociada a la zona cafetera colombiana. Chinchiná (Colombia), Cenicafé, 1993. 23 p.
- RICE, E.L. Allelopathy. 2a. ed. Orlando, FL (Estados Unidos), Academic Press, 1984. 422 p.
- RIVERA P., H. Construya su equipo para aplicación racional de herbicidas y establezca coberturas “nobles” en su cafetal. Avances Técnicos Cenicafé N° 206:1-8. 1994.
- RIVERA P., J. H. Arvenses y su interferencia en el cultivo del café. Avances Técnicos Cenicafé N° 237:1-8. 1997.
- RIVERA P., J.H. El selector de arvenses modificado. Avances Técnicos Cenicafé (Colombia) No. 271:1-4. 2000.
- SALAZAR A., N. Efectos de la intensidad de la desyerba sobre la producción de café. Chinchiná, Cenicafé, 1975. 2 p. (Seminario).
- SALAZAR G., L.F.; HINCAPIÉ G., E. Arvenses de mayor interferencia en los cafetales. Avances Técnicos Cenicafé (Colombia) No. 333:1-8. 2005.
- SALAZAR G., L.F.; HINCAPIÉ G., E. Las arvenses y su manejo en los cafetales. In: SISTEMAS de producción de café en Colombia. Chinchiná (Colombia), Cenicafé-FNC, 2007. p. 101-130.
- SALAZAR G., L.F.; HINCAPIÉ G., E. Interferencia de arvenses en diferentes etapas del cultivo del café en la zona cafetera central. *Cenicafé* 60(2):126-134. 2009.
- SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA PECUARIA E ABASTECIMENTO. MINAS GERAIS. BRASIL. Sistema de Informações do Agronegócio de Minas Gerais. [On line Internet]. Disponible en: <http://www.agridata.mg.gov.br/> (Consultado en Enero de 2004)
- TABARES M., E. Seguimiento y evaluación sobre la aplicación de herbicidas en áreas cafeteras de los departamentos de Caldas, Risaralda y Quindío. Manizales, Universidad Autónoma de Manizales, 1989. 203 p. (Tesis: Posgrado en Economía Cafetera).
- TINNEY W F., AAMODT S O., AHLGREN L H. Preliminary report of a study on methods used in botanical analyses of pasture swards. *Journal of the American Society of Agronomy* 29 (10):835-840.
- VALVERDE, B.E.; RICHIES, C.R.; CASELEY, J.C. Prevención y manejo de malezas resistentes a herbicidas en arroz: Experiencias en América Central con Echinochloa colona. Grafos S.A. caratago (Costa Rica), 2000. 135 p.
- VARGAS, W.G. Guía ilustrada de las plantas de las montañas del Quindío y los Andes centrales. Manizales (Colombia), Universidad de Caldas, 2002. 813 p.
- WRUBEL, R.P.; GRESSEL, J. Are herbicide mixture useful for delaying the rapid evolution of resistance? A case study. *Weed Technology* 8: 635 – 648. 1994.
- ZIMDAHL, R. L. Weed crop competition; A review. Oregon, Internacional Plant Protection Center, 1980. 196 p.

Manejo integrado de enfermedades

Álvaro León Gaitán Bustamante; Carlos Alberto Rlvillas Osorio;
Bertha Lucía Castro Caicedo; Marco Aurelio Cristancho Ardila

El óptimo estado de sanidad de una plantación es un factor determinante para alcanzar su máximo potencial productivo. Las enfermedades reducen la producción del cafetal interfiriendo en el aprovechamiento de la luz en las hojas, afectando la absorción de nutrientes y agua en las raíces, bloqueando el movimiento de sustancias dentro de la planta, reduciendo la eficiencia en el llenado de granos y consumiendo los componentes del fruto, alterando así la calidad del grano de café.

Para reducir el efecto de las enfermedades en la cosecha es necesario iniciar con plantas completamente sanas, en suelos libres de problemas fitosanitarios, y a lo largo de la vida de la plantación procurar mantener una excelente condición saludable de las plantas, mediante la ejecución de prácticas agronómicas oportunas, que propendan por un manejo integrado de las enfermedades.

En este capítulo se revisarán las enfermedades más conocidas del café, sus agentes causales, las condiciones para su aparición y las recomendaciones para su manejo, siguiendo prácticas que también preserven el medio ambiente y la diversidad biológica presente en la finca, que protejan la salud de los trabajadores y habitantes del lugar, y que reduzcan los costos asociados al control de las enfermedades.



Conceptos generales

Una enfermedad se define como una alteración persistente y progresiva que resulta en daño de la planta y que tiene síntomas característicos.

Las enfermedades pueden ser bióticas o abióticas. Las enfermedades bióticas se presentan cuando la planta interactúa con un patógeno que la ocasiona, bajo condiciones ambientales particulares, por ejemplo la mancha de hierro ocasionada por el hongo *Cercospora coffeicola*. Un patógeno es un organismo en el que una parte significativa de su ciclo de vida transcurre habitando un hospedero y obteniendo nutrientes de él. Por su parte, en las enfermedades abióticas, no hay interacción con otro ser vivo, como es el caso de los daños ocasionados en las plantas por el granizo y los rayos, entre otros.

Factores que permiten el desarrollo de una enfermedad biótica

Para que se produzca una enfermedad biótica, se requiere: Una planta hospedante, un patógeno y los factores ambientales.

El factor humano

Un deficiente manejo agronómico o la inadecuada ejecución de las labores en el campo pueden completar los requisitos necesarios para dar como resultado la aparición y desarrollo de una enfermedad. En la medida que sean entendidos esos factores y cómo ocurren esas interacciones en los sistemas de cultivo de café, se pueden diseñar estrategias para hacer un manejo eficiente de las mismas.

El patógeno

Para la planta de café se han reconocido alrededor de 25 enfermedades bióticas, de las cuales la mayoría son causadas por hongos (17), y las demás por bacterias (3), nematodos (3), fitoplasmas (1) y virus (1). En Colombia, los patógenos reportados en el cultivo del café son hongos (11), nematodos y fitoplasmas (Gaitán, 2003).

Los nematodos son un tipo de gusanos de cuerpo cilíndrico no segmentado, la mayoría con tamaños entre 0,5 y 4,0 mm, que están presentes en hábitats variados, desde agua salada hasta el suelo. Las hembras pueden



Figura 1.

Meloidogyne sp., principal nematodo asociado con el cultivo del café en Colombia.

tener tamaños mayores, color blanquecino y forma de pera. Muchos nematodos parásitos de plantas poseen un **estilete** o aguja rígida hueca, con la que penetran los tejidos de la planta y se alimentan mediante la extracción de contenidos celulares. Entre los nematodos asociados con el cultivo del café en Colombia, se encuentran los géneros *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Xiphinema*, *Criconemoides* sp. y principalmente *Meloidogyne* (Figura 1)(Lordello, 1972).

Los hongos son organismos microscópicos que se caracterizan por tener estructuras tubulares que se denominan **micelio**, y reproducirse asexualmente por medio de **conidias**, y sexualmente por medio de **esporas** (Figura 2). Cualquiera de estas dos estructuras reproductivas requiere agua para su dispersión y germinación, y si encuentra condiciones favorables formará nuevo micelio, con el cual el hongo crecerá y podrá parasitar a la planta, causándole una enfermedad, como en el caso de la roya del cafeto ocasionada por el hongo *Hemileia vastatrix*.

Las bacterias son organismos unicelulares microscópicos, con tamaños cercanos a una micra (o la millonésima parte de un metro). Al igual que los hongos, las bacterias no pueden sintetizar su propio alimento, son muy importantes en la degradación de la materia orgánica, y en algunos casos son patógenos de plantas. Las bacterias presentan paredes celulares que les confieren forma, la cual varía entre cocos (Esféricas) y bacilos (Alargadas). Aunque algunas pueden formar estructuras de resistencia llamadas **esporas**, éstas no se presentan en las bacterias causantes de enfermedades de plantas. Entre las especies identificadas como patógenos de café están *Pseudomonas syringae*, *Pseudomonas chichorii* y *Xylella fastidiosa*, las cuales no se han reportado en Colombia.

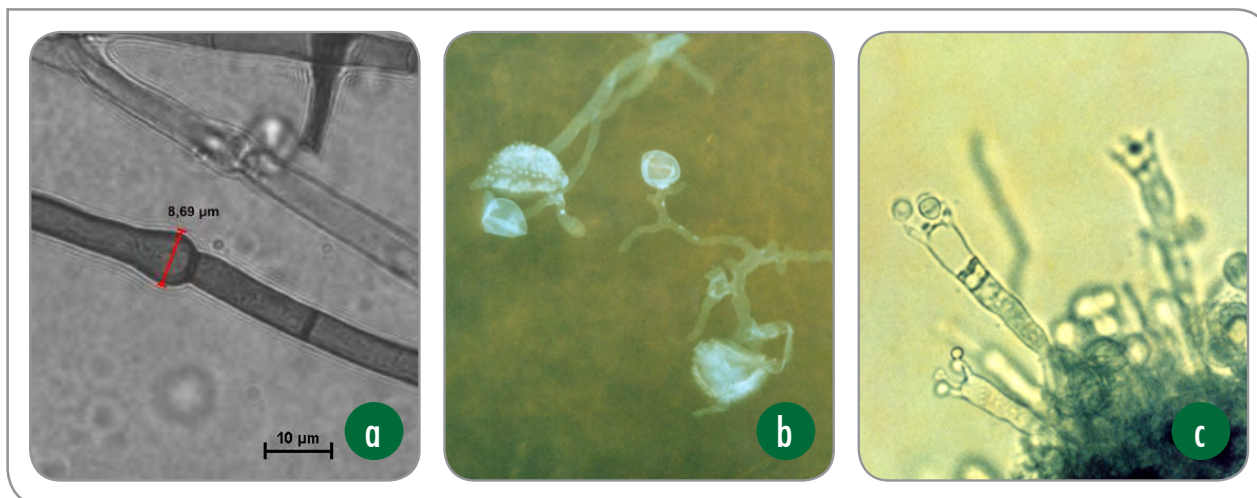


Figura 2.

Imágenes microscópicas de estructuras características de los hongos. **a.** Micelio de *Rosellinia* spp. (Llagas radicales); **b.** Uredospora de reproducción asexual de *Hemileia vastatrix* (Roya del cafeto), con tubos germinativos; **c.** Basidiosporas de reproducción sexual de *Corticium salmonicolor* (Mal rosado).

Los fitoplasmas pueden considerarse como versiones simplificadas de las bacterias. Son organismos unicelulares, de tamaño inferior a una micra, pero no son de vida libre, ya que requieren constantemente de una célula hospedante para su supervivencia. No tienen pared celular y, por lo tanto, presentan formas diversas (Pleomórficos). Carecen de flagelos y no producen esporas. Adicionalmente, poseen diez veces menos información genética que una bacteria. Para su transmisión en la naturaleza requieren estar asociados con insectos vectores. En Colombia son los responsables de la enfermedad conocida como crespesa (Figura 3).

Finalmente, **los virus** son organismos muy diferentes a los otros agentes causantes de enfermedades, en el



Figura 3.

Planta de café afectada por crespesa.

sentido que sólo están constituidos por una cápside de proteína que protege la información genética. Las cápsides pueden tener formas muy variadas, incluyendo cilindros y poliedros. Al igual que los fitoplasmas, son parásitos obligados que requieren permanentemente de una célula hospedante. En Colombia se han presentado brotes esporádicos de ataques virales en café, pero ninguno de manera persistente, al contrario de Brasil donde son causantes de la mancha anular del café.

Influencia de factores ambientales

Además de un patógeno y una planta hospedante, para que ocurra una enfermedad se requiere de condiciones ambientales apropiadas, que incluyen **disponibilidad de agua, un rango de temperatura adecuado, así como protección de la luz ultravioleta del sol.** Finalmente, la presencia o ausencia de otros microorganismos en la superficie de la planta o en el suelo, alrededor de las raíces, puede determinar el éxito en los procesos de dispersión, crecimiento y reproducción de un patógeno.

Dentro de los factores ambientales que más determinan la aparición de una enfermedad se encuentran **la temperatura, la precipitación y el brillo solar.**

La temperatura. A gran escala, la temperatura de una zona tiene una estrecha relación con la latitud y la altitud. A mediana escala, aparece la influencia de los vientos dominantes y las barreras montañosas, y a menor escala, la temperatura también está determinada por la presencia de sombrero y la densidad del cultivo. En

Colombia, por su ubicación geográfica en el “Ecuador Climático”, no se presenta un efecto marcado de la latitud, donde además, las temperaturas medias mensuales a lo largo del año son muy similares. La altitud, los vientos y las barreras montañosas por su parte introducen una gran variabilidad entre zonas cafeteras, no solo porque a mayor altitud menor temperatura media, sino porque en su conjunto determinan la **amplitud térmica**, que es la diferencia entre la temperatura máxima y la mínima de un lugar, y que generalmente puede estar variando entre 7 y 13 °C (Figura 4). Finalmente, está el porcentaje de sombrío y la presencia de bosques o guaduales en los linderos de los lotes de café, además de las distancias de

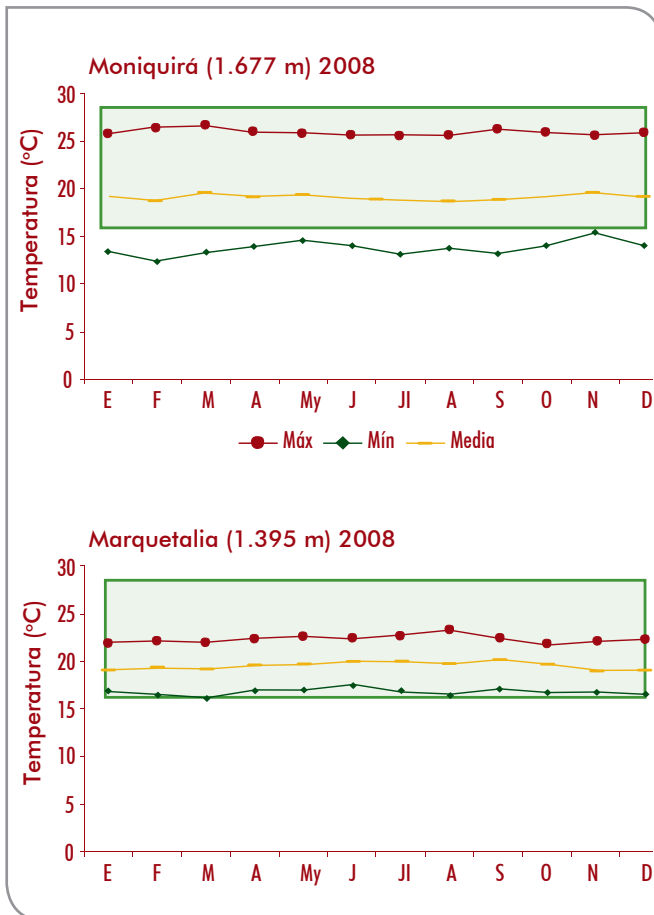


Figura 4.

Comparación entre la amplitud térmica de dos localidades cafeteras. A pesar de presentar la misma temperatura promedio en los sitios durante todo el año, la amplitud térmica en Moniquirá es 7 °C mayor que en Marquetalia. El cuadro verde indica el rango óptimo de desarrollo de la roya del cafeto (16 a 28 °C). Para Marquetalia, todo el año, este rango está dentro de la amplitud térmica. Para Moniquirá, todo el año la temperatura mínima está por fuera del rango óptimo para la roya. Esto contribuye a que la incidencia de roya en Marquetalia sea mayor.

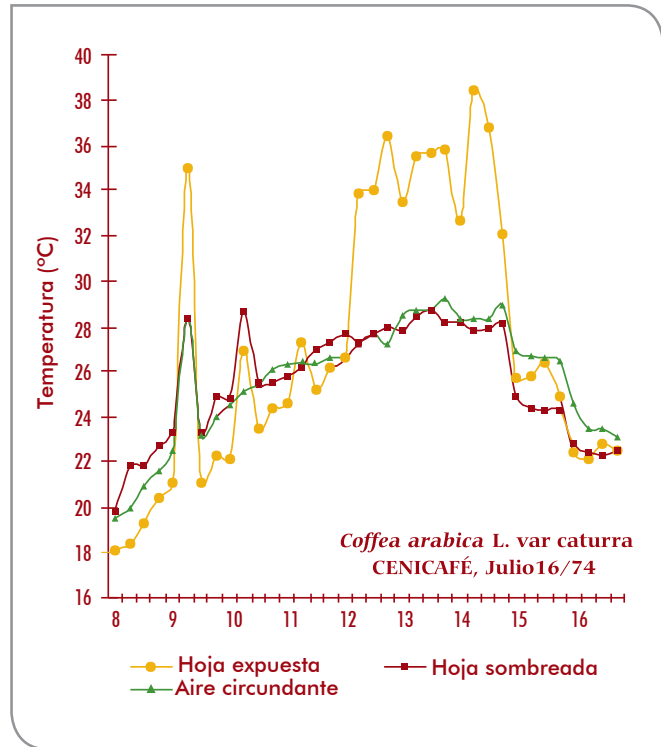


Figura 5.

Temperatura en la hoja de café Var. Caturra, a lo largo del día, expuesta a plena exposición solar o bajo sombrío. De 12:00 m a 3:00 pm se incrementa la temperatura entre 4 y 10 °C por efecto de la radiación solar directa, a niveles que pueden ser inhibitorios para muchos hongos (Gómez y Jaramillo, 1974).

siembra de los árboles de café en el lote, y la presencia de arvenses, que condicionan los denominados microclimas.

El efecto final de todas estas variables en la temperatura se concentra en la superficie de los tejidos de la planta, donde espacialmente se está dando la interacción con los patógenos. Esta temperatura puede cambiar de manera importante si el cultivo está a plena exposición o a la sombra (Figura 5), especialmente en las primeras horas de la tarde, cuando el efecto de la radiación solar es máximo.

La precipitación. Es quizás el factor más influyente en la dinámica de las interacciones entre el café y los patógenos, en particular por el patrón de la distribución de las lluvias en el territorio colombiano, ocasionado por el efecto de la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT). El movimiento de la ZCIT a lo largo del país genera una distribución de lluvias monomodal en la región norte y sur, y una bimodal en la región centro. La dependencia

de los hongos de las condiciones lluviosas, para su dispersión y germinación, hacen que su incidencia esté altamente correlacionada con el patrón de distribución de lluvias en los cafetales. La presencia de meses de baja precipitación actúa como un agente de control, disminuyendo las poblaciones de patógenos, debido a las condiciones adversas. Adicionalmente, la presencia de agua en las hojas se ve limitada a las horas de la noche y a las primeras horas de la mañana, ya que en el transcurso del día el proceso de evaporación remueve la capa líquida de los órganos de la planta.

Sin embargo, en años influenciados por el efecto de La Niña, esos períodos menos lluviosos no se dan, y las precipitaciones son aún mayores en los meses de invierno, lo cual genera que prácticamente durante todo el año se de una disponibilidad permanente de agua, y que en buena parte del día esa capa de agua permanezca sobre las hojas, de manera que continuamente aumenten las poblaciones de hongos patógenos, y se dispare la incidencia de enfermedades.



La temperatura, la precipitación y el brillo solar son los factores ambientales que más determinan la incidencia de una enfermedad.

La calidad y la cantidad de formaciones de nubes influyen en el brillo solar, seguidos de la existencia de árboles de sombrío, y de la misma sombra que se da al interior de los árboles de café, según su edad y densidad de siembra. Además de afectar la temperatura y promover la pérdida de agua, la radiación solar es una fuente de luz ultravioleta (UV), que en general es nociva para los

organismos, por su capacidad de causar mutaciones en la información genética. Por otra parte, la luz UV también puede actuar como un catalizador para activar moléculas, resultando en la formación de compuestos dañinos para la planta, como es el caso de la cercosporina, una toxina producida por el hongo *Cercospora coffeicola*, agente causal de la mancha de hierro.

Desarrollo de la enfermedad

Una vez coinciden en el tiempo y el espacio, el hospedante susceptible, el patógeno, las condiciones ambientales y las prácticas agrícolas favorables, ocurre el proceso de infección, donde el patógeno penetra e invade los tejidos de la planta hasta causar **síntomas** (Figura 6), que corresponden a los efectos físicos generados por el aprovechamiento de los nutrientes allí presentes, que cambian la apariencia de la planta infectada y que pueden ser comunes para muchas enfermedades. Como ejemplos de síntomas están la **clorosis**, que son amarillamientos en las hojas, debidos a la alteración de los cloroplastos, encargados del proceso de fotosíntesis; la **necrosis** es igualmente frecuente como resultado de la muerte de las células vegetales, así como los **marchitamientos**, que son pérdidas de agua en los tejidos, con la consecuente pérdida de rigidez en ramas y hojas. El tiempo transcurrido entre la infección y la aparición de síntomas se conoce como **período de incubación**, y puede durar desde unos pocos días, como en el caso de la roya del cafeto, a meses o años, como ocurre con la crespada del cafeto.

Posteriormente, el patógeno culmina su ciclo de vida en la planta y prepara estructuras reproductivas que servirán de inóculo para iniciar otro proceso infeccioso. Estas estructuras se denominan **signos** (Figura 6), y al contrario de los síntomas, son muy específicos de cada enfermedad. Los signos marcan el momento en que la enfermedad puede transmitirse a otras plantas o a vectores. El tiempo entre la infección y la aparición de signos se denomina **período de latencia**.



Figura 6.

a. Síntomas y **b.** signos de mal rosado en el café, ocasionado por el agente causal *Corticium salmonicolor*.

Cuando la enfermedad se presenta de manera repetitiva en una misma zona se dice que es **endémica**. Se conoce como **epidemia** a aquella aparición de una enfermedad que se esparce rápidamente y con alta frecuencia entre los individuos de una población o área al mismo tiempo (Agrios, 1997). Una epidemia avanza progresivamente, tanto en el tiempo como en el espacio, generalmente con tres fases claramente reconocibles: Una **fase lenta o lineal**, que transcurre desde el inicio de la infección hasta que se completan los primeros períodos de latencia, con la observación de los primeros brotes de la enfermedad; una **fase rápida o exponencial**, donde hay abundancia de inóculo que se dispersa desde focos hacia el material vegetal potencialmente susceptible; y una **fase terminal o máxima**, donde ocurre agotamiento de plantas sanas.



La medición del desarrollo de una enfermedad se realiza mediante la determinación de la **incidencia**, que es la proporción de plantas afectadas, y de la **severidad**, que es la proporción del órgano o del tejido de la planta que presenta la enfermedad. Estas mediciones son importantes para valorar la gravedad de un ataque, tomar decisiones sobre las estrategias de control y evaluar la efectividad de las mismas.

Manejo integrado de enfermedades (MIE)

Una vez diagnosticado un problema y cuantificadas sus dimensiones deben tomarse medidas para evitar mayores daños económicos. Estas medidas deben corresponder a ganancias en producción y en preservación de la sostenibilidad, que en caso de ser exitosas, compensen las inversiones en tiempo, recursos y labores realizadas. Dado que generalmente el manejo de una enfermedad no recae exclusivamente en una sola práctica, sino en la aplicación coordinada y armoniosa de varias medidas de control, se le denomina **manejo integrado de enfermedades** o **MIE**. El MIE busca debilitar o eliminar alguno de los cuatro factores necesarios para la ocurrencia de una enfermedad, como son el hospedante susceptible, el patógeno, el ambiente o las prácticas agronómicas deficientes.

Para esto se hace uso del **control genético**, utilizando variedades de café resistentes a la enfermedad, la **reducción de inóculo** y el **control químico**, atacando directamente la multiplicación del patógeno, el **control biológico**, manteniendo o aumentando la acción de los enemigos naturales del patógeno, y el **control cultural**, realizando un manejo acertado del cultivo (Gaitán, 2008).

A continuación se conocerán algunas de las principales enfermedades bióticas y recomendaciones para su manejo integrado.

Volcamiento

Es una enfermedad asociada a los procesos del germinador.



El volcamiento pre-emergente tiene lugar en el tejido radical inmaduro, resultando en la pudrición de la semilla, o una vez la raíz y el tallo joven inician su crecimiento, sin haber salido a la superficie. Una vez el fósforo rompe la capa de suelo, el volcamiento post-emergente ocurre en la base del hipocótilo, exhibiendo lesiones de color café oscuro que debilitan el tejido y provocan la caída de la plántula. El volcamiento se aprecia como parches en el germinador que son evidentes 15 días después de la siembra (Gaitán, 2003a).

El agente causal es el hongo basidiomicete *Thanatephorus cucumeris* (A. B. Frank) Donk. (Fase asexual *Rhizoctonia solani* Kühn), habitante natural del suelo, en estructuras de resistencia llamadas esclerocios, o invadiendo residuos de plantas o compost orgánico. Bajo condiciones favorables, el micelio del hongo se dispersa rápidamente por el suelo, alcanzando semillas o hipocótilos sanos, infectándolos en 5 días (Gaitán y Leguizamón, 1992).

No se conocen fuentes de resistencia a la enfermedad en las fases de pre- y post- emergencia, pero una vez el tallo madura y las primeras hojas verdaderas aparecen, la planta deja de ser susceptible a los ataques del hongo, iniciando procesos de suberización que bloquean el avance del patógeno.

Consideraciones prácticas

En los germinadores es necesario reducir el inóculo presente en el suelo, cerniéndolo a través de una malla fina, o mejor aún, reemplazando el suelo por arena lavada de río. Para evitar contaminación por salpique, el germinador debe montarse sobre camas construidas a 50 cm de altura. El sustrato debe tratarse con un producto biológico basado en *Trichoderma harzianum* (Castro y Rivillas, 2005), o uno químico, con ingrediente activo tiabendazol, pencycuron, tolclofos-methyl o flutalonil. Una vez se detecte un foco con la enfermedad debe removerse el material afectado con su sustrato, así como las plántulas sanas que lo rodean. Se puede aplicar control químico en el foco (Castro y Rivillas, 2008).

Mancha de hierro



Esta enfermedad es característica de las hojas del café, tanto en estado de almácigo como en plantas adultas, pero es más importante cuando ataca los frutos de café, especialmente en estado inmaduro, ya que resulta en pérdidas significativas de calidad y cantidad de cosecha.

El ataque en granos verdes puede causar el secamiento de los frutos en el árbol, provocando su caída temprana, reducir el peso del grano o secar la pulpa sobre los granos, lo que resulta en manchado del café pergamino y el aumento en la proporción de café pasilla o "guayaba". La venta de café con defectos afecta directamente el ingreso del caficultor, por las penalidades que recibe en los puntos de compra. Los factores de trilla también se ven afectados pasando de 1,3 kg de café pergamino para obtener 1 kg de café verde, a 1,6 ó más (Ángel, 2003).

La enfermedad se observa inicialmente como pequeñas manchas amarillas (Cloróticas) que se tornan cafés y luego negras, alcanzando de 1,0 a 3,0 mm de diámetro, ya sea por la haz o el envés de las hojas. Las lesiones se tornan grises en el centro, rodeadas de un anillo uniforme café. El sitio afectado finalmente toma un color rojo o café oscuro, que puede eventualmente volverse negro, con un círculo externo difuso de color amarillo. Pueden aparecer anillos concéntricos, sin un borde delimitado, y cuando crecen las manchas y se fusionan con otras, generan formas irregulares. Todos los estados de desarrollo de la hoja son igualmente susceptibles (Castaño, 1956a).

En los frutos verdes y maduros las lesiones comienzan con manchas pequeñas y aisladas, que crecen y se profundizan en la medida que el fruto se desarrolla, especialmente si éstos están protegidos de la luz directa del sol. La infección de frutos verdes causa un maduramiento local prematuro, con caída en ocasiones de la cereza. Los síntomas pueden abarcar todo el fruto, haciéndolo lucir seco y de color café oscuro (Castaño, 1956a).

El agente causal de la enfermedad es el hongo *Cercospora coffeicola* Berk y Cooke, el cual produce conidias a una temperatura entre 24 y 30 °C, con humedades relativas mayores al 98%. Estas conidias se dispersan por la lluvia y el viento. La producción sostenida de inóculo garantiza la infección de hojas y frutos en diferentes estados de desarrollo. De 24 a 72 horas después de la infección, el hongo penetra sea a través de los estomas o directamente por la cutícula, preferiblemente durante el día. Después de 14 días, si la planta está expuesta a luz solar, ó 17 días, si está bajo un 50% de sombrero, el tejido infectado comienza a mostrar síntomas debido a la invasión de los tejidos. El hongo produce la toxina cercosporina, que es activada por la luz y causa la muerte de las células (López y Fernández, 1969). Las hojas enfermas caen prematuramente y la defoliación puede alcanzar valores hasta del 90% (Guzmán y Rivillas, 2005).

En frutos, los primeros síntomas aparecen 90 días después de la floración, momento más crítico para ocasionar pérdidas significativas. La severidad de la enfermedad se incrementa en frutos de 4 meses de edad, que maduran de manera prematura. Infecciones posteriores (Frutos mayores a 6 meses) son menos serias, porque el proceso de maduración natural ya se ha completado, y el daño causado al mesocarpo se remueve fácilmente en el despulpado.

La mancha de hierro es una enfermedad influenciada por el estado nutricional de la planta, y es favorecida por los factores que afecten la normal asimilación de nutrientes (Fernández *et al.*, 1966). Factores bióticos como el ataque de nematodos y palomillas que impiden la absorción de agua y nutrientes por la raíz, y factores abióticos como el sobrecrecimiento de raíces o la desnutrición en el almácigo, los suelos arcillosos o arenosos con bajos contenidos de materia orgánica, el déficit o exceso de agua en el suelo, así como la inadecuada fertilización de cultivos al sol y con deficiencia de nutrimentos, son condiciones que propician la aparición de la enfermedad.

Mal rosado



Esta enfermedad se presenta en varias regiones cafeteras del mundo, ubicadas en latitudes tropicales, ocasionando serios perjuicios en la producción, especialmente en siembras con altas densidades. Comúnmente la enfermedad ocurre en cafetales con poca aireación, incrementándose en época de mayor precipitación cuando predomina un ambiente frío y húmedo, lo que favorece el desarrollo del patógeno sobre tallos secos y hojarasca que se acumulan en la parte superior de los árboles; allí, el hongo inicia sus actividades parasitarias en todo los tejidos vivos de la planta.

Consideraciones prácticas

- Para prevenir la mancha de hierro es necesario levantar las plantas de almácigo en condiciones óptimas de sanidad vegetal.
- Si la materia orgánica es baja, es necesario complementar la nutrición mediante dos aplicaciones de 2 g/ bolsa de fosfato diamónico (DAP), a los 2 y 4 meses (Gaitán *et al.*, 2012). Adicionalmente es necesario realizar el manejo preventivo de nematodos y cochinillas.
- En almácigos que requieran medidas más estrictas para el control, se recomienda aplicar 4 g.L⁻¹ de dithiocarbamatos (Dithane o Mancozeb) o 1 mL.L⁻¹ de un triazol (Bayleton CE 250, Punch 40CE o Alto 100SL), con intervalos de 30 a 45 días, dependiendo de la intensidad de la enfermedad.
- En plantaciones productivas, una fertilización adecuada, oportuna y balanceada basada en el análisis de suelos, es suficiente para mantenerse baja la incidencia de la mancha de hierro.
- En sitios donde la enfermedad es endémica, por efecto de suelos poco aptos para café o por microclimas causados por el exceso de brillo solar, es posible realizar labores de control químico con una mezcla de oxiclورو de cobre (3 kg.ha⁻¹) más un triazol (Bayleton, 1 L de polvo mojable 50%) y un surfactante (Carrier, 0,4 L.ha⁻¹), aplicado entre 90 y 120 días después de la floración principal.
- Todas las especies y variedades de café han mostrado susceptibilidad a la enfermedad (Ángel, 2003).

Las epidemias de mal rosado se manifiestan principalmente durante las épocas de lluvia y en años con períodos lluviosos muy prolongados (Fenómeno de La Niña), donde la severidad del ataque del patógeno es mayor. La rentabilidad del cultivo de café es afectada por el daño a las ramas de la zona productiva y en los frutos. Se ha determinado que la incidencia de la enfermedad en parcelas comerciales de café en Colombia llega a ser del 30% al 40% de las ramas productivas (Ortiz, 1991).

Los cafetos afectados por mal rosado son evidentes incluso a distancia, porque las partes terminales de las ramas aparecen con el follaje amarillento, marchito o seco. Las ramas afectadas dan la apariencia de haber sido quemadas, de ahí el nombre común de brasa o quema (Rodríguez, 1964). La evidencia más característica de ataque de mal rosado ocurre cuando los árboles muestran marchitez, rápida defoliación acompañada del ennegrecimiento de los granos en formación, los cuales se cubren de un crecimiento fungoso de color rosado salmón. En ataques avanzados, el tejido leñoso del tallo principal muestra áreas necrosadas en forma de heridas alargadas y profundas, o constricciones irregulares en la corteza, lo cual forma una especie de anillo o callo alrededor de los tallos afectados (ISIC, 1970), ocasionando la muerte de la planta. Los síntomas de la enfermedad se presentan por igual en todas las variedades de café.

El mal rosado es ocasionado por el hongo basidiomicete *Erythricium salmonicolor* Berk. y Br., que requiere de condiciones propicias para suscitar el proceso infectivo que se ha identificado en tres etapas.

Inicialmente se presenta el estado micelial, caracterizado por un tenue crecimiento de micelio en forma de finos hilos blanco plateados que avanza sobre ramas, hojas y frutos, formando una especie de telaraña (Cadena, 1982). Seguidamente, se observa el estado de pústula estéril, con presencia de esclerocios, que son agregados miceliales en forma de motas de algodón, que van del blanco al rosado salmón (Rodríguez, 1964).

El tercer estado, es el más avanzado del ataque del hongo, con abundante crecimiento micelial, a partir del cual ocurre la formación de basidios y basidiosporas, dando apariencia de una costra rosada. Pueden encontrarse hasta 150.000 basidiosporas en 1,0 cm² de costra rosada, con un 90% de germinación (Cadena, 1982). El efecto del hongo se debe a la destrucción de los tejidos conductores de agua y nutrimentos, de las ramas, y eventualmente en el tallo principal, lo que resulta en el secamiento de los tejidos infectados con su posterior necrosis o muerte, comprometiendo en ataques severos la totalidad de la cosecha de una rama.

Consideraciones prácticas

- *En relación con el manejo preventivo del mal rosado, deben mejorarse las condiciones de luminosidad y aireación en los cafetales; para tal fin se sugiere retirar las ramas secas y hojarasca acumulada en la parte superior del arbusto, especialmente después de la cosecha (Castaño y Bernal, 1953). El éxito en el manejo del mal rosado depende inicialmente de un adecuado diagnóstico, mediante revisiones periódicas de los lotes, especialmente en época lluviosa. Una vez identificado el problema, es importante conocer el estado infectivo en el cual se encuentra, mediante la observación de signos del patógeno, ya que de ello dependerá el tipo de control a establecer.*
- *En época de invierno deben hacerse revisiones periódicas y realizar la poda de ramas enfermas, preferiblemente en estado de costra rosada. Las ramas podadas en estado de costra rosada se deben retirar del lote en un costal o bolsa plástica para reducir el inóculo residual y la dispersión de las basidiosporas. Si las ramas están secas y no tienen estructuras del hongo se pueden dejar sobre el suelo sin el riesgo de que ocurran nuevas infecciones en la parte inferior del árbol, ya que se descomponen, deteriorándose y desapareciendo el micelio rosado al no encontrar soporte y sustratos adecuados (Galvis, 2002).*
- *En el control químico, los fungicidas recomendados son óxido cuproso de 50% de cobre aplicado a razón de 4 g.L⁻¹ de agua. Las aplicaciones crecientes de potasio (120 kg y 200 kg.ha-año⁻¹) en cafetales sembrados a distancias de 2,5 x 2,5 m, ayudan al mejoramiento de las plantaciones de café y disminuyen la incidencia de esta enfermedad (Mestre y López, 1976).*
- *Las aplicaciones del fungicida AmistarZTRA 28 SC (cyproconazole+azoxystrobin) en dosis de 750 cc.L⁻¹ (1,8 cc.L⁻¹), realizando tres aplicaciones al año, con intervalo de 45 días a partir de 60 días después de la floración principal en el café, son eficientes. El sistema de monitoreo de esta enfermedad y de alertas tempranas, debe considerar los momentos del aumento de las lluvias o de un fenómeno como el de "La Niña", para aplicar con 30 días de anticipación este producto.*

Llaga macana



La enfermedad conocida como llaga macana o cáncer del tronco es ocasionada por el hongo habitante del suelo *Ceratocystis fimbriata* Ellis & Halst. sensu lato. Se han identificado dos especies del patógeno en suelo colombiano, *Ceratocystis papillata* y *C. colombiana* (Wan Wyk et al., 2010). Cualquiera de estas dos especies ocasiona la muerte de plantas en todos los estados de desarrollo, disminuyendo la población de plantas y, por ende, la producción, especialmente cuando ocurre la pérdida de más del 10% de plantas (Castro et al., 2003). Todas las variedades de café actualmente cultivadas en Colombia son susceptibles a esta enfermedad. De otra parte, este patógeno tiene hospedantes alternos como caucho, cítricos y cacao, entre otros (Marín et al., 2003; Van Wyk et al., 2010).

Las plantas de café infectadas por *Ceratocystis* se distribuyen generalmente en forma aleatoria en los lotes. Los primeros síntomas se evidencian en el follaje, como clorosis, marchitamiento general y muerte de la planta. Estos pueden ser confundidos por ataque de llagas radicales (*Rosellinia* spp.), por mal rosado (*Erythricium salmonicolor*), por ataque de palomilla de las raíces o por encharcamientos. Sin embargo, para dilucidar el ataque de este patógeno, con la ayuda de una navaja, se puede remover la corteza para observar las lesiones negras y endurecidas en el cuello o en cualquier parte del tallo (Fernández, 1964; Castro, 1999). Estas lesiones avanzan longitudinal y transversalmente en el tallo y pueden extenderse hasta las raíces, o anillar el tronco, que es cuando se evidencian los síntomas externos en el follaje.

El patógeno es habitante natural de todos los suelos de la zona cafetera, desde los 800 a 2.000 m de altitud. Penetra a las plantas únicamente por heridas frescas en raíz y tallo, las cuales en café pueden ser ocasionadas durante las labores de descope, poda de ramas bajas, zoqueo, limpieza de arvenses, entre otras (Castro y Montoya, 1997a y 1997b; Castro, 1998). El desarrollo del hongo, tanto en el suelo como en tejidos infectados, es favorecido por la humedad y puede ser diseminado en las herramientas de corte como serruchos, machetes, tijeras o navajas, al ponerlas en contacto con lesiones en plantas enfermas y luego en plantas sanas (Fernández, 1964). Al parecer no se disemina con la motosierra o con la guadaña. Las heridas en la base de las plantas, realizadas por el pisoteo al apoyarse en terrenos pendientes es uno de los factores que mayormente propician el ataque de llaga macana en la zona cafetera de Colombia, causando hasta un 50% de plantas perdidas por esta enfermedad (Castro et al., 2003).

Consideraciones prácticas

- La estrategia más importante para prevenir el ataque de llaga macana es evitar heridas en las plantas. En el caso de ser necesarias labores de poda o zoqueo, deben utilizarse productos que protejan las heridas, aplicando fungicidas como benomyl, tiabendazol o carbendazim, en dosis de 4,0 g ó 4 cc.L⁻¹ de agua (Castro, 1991). Estas aplicaciones en zocas pueden realizarse utilizando el aplicador de contacto (Gómez y Castro, 2004) o la aspersora convencional (Castro, 1991). Se sugiere que la labor de zoqueo se realice en época seca y en caso de realizarse en período lluvioso, los fungicidas antes mencionados se pueden mezclar con pintura anticorrosiva, para evitar que sean lavados por la lluvia. También se sugiere aplicación del hongo *Trichoderma harzianum* (Tricho- D®) (Castro y Rivillas, 2003).
- Afortunadamente existe resistencia genética para este patógeno. Se ha comprobado que las accesiones de las especies *Coffea canephora* y *C. liberica* son inmunes (Izquierdo, 1988), mientras que solo una línea de *C. arabica* var. Borbón ha mostrado resistencia a *C. fimbriata*. A partir de estos materiales se han desarrollado genotipos comerciales de *C. arabica* con resistencia tanto a roya como a llaga macana (Castillo, 1982; Castro y Cortina, 2007).

Llagas radicales



Llaga estrellada



Llaga negra

El hongo *Rosellinia* spp. causa pudrición de raíces en un gran número de especies de plantas en países tropicales y subtropicales, incluyendo plantas herbáceas como la papa, hasta plantas leñosas perennes como forestales y frutales. Las especies *Rosellinia bunodes* y *R. pepo* son predominantes en la región cafetera colombiana, causando serios problemas económicos por la disminución de la población de plantas tanto de café como de cultivos asociados a éste, así como por las dificultades en su manejo y control (Fernández y López, 1964; Castro y Serna, 1999). Todas las variedades de café cultivadas en Colombia son susceptibles a las dos especies, además de cultivos asociados a éste como yuca plátano, cítricos, cacao, macadamia, árboles de sombrío, entre otros, que son mayormente afectados por llaga estrellada (Castro y Serna 2009; Realpe et al., 2006).

Los síntomas externos pueden confundirse con aquellos ocasionados por otros patógenos como llaga macana

(*Ceratocystis fimbriata*) y mal rosado (*Erythricium salmonicolor*); o por ataque de cochinillas en las raíces, así como problemas de encharcamiento en suelos pesados y con mal drenaje. Las plantas afectadas por *Rosellinia* spp. se localizan en focos o parches de tamaño variable y forma irregular. Los primeros síntomas, denominados secundarios, se observan como una clorosis o amarillamiento general de las plantas, seguido de defoliación y muerte. En estas plantas, los síntomas primarios se observan en la raíz o en el cuello, donde se evidencian la pudrición blanda de la corteza y debajo de ésta los signos del patógeno, ya sean puntos o rayas negras incrustadas entre los tejidos, para el caso de llaga negra (*R. bunodes*). Mientras que en el caso de llaga estrellada (*R. pepo*), estos signos pueden ser hilos o micelio blanco, formando abanicos o estrellas sobre los tejidos debajo de la corteza de las raíces (Fernández y López, 1964; Ibarra et al., 1999).

Rosellinia bunodes y *R. pepo* son microorganismos que viven en forma saprófita en el suelo, interviniendo en la descomposición de residuos de raíces y, eventualmente, pueden convertirse en patógenos, invadiendo progresivamente las raíces de plantas vivas, diseminándose por contacto de raíces a partir de un foco inicial (Aranzazu, 1996). El patógeno forma inicialmente micelio blanco brillante, que coloniza la superficie de las raíces, cambiando luego a un micelio de color gris, con apariencia de “pelo de rata”. Posteriormente, el patógeno penetra a los tejidos formando masas de micelio negro o abanicos como los anteriormente mencionados, destruyendo completamente las raíces hasta llegar al cuello o base de la planta, momento en el cual se observan los síntomas externos. Dependiendo de la edad de la planta, el inicio de la infección hasta la muerte de la planta puede ser de meses o años (Fernández y López, 1964; Ibarra y Castro, 1999).

En café como en otros cultivos perennes, se ha observado que los focos de infección iniciales, tanto de *R. bunodes* como de *R. pepo*, están relacionados con residuos o raíces de plantas leñosas que se han eliminado, siendo este sustrato propicio para el desarrollo del patógeno (Castro y Serna, 2009). No obstante, no significa que todos los residuos de tocones o residuos de plantas perennes que se dejen en el suelo sean portadores del patógeno. Eventualmente, se ha notado que residuos de yuca dejados en el suelo pueden incrementar el inóculo del patógeno. De otra parte, el hongo forma estructuras de resistencia que pueden permanecer latentes en el suelo por varios años (Bermúdez y Carranza, 1992; Ibarra y Castro, 1999). Bajo condiciones naturales las dos especies de *Rosellinia* se desarrollan satisfactoriamente en suelos ricos en materia orgánica, temperatura entre 19 y 28 °C, humedad del suelo entre 70%-80% y pH 4,0 a 7,0; mientras que los rayos solares y suelos encharcados inhiben el desarrollo de los patógenos (López y Fernández, 1966).

Consideraciones prácticas

No existe un manejo único de las llagas radicales. El éxito en el manejo y recuperación de sitios infestados para garantizar la supervivencia de plantas a resembrar depende del manejo integrado, el cual se resumen en los siguientes pasos:

- Las plantas con los síntomas deben ser eliminadas al igual que las vecinas a éstas, aunque no muestren síntomas, puesto que es probable que estén infectadas. Estas plantas se deben erradicar, extrayendo rigurosamente las raíces y trozos de éstas.
- Los hoyos o sitios se deben dejar expuestos a los rayos solares, al menos durante 2 a 3 meses antes de resembrar, dando volteos al suelo, de manera que se expongan al sol posibles estructuras del patógeno.
- Después de la solarización, se puede aplicar en forma de drench en cada sitio el fungicida tiofanato de metilo o carbendazim, en dosis de 4,0 g.L⁻¹.
- Un mes después de la aplicación del fungicida puede aplicar el hongo *Trichoderma* spp.
- Resembrar plantas inoculadas con micorrizas, como *Glomus manihotis* o *Entrophospora colombiana* (Castro y Rivillas, 2002; Gutiérrez et al., 2004; Ten Hoopen y Krauss, 2006).

Los cinco pasos mencionados pueden garantizar el control del patógeno. Sin embargo, las dos primeras actividades son claves para asegurar su control. No se han encontrado fuentes de resistencia en café para combatir las llagas radicales.

Phoma o muerte descendente



Esta enfermedad es causada en café por un complejo de especies del género *Phoma* spp., y su nombre común es muerte descendente. Este hongo tiene un rango de hospedantes bastante amplio y dentro de las plantas que ataca están los cítricos (*Citrus* sp.), eucalipto (*Eucalyptus* sp.), manzana (*Malus domestica* Borkh), uva (*Vitis vinifera* L.), pimiento (*Piper nigrum* L.), papa (*Solanum tuberosum* L.), ají (*Capsicum annuum* L.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y zanahoria (*Daucus carota* L.) (Villegas et al., 2009).

El hongo se registró por primera vez en Colombia en 1951, y ha sido reportado en los departamentos del Cauca, Antioquia, Cundinamarca, Caldas, Quindío, Risaralda,

Valle del Cauca, Huila, Norte de Santander y Nariño (Castaño, 1956; Villegas et al., 2009). Es una enfermedad que ataca a todas las variedades de café (Gómez, 1975) y aquellos cafetales fertilizados deficientemente pueden verse más afectados por el patógeno (Quintero y Buritica, 1976). La muerte descendente es una enfermedad típica de zonas altas (Gil y Leguizamón, 2003), en la que los mayores niveles de infección se presentan en épocas lluviosas y con temperaturas bajas, las cuales se relacionan con días con poca luminosidad (Gómez y Bustamante, 1977).

En las etapas iniciales de la enfermedad se observa la aparición de manchas negras, opacas y pequeñas, en el ápice de las hojas recién formadas. Si las condiciones son favorables, la lesión cubre toda el área foliar y las hojas se caen. En los bordes de las hojas maduras, inicialmente se aprecian una o dos manchas cloróticas, y después de 5 días, las manchas se necrosan y las lesiones se unen hasta alcanzar de 2,0 a 3,0 cm de diámetro. En algunas ocasiones se puede observar un encrespamiento producido por el crecimiento del tejido sano alrededor del área afectada (Castaño, 1956b; Gil y Leguizamón, 2003).

Una vez la enfermedad se establece, los tejidos del tallo mueren desde el brote en forma descendente, y de allí su nombre. Como respuesta a la muerte del brote principal del tallo y de las ramificaciones laterales, se presenta un desarrollo anormal de la planta, caracterizado por la proliferación de nuevos brotes y de ramas laterales

pequeñas, que en conjunto dan la apariencia de roseta. El hongo penetra por los estomas y aberturas naturales (heridas), aunque hay evidencias de que los insectos pueden estar involucrados en la penetración del hongo. El ciclo del hongo dura entre 60 y 70 días, dependiendo de las condiciones ambientales (López y Fernández, 1969).

Consideraciones prácticas

El manejo de la muerte descendente debe iniciarse en el momento de la aparición de los primeros síntomas, tanto en el almácigo como en las plantaciones establecidas. Entre las prácticas que se tienen para su manejo está el control cultural por medio de la instalación de barreras rompe vientos y el control químico, por medio de la aplicación de fungicidas como captan (Captan 80WG; Orthocide 50% PM), en dosis de 4 g.L⁻¹ de agua (Villegas et al., 2009).

Ojo de gallo o gotera



Fue la primera enfermedad descrita en café en el continente americano. La enfermedad fue observada y estudiada por primera vez en Colombia, en el año 1876, y posteriormente, se encontró en todas las áreas cafeteras del continente americano, y de ahí su nombre de mancha americana (Wang y Avelino, 1999). El hongo causante de la enfermedad se caracteriza por presentar dos tipos de cuerpos fructíferos: Las gemas o cabecitas que corresponden a la fase de reproducción asexual del basidiomicete *Mycena citricolor* (Berk y Curt.) Sacc., cuyas estructuras son pequeñas, mucilaginosas, de color amarillo azufroso, en forma de alfiler, que le permiten al patógeno diseminarse y adherirse a la hoja, y el basidiocarpio, que se desarrolla en material vegetal en descomposición.

El síntoma típico de la enfermedad es la formación de lesiones circulares u ovaladas de unos 50 mm de diámetro en las hojas, que tienen color rojizo y se tornan gris claro a medida que envejecen. Eventualmente terminan desprendiéndose de la hoja, dejando un agujero en medio del tejido aún verde. El principal efecto de estas lesiones es causar la caída completa de la hoja, que puede llevar a defoliaciones que comprometen el llenado de los granos.

Para iniciar la infección sobre las hojas o los frutos, el hongo requiere altas precipitaciones, humedades permanentes, bajas temperaturas y bajo brillo solar (Tewari et al., 1986). Estas condiciones se encuentran usualmente en cafetales bajo sombrero abundante, propias de los cultivos tradicionales. Aunque generalmente los cafetales tecnificados no presentan ataques de gotera, zonas o períodos de alta nubosidad, pueden llevar a reducidas horas de luminosidad acompañadas de menor amplitud térmica, que permitan la expresión de la enfermedad, aun en cafetales a plena exposición. En los tallos y ramas tiernas, inicialmente las lesiones son grisáceas, pero con el tiempo se oscurecen y se alargan, y llegan a cubrir todo el entrenudo, comprimiendo la superficie de la corteza (Castaño, 1951).

El efecto de la enfermedad sobre el rendimiento de la planta se debe principalmente a la defoliación, dado que una lesión en la vena central, cerca de la base de la hoja, causa epinastia o crecimiento hacia abajo de las hojas jóvenes y caída prematura de las hojas adultas. Se considera que esta enfermedad es importante en plantaciones de café que no son podadas adecuadamente y que están establecidas bajo sombra excesiva, en regiones húmedas, permitiendo que las ramas entren en contacto con arvenses afectadas por el hongo o que éste se encuentre en condición de saprófito en el material orgánico que está sobre el suelo en descomposición (Rivillas y Castro, 2011).

Esta enfermedad es capaz de causar serias pérdidas. Cuando la enfermedad es severa, las disminuciones en rendimiento ocurren desde el primer año de la epidemia, lo cual se puede considerar como pérdida primaria. Este fenómeno puede explicarse por el hecho de que la enfermedad afecta también los frutos, provocando su caída. Por otra parte, la defoliación causada por la enfermedad induce una pérdida secundaria, en la cual los efectos se observan sobre la producción del siguiente año.

Otros aspectos relacionados con la intensidad de la enfermedad y sus efectos en las plantas de café son la distancia de siembra entre plantas, el porcentaje y tipo de sombra expuesta sobre la planta, la altura de la planta y el sistema de poda del cultivo. Árboles forestales y frutales intercalados con café, propician las condiciones

para la aparición del hongo. Aparentemente el nivel de fertilización no está asociado con la presencia de la enfermedad.

Conviene tener en cuenta que a causa del inóculo residual, parece más recomendable empezar el control de la enfermedad a inicios de la época lluviosa con un fungicida sistémico, como el cyproconazol, para luego continuar con fungicidas protectores (Waller et al., 2007).

Consideraciones prácticas

Debido a la alta dependencia del ciclo de vida del hongo causante de la gotera de las condiciones de humedad, temperatura y brillo solar, es importante adelantar labores de prevención como:

Conducir acciones preventivas ante un eventual fenómeno de La Niña, especialmente al inicio de los meses de lluvias de cada región en particular. La presencia constante de nubes, sea por efectos locales o por condiciones regionales, es una señal de alerta para realizar evaluaciones de incidencia de la enfermedad, especialmente con sombríos o altas densidades de siembra.

Realizar adecuadas prácticas agronómicas, como el manejo de arvenses, que es un requisito para mantener bajos los niveles de inóculo en fuentes cercanas a la planta de café. Adicionalmente, las podas o desbajeres en los cafetos evitan que las ramas inferiores entren en contacto con material afectado por gotera en el suelo, y permite la aireación de los cafetales y la disminución de la humedad. El uso racional de sombrío y de densidades de siembra hasta 8.000 plantas/ha, mejora la luminosidad en los lotes, favorece la evaporación del agua y crea condiciones desfavorables para el patógeno (Campos, 2010).

Sustituir gradualmente en las fincas la sombra nativa, densa e irregular, por árboles cultivados, adecuados y sembrados de manera regular.

Realizar una adecuada nutrición de las plantas, ya que la planta con esta buena condición es fuerte y tolera la enfermedad a través del incremento del follaje, condición fisiológica que en ocasiones puede ser más rápida que la misma epidemia.

Evitar los encharcamientos y profundizar los drenajes donde el exceso de humedad lo requiera.

Es recomendable empezar el control de la enfermedad a inicios de la época lluviosa con un fungicida sistémico, para luego continuar con fungicidas protectores. Los fungicidas del grupo de los triazoles son efectivos en el control de la enfermedad y dentro de éstos, el cyproconazol ha mostrado una alta efectividad. Para el control químico de la enfermedad se recomiendan aplicaciones de cyproconazol (Alto 100 SL) a una dosis de 440 cc.ha⁻¹ de producto comercial, realizando cuatro aplicaciones, con intervalos de 20 días en las primeras aplicaciones y de 45 días en las últimas.

Crespera



Es una enfermedad endémica de los cafetales que afecta el desarrollo normal de las partes aéreas de la planta, especialmente las hojas y los botones florales. Se caracteriza por la presencia inusual de hojas curvadas y delgadas, que crecen de manera masiva, reemplazando los meristemos florales por foliares (Filodia), y con ocasional clorosis en los bordes. Las florescencias son pocas o nulas, y se puede incrementar la frecuencia de frutos monospermiados (Caracol). Normalmente, se considera como una afección poco severa, que no afecta la producción o la calidad, ya que ocurre principalmente en las ramas más viejas de la planta, o se revierten los síntomas en ramas más jóvenes, pero en casos muy graves puede llevar la planta a un estado de enanismo, por la reducción de las distancias entre ramas y entre nudos, además de reducir dramáticamente la producción por la incapacidad de producir flores (Galvis, 2006a).

El agente causal es un fitoplasma de la familia 16SrIII (Galvis, 2007). Se ha demostrado que los cicadélidos *Clinonella decivata* y *Graphocephala* sp. actúan como vectores del fitoplasma, por su actividad chupadora en las hojas (Galvis, 2006b). El período de incubación de la enfermedad puede tomar años.

Consideraciones prácticas

Para el manejo de la crespada se recomienda no realizar una eliminación excesiva de arvenses, ya que esto obliga a los cicadelidos a alimentarse solamente de café. Esta situación se agrava con la ocurrencia de períodos secos como aquellos asociados al fenómeno de El Niño. Podas y zoqueos son contraproducentes, pues incrementan la expresión de los síntomas, por lo que plantaciones muy afectadas deben ser renovadas con siembras de material nuevo y sano. No se requieren fertilizaciones o acondicionamientos del suelo adicionales a los recomendados bajo condiciones normales (Galvis, 2006a).

Mancha mantecosa



Es una enfermedad poco frecuente, condicionada a la transmisión genética de la susceptibilidad. Se caracteriza por la aparición de manchas circulares amarillentas de 2,0 a 4,0 mm de diámetro y de apariencia aceitosa, tanto en las hojas como en los frutos. Las lesiones pueden fusionar y generar manchas rugosas y hundidas. Los frutos pueden ser atacados en todos los estados de su desarrollo, pero en infecciones tempranas causa su caída y en etapas posteriores la pérdida de la calidad.

El hongo *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz & Sacc. ha sido asociado a la enfermedad. No hay transmisión por semilla. Como la mancha mantecosa no causa pérdidas económicas importantes y su distribución es muy limitada, no se recomiendan medidas de control, excepto la erradicación de plantas afectadas y su reemplazo con plantas sanas. Las semillas de plantas susceptibles no deben ser usadas para propósitos de propagación (Gil, 2003).

Antracnosis

La antracnosis es una enfermedad caracterizada por la presencia de lesiones necróticas en hojas, botones florales, frutos y ramas, causada por las especies *Colletotrichum acutatum* y *C. gloeosporioides*. Estos hongos son habitantes normales en la superficie de los órganos de la planta, pero ocasionalmente pueden estar constituidos de manera predominante por aislamientos patogénicos que ocasionan daño a la planta, bajo condiciones de alta humedad y altas temperaturas.

El hongo penetra directamente los tejidos de glomérulos, flores y frutos en formación, invadiendo posteriormente otros tejidos. El hongo puede permanecer allí sin causar síntomas por períodos largos (Fase quiescente), al activarse puede ocasionar manchas de color café oscuro, que se inician en la base de la estructura floral, extendiéndose hasta cubrirla por completo. Las manchas se tornan necróticas y se pueden presentar en todo el nudo afectado. Los daños en el estado floral de comino se presentan en la parte media e interna de la rama, pero en casos extremos puede implicar todos los nudos presentes (Gil, 2001).

Los frutos verdes son afectados por las infecciones quiescentes previas, pero no por nuevas infecciones desde la parte externa, ya que el hongo es incapaz de penetrar y causar síntomas en estos estados aun en presencia de heridas. Una vez el fruto madura se torna susceptible al ataque externo del hongo, sin requerir heridas para su penetración.

Además de condiciones climáticas favorables, otros factores que pueden influir en la presencia de antracnosis de manera endémica en un lote son los suelos pesados, las densidades de siembra altas, la presencia de plantas en el cafetal con porte medio y follaje denso, como cacao y guayaba.

Consideraciones prácticas

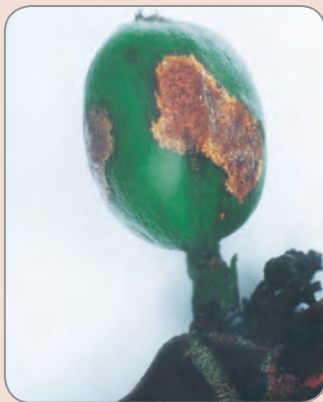
Para disminuir la incidencia de antracnosis se deben tomar medidas que reduzcan la humedad en el microclima, como es el manejo adecuado de arvenses, la ampliación de distancias de siembra o la reducción de número de tallos por hectárea, disminuir la intensidad del sombrero y seleccionar plantas para sombrero con baja densidad de follaje.

Fumagina



Corresponde a la formación de una capa felposa delgada sobre la haz de la hoja o en la superficie de los frutos, que interfiere con la fotosíntesis. Es muy abundante en condiciones de sombra y alta humedad. La fumagina es causada por hongos del género *Capnodium* y *Fumago*, y normalmente se asocia con insectos como *Planococcus citri* (Risso), cuyas secreciones dulces promueven el crecimiento de los hongos. Aunque es muy frecuente, no se considera un problema económico importante, y por lo tanto, no amerita medidas de control excepto por la remoción de sombra e incremento de las distancias de siembra si el problema es crónico.

Enfermedad de las cerezas del cafeto (CBD)



Es una enfermedad que todavía no está presente en el continente americano, pero se reconoce como la más limitante para las plantaciones de *Coffea arabica*, después de la roya del cafeto, con la particularidad que es más amenazante en las altitudes de 1.200 a 2.000 m.

El CBD, que corresponde a las siglas en inglés para *Coffee Berry Disease*, se detectó inicialmente en Kenia en 1922, y desde entonces se ha dispersado por el continente africano, donde causa de un 20% a un 30% de pérdidas en producción, pero que en años de altas precipitaciones puede llegar al 80% (Gil et al., 2000).

El CBD es causado por el hongo ascomicete *Colletotrichum kahawae* J. M. Waller & Bridge, el cual puede atacar botones florales, flores, hojas, pero especialmente los frutos entre 4 y 14 semanas de desarrollo. El síntoma distintivo del CBD en frutos verdes se aprecia como una lesión café oscura, ligeramente hundida, que puede aparecer en cualquier parte de la superficie y extenderse hasta cubrirla por completo. Si las condiciones de humedad son adecuadas, una masa rosada de esporas se puede producir en la lesión.

Otro síntoma posible es la lesión en costra, que tiene un color pálido con apariencia ligeramente hundida, con una frecuente formación de anillos concéntricos por parte de los acérvulos, que son las estructuras de reproducción del hongo. Este tipo de lesiones se tornan corchosas, poco desarrolladas y permanecen latentes durante el desarrollo del fruto, convirtiéndose en activas solamente cuando el fruto madura, y causando poco efecto en la producción (Gil et al., 2002).

Consideraciones prácticas

Para Colombia es muy importante evitar la llegada del CBD, controlando la introducción de semillas de países productores que ya tengan el CBD. En caso de detectar plantaciones con sintomatología sospechosa es necesario reportar de inmediato a las autoridades sanitarias para realizar confirmación en el sitio. Mientras tanto no debe permitirse la entrada de personal al lote o mover material enfermo, para evitar dispersión adicional. Por pruebas realizadas en Portugal, se sabe que algunos de los componentes de la Variedad Castillo® presentan resistencia al CBD.

Nematodos



Las plantas afectadas por nematodos presentan menor tamaño, clorosis, defoliación, deficiencias de elementos menores, escasa respuesta a la fertilización, mayor daño por efecto de sequías prolongadas, alta incidencia de mancha de hierro, disminución en su producción, y se compromete seriamente el éxito de su renovación por zoca, todo como consecuencia del daño en la raíz. Las nudosidades en la raíz son los síntomas secundarios característicos del ataque de los nematodos del género *Meloidogyne* en café (Gaitán et al., 2008).

En la caficultura colombiana, los nematodos se mencionan desde 1929, y hasta el momento se han identificado las especies del género *Meloidogyne*, *M. incognita*, *M. javanica*, *M. hapla*, *M. arenaria* y *M. exigua* como aquellas que afectan la producción y limitan el área renovable (Quintana et al., 2002). En Colombia, el nematodo *M. exigua* ataca fundamentalmente la cofia de raíces tiernas durante la etapa de germinador, mientras que el complejo *M. incognita* y *M. javanica* ataca las raíces de absorción de nutrimentos de plantas de almácigo o en el campo, formando masas de huevos en éstas. Las poblaciones de las diferentes especies de *Meloidogyne*, subsisten en condiciones de campo en las raíces de las plantas de café y en la casi totalidad de arvenses presentes en los cafetales, lo cual ha sido confirmado con la identificación de estas plantas hospedantes de *Meloidogyne* spp., en zonas cafeteras del país.

Los nudos ocasionados por *M. exigua* tienden a ser enteros, sin rupturas, del mismo color de la raíz y localizados generalmente en las raíces laterales. *M. incognita* y *M. javanica*, en forma individual o en complejo, se establecen sobre el cuello, la raíz pivotante y las raíces laterales, donde ocasionan nudosidades que al romperse longitudinalmente permiten la degradación de los tejidos afectados por otros habitantes del suelo. Las nudosidades ocasionadas por estas últimas especies

son de menor tamaño que las producidas por *M. exigua* y presentan necrosis parcial o total (Baeza et al., 1977). La corteza del cuello y de la parte superior de la raíz se engrosa, toma consistencia corchosa y se agrieta, además ocurre proliferación de raíces secundarias que salen casi paralelas a la raíz principal y presentan numerosas ramificaciones.

El ciclo de vida de las especies de *Meloidogyne* spp., comienza con un huevo en estado de una célula, depositado por una hembra, en una masa que tiene entre 500 y 3.000 huevos, la cual está parcial (*M. incognita* y *M. javanica*) o completamente (*M. exigua*) embebida dentro de la raíz de una planta hospedante. El desarrollo del huevo comienza pocas horas después de su deposición hasta llegar a la formación de una larva completamente desarrollada con su estilete visible, que corresponde al primer estado larval. La primera muda tiene lugar en el huevo para pasar a su segundo estado larval, en el cual el nematodo emerge del huevo y penetra las raíces del hospedante para iniciar su proceso parasítico. Los siguientes estados y el de hembra adulta ocurren dentro del tejido del hospedante. El ciclo total de *M. exigua* en *Coffea arabica*, var. Caturra es de 70 días, mientras que para *M. incognita* es de 48 a 52 días (Villalba et al., 1983).

Las larvas de *M. exigua* y *M. incognita* se introducen en los tejidos de la zona comprendida entre la cofia y la zona de iniciación de los haces vasculares, el tejido restante de la raíz parece ser no apto para el parasitismo, debido posiblemente a su lignificación; en investigaciones realizadas inoculando nematodos en plántulas de café de diferentes estados de desarrollo, se demostró que en la medida que las plantas se acercaron al trasplante (6 meses) se redujo drásticamente la cantidad de daño en la raíz pivotante y en el cuello. De ello se deduce que el período crítico de establecimiento de las poblaciones de *Meloidogyne* spp. son los primeros estados de desarrollo en las plantas en el almácigo y que la severidad de los daños tiende a ser menor, aun con *M. incognita* y *M. javanica*, en la medida que el contacto parásito - hospedante sea más tardío (Arango, 1977).

La dinámica poblacional de *M. exigua* es restringida, ya que la localización de las masas de huevos dentro del tejido del parénquima hace que la colonización de nuevas raíces, por las larvas que eclosionan, esté sujeta a la degradación de las nudosidades, mientras que para *M. incognita* y *M. javanica* dicha dinámica es favorecida por presentar masas de huevos externas a la raíz, lo cual incrementa las posibilidades de que nuevas raíces sean infectadas por las nuevas generaciones de estas especies (Leguizamón, 1976; Arango, 1977; Cano et al., 1980).

Consideraciones prácticas

Para el manejo de problemas causados por nematodos debe considerarse primero la obtención del suelo para la preparación de almácigos, preferiblemente de la misma finca, ya que se corre el riesgo de traer suelo de sitios que alberguen una o varias de las especies de *Meloidogyne*, introduciendo nematodos en áreas de baja población. No obstante, y como una medida preventiva, el control debe iniciarse en los primeros estados de desarrollo de la planta, en estado de almácigo.

La revisión para detectar problemas de nematodos debe efectuarse máximo dos meses después de la siembra de las plántulas en el campo, teniendo como criterio el mal desarrollo de la parte aérea. El manejo de los nematodos a través del control químico cada vez está más restringido, por las dificultades de encontrar nematicidas selectivos a café, de baja toxicidad y de alta efectividad. Se debe tener en cuenta que una vez el nematodo logra establecerse en los tejidos radicales, alterando los vasos del xilema en forma, tamaño y ordenación en forma irreversible, el nematicida actuará efectivamente sobre la población activa parasítica en las raíces, pero no recuperará el leño alterado, ni mejorará el intercambio entre la raíz y la parte aérea (Baeza y Leguizamón, 1977). En el campo, los tratamientos nematicidas no son rentables, ya que se han obtenido producciones similares entre testigos y tratamientos.

Los trabajos realizados sobre resistencia genética demuestran que las especies: *Coffea dewevrei*, *C. canephora* y *C. congensis* son las más resistentes al ataque de *Meloidogyne* spp.; el nematodo penetra en las raíces pero se afecta su reproducción (Arango, 1977; Baeza, 1977). En Centro América, se desarrolló la variedad de café "Nemayá" (*C. canephora*), utilizada exitosamente como portainjertos de especies de *C. arabica*, siendo esta práctica de injertación una de las más promisorias en el manejo de los nematodos *Pratylenchus* y *Meloidogyne*, los cuales causan graves pérdidas en producción, especialmente en Guatemala y El Salvador (Anzueto et al., 1995).

Existen algunos microorganismos como los hongos *Paecilomyces lilacinus*, *Verticillium* sp. cepa 9501, identificado como un Hyphomycetes y *Verticillium chlamydosporium* sub especie *chlamydosporium*, que son efectivos parasitando estadios (huevos) de *Meloidogyne* spp. (Giraldo y Leguizamón, 1998; Hincapié y Leguizamón, 1999). La bacteria *Pasteuria penetrans* ha mostrado resultados importantes parasitando J2 (Larvas) (Cardona y Leguizamón, 1997). Mediante acción enzimática, los hongos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* formulados en arroz, y sus formulaciones comerciales Conidia® y Destruxin® respectivamente, ocasionan pérdida de turgencia de los huevos y lisis de estadios J2 de *Meloidogyne* spp. (Leguizamón y Padilla, 2001; Padilla et al., 2001).

En el manejo de nematodos del complejo *Meloidogyne javanica* y *M. incognita*, las micorrizas arbusculares (Inóculo comercial) han contribuido a reducir el impacto de éstos cuando son inoculadas 30 días antes que el nematodo. El efecto de las micorrizas en la protección de las raíces se logra haciendo que el hongo se establezca primero que el nematodo, con lo cual se producen plantas con abundantes raíces y asociadas con el hongo, beneficiándose la planta en su crecimiento y desarrollo (Leguizamón, 1994).

La roya del cafeto

En Colombia, tradicionalmente se han sembrado las variedades de café Típica, Borbón y Caturra, pertenecientes a la especie *Coffea arabica*, de excelente comportamiento agronómico pero susceptibles al hongo causante de la roya del cafeto, *Hemileia vastatrix*.

Ante la aparición de esta enfermedad en Brasil, en 1970, y aprovechando el recurso genético de la resistencia presente en el Híbrido de Timor, Cenicafé inició el desarrollo de la variedad Colombia, la cual le entregó a los caficultores en 1982, y la mejoró continuamente hasta el año 2005. A partir de entonces, con la incorporación de nuevos derivados del cruzamiento del Híbrido de Timor, Cenicafé liberó la Variedad Castillo® General, en la que se incorporaron atributos genéticos de resistencia a la roya, tamaño de grano, calidad y productividad en relación con la variedad Caturra. También se desarrollaron las Variedades Castillo® Regionales, selecciones de materiales con mejor desempeño en ambientes específicos.

La roya del cafeto continúa siendo el principal problema patológico en el cultivo del café. Esta enfermedad está íntimamente ligada al desarrollo fisiológico del cultivo, al nivel de producción de la planta y a la distribución



Pese a disponer de materiales resistentes a la enfermedad, en Colombia todavía el 45% del área sembrada en café tiene variedades susceptibles, que están expuestas a ataques de roya, dependiendo de las condiciones ambientales y de la agronomía del cultivo, donde epidemias severas pueden afectar de manera importante la producción.

y cantidad de lluvia. A pesar de la información técnica generada y divulgada por Cenicafé (Rivillas et al., 2011) y al diagnóstico continuado implementado por la Federación de Cafeteros desde el año 2010, para monitorear la presencia de la roya del cafeto en Colombia, todavía se observa que los caficultores no son constantes ni oportunos en el control adecuado de la enfermedad. Cuando el control se realiza sólo en presencia de altos niveles de infección, se limita drásticamente la acción protectora o curativa de los fungicidas y, por lo tanto, las medidas tomadas resultan ineficientes. Un control inoportuno e inadecuado de la enfermedad compromete seriamente la cantidad y calidad de la cosecha en la finca y en su conjunto afecta la producción del país (Figura 7).



Figura 7.

Cafeto de la variedad Caturra con abundante e intensa defoliación por efecto de la roya. El crecimiento del fruto se detiene, no llega a la maduración, se secan las ramas y ocurre el denominado paloteo.

Condiciones para la aparición y desarrollo de la roya

El brote de un ataque de roya y el posterior progreso de la enfermedad dependen de la ocurrencia simultánea de cuatro factores:

1. Una planta susceptible u hospedante
2. Un organismo patogénico o agente causal
3. Unas condiciones climáticas favorables
4. Unas deficientes prácticas agronómicas (Figura 8)

El hospedante

En Colombia se cultiva la especie *Coffea arabica*, que produce los llamados cafés suaves. Dentro de la especie existe una gran cantidad de variedades, entre las que se cuentan las tradicionales como Típica, Borbón y Caturra, todas ellas carentes de resistencia genética ante la roya, y en cuyas plantaciones se pueden presentar ataques fuertes de la enfermedad. La especie *C. canephora*, que produce el denominado café Robusta, y que se utiliza principalmente en plantaciones por debajo de los 1.200 m en Brasil y en países de África y Asia, se destaca por su elevada resistencia a la enfermedad, aunque algunas de sus variedades pueden ser susceptibles.

Además de la ausencia de resistencia genética en estas variedades de *C. arabica*, el estado fisiológico de la

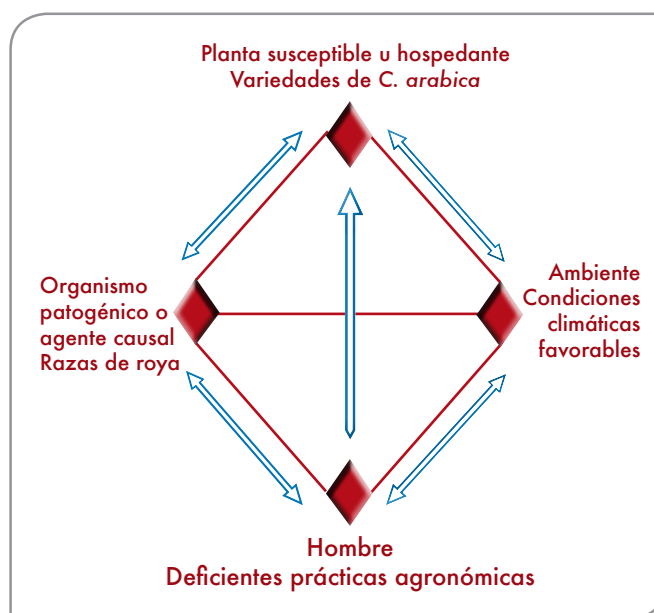


Figura 8.

Interrelación de factores necesarios para que se presente una epidemia de roya en café.

planta puede reducir o incrementar la susceptibilidad a la enfermedad. Es así como plantas con pobre desarrollo de raíces, por efecto de suelos arcillosos, ataque de nematodos o cochinillas, o malformaciones desde el almácigo, con estrés en el sistema radical por exceso de agua en el suelo, o con deficiencias nutricionales por escasa o ninguna fertilización, son más propensas a tener fuertes ataques de roya.

Dentro del mismo estado fisiológico debe considerarse la cantidad de frutos que presenta el árbol, debido a que altas producciones exigen mucho a las hojas en el proceso de llenado de los granos (Costa *et al.*, 2006), y bajo estas condiciones los ataques de roya pueden ser mayores si no se fertilizan adecuadamente las plantas. Esta relación entre la roya del café y la producción es la razón por la cual luego de un año de alta producción, que coincide con una epidemia severa, sigue un año de producción disminuida, donde la presencia de la enfermedad es reducida (Kushalappa y Eskes, 1989).

Por su parte, tanto las plantaciones de variedad Colombia como de Variedad Castillo® (Alvarado *et al.*, 2008) y sus derivadas regionales siguen mostrando en el campo una alta resistencia a la roya del café, y aunque se pueden encontrar árboles afectados por roya, la severidad de la enfermedad es muy baja y no amerita que se incluya un plan de control químico dentro de su manejo.

El patógeno

El agente causal de la roya del café es el hongo *Hemileia vastatrix*, de la familia de los uredinales, que se especializa en parasitar células vegetales vivas, lo que implica unos requerimientos nutricionales muy especiales, que hacen de este hongo un parásito obligado, que no puede sobrevivir en suelo o en material vegetal inerte, y que hasta ahora ha sido imposible de cultivar en condiciones de laboratorio.

El hongo tiene un ciclo de vida que consta de las etapas diseminación, germinación, colonización y reproducción (Kushalappa y Eskes, 1989), como se presenta en la Figura 9.

- **a. Diseminación:** Se realiza a través de esporas de tamaño microscópico, denominadas urediniosporas, que son producidas en grandes cantidades y que corresponden al polvillo amarillo o naranja en el envés de las hojas de café, que es característico de esta enfermedad.
- **b. Germinación:** Es el proceso donde la espora una vez ha sido depositada en el envés de la hoja emite de uno a cuatro tubos germinativos, en un período de 6 a 12 horas. Para esta etapa el hongo requiere de una capa de agua, condiciones de poca o ninguna

luminosidad, y temperaturas inferiores a 28°C y superiores a 16°C.

- **c. Colonización:** En el interior de la hoja, el hongo desarrolla unas estructuras denominadas haustorios, que entran en contacto con las células de la planta, y son las estructuras que extraen los nutrientes para el crecimiento del hongo. Las células de café parasitadas pierden su coloración verde y en este momento se aprecian zonas cloróticas o amarillentas en la hoja, que corresponden a la aparición de los síntomas de la enfermedad.
- **d. Reproducción:** Transcurridos otros 30 días, el hongo está lo suficientemente maduro como para diferenciarse en estructuras llamadas soros, las cuales son encargadas de producir nuevas urediniosporas, a razón de 1.600 urediniosporas/mm² de hoja, por un período de 4 a 5 meses, que serán dispersadas para iniciar nuevamente el ciclo.

Diversidad genética y razas de roya. Al igual que existen variedades de café susceptibles y resistentes a la roya, en el hongo *Hemileia vastatrix* ocurren variantes genéticas que pueden atacar a unas variedades de café, pero a otras no. Estas variantes se denominan razas fisiológicas y en Colombia, desde la llegada de la roya en 1983, la raza II ha sido la predominante, a pesar de existir más

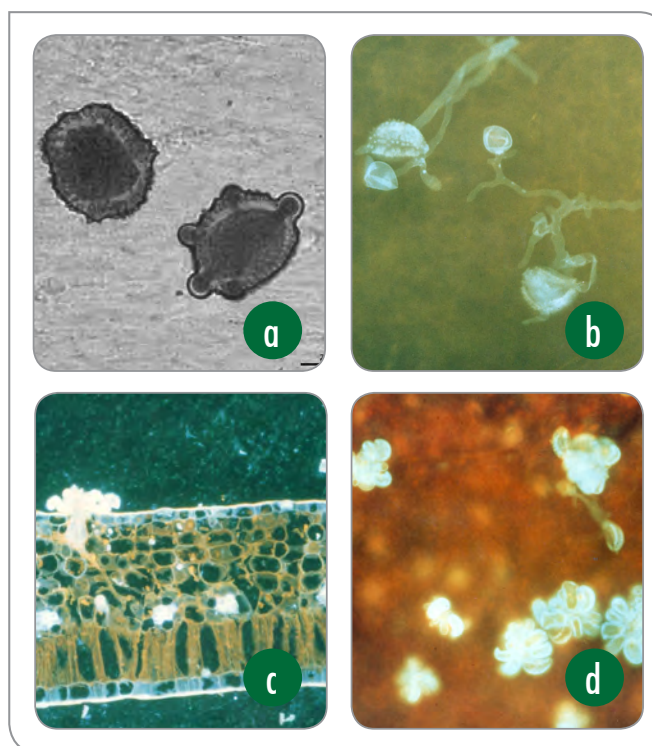


Figura 9.

Ciclo de vida del hongo *Hemileia vastatrix*. **a.** Diseminación; **b.** Germinación; **c.** Colonización, **d.** Reproducción.

de diez razas del patógeno en el país. La raza II también es la más frecuente en la mayoría de países cafeteros del mundo. La mayoría de razas que han aparecido en Colombia, distintas a la raza II, han sido relativamente débiles y no se han logrado establecer.

Cenicafé ha realizado un seguimiento de las razas de roya presentes en el país, estudiando la diversidad de los aislamientos inoculados de epidemias anteriores y posteriores al año 2008, encontrando que han aparecido nuevas razas, pero no a partir de introducciones diferentes a la raza II, como tampoco se han desarrollado razas supervirulentas del patógeno. Se concluye que una de las razones más importantes para las epidemias 2008-2011 fue el cambio en las condiciones climáticas por efecto del fenómeno de La Niña, que facilitó algunos procesos patogénicos de *Hemileia vastatrix* y que estimuló la presencia de otras enfermedades como el mal rosado (Roza et al., 2012).

Además, el hongo *H. vastatrix* se caracteriza por su baja diversidad genética, debido a la carencia de un huésped alternativo donde se desarrolle su estado sexual, dado que solo se conocen estructuras asexuales como urediniosporas y teliosporas. Adicionalmente, la presencia frecuente de áreas sembradas con variedades susceptibles en los diferentes estratos altitudinales diluye cualquier efecto de presión selectiva sobre la roya del café, que favorezca la aparición y proliferación de una raza supervirulenta.

Condiciones ambientales que permiten el desarrollo de la enfermedad

El hongo *Hemileia vastatrix* requiere de la salpicadura de la lluvia para poder iniciar su proceso de dispersión entre hojas y entre plantas, así como de la presencia de una capa de agua en el envés de las hojas para germinar, todo esto acompañado de unas temperaturas entre 16 y 28 °C y de condiciones de bajo brillo solar (Kushalappa y Eskes, 1989).

En consecuencia, ambientes con precipitaciones constantes, especialmente en horas de la tarde o en la noche, con ocurrencia de cielos nublados, que impidan temperaturas muy altas después de mediodía o de temperaturas muy bajas en las horas de la madrugada, son propicios para el desarrollo de epidemias fuertes de roya (Gómez, 1984). Si los períodos lluviosos coinciden con las etapas de formación del fruto y de abundante follaje, momentos de mayor susceptibilidad del follaje a la infección, se hace indispensable aplicar las medidas de control químico. Este control debe iniciarse cuando la enfermedad se encuentra en su fase inicial de desarrollo, en la cual se presentan hojas afectadas en bajos porcentajes.



La zona óptima de producción de café en Colombia está ubicada en el rango óptimo de desarrollo de la enfermedad, con una temperatura promedio de 22 °C. Hasta el año 2007 no se recomendaba en Colombia el control de la enfermedad en plantaciones de café establecidas por encima de 1.600 m de altitud. Sin embargo, como consecuencia de las variaciones climáticas ocurridas desde el año 2008, que han generado en varios sitios del país ambientes con temperaturas y precipitaciones favorables para el desarrollo de la roya, esta recomendación ya no está vigente y en la actualidad se debe vigilar la presencia e impacto de la enfermedad, en cualquier condición altitudinal donde se cultive café, y si es del caso controlarla (Rivillas et al., 2011).

El manejo agronómico que favorece el desarrollo de la enfermedad

El hombre juega también un papel importante en la aparición y desarrollo de la enfermedad, cuando ejecuta de manera inapropiada o inoportuna actividades propias del manejo del cultivo, entre las que resaltan:

- Permitir el crecimiento descontrolado de arvenses, que además de competir con el café por los nutrientes del suelo, pueden generar condiciones de sombra y alta humedad en plantaciones de café menores de 24 meses.
- Fertilización escasa o nula, que afecta principalmente a los cafetales a plena exposición solar.
- Sombra excesiva, que mantiene rangos de temperatura máxima y mínima muy estrechos, y la cual favorece una constante humedad relativa alta y estimula el incremento del área foliar y la vida media de las hojas (Avelino et al., 2004; Arcila et al., 2007).
- Densidades de siembra superiores a 10.000 tallos/sitio, resultado de la proliferación de múltiples tallos luego de labores de renovación por zoqueo, que crean autosombreamiento, con las consecuencias ya descritas, aumenta la competencia entre plantas

por nutrientes y ofrece una mayor interceptación de esporas. Adicionalmente, las altas densidades dificultan la aplicación y el cubrimiento de los fungicidas sobre el follaje.

- Aplicaciones de fungicidas de manera tardía, por fuera de la epidemia, subdosificadas o sobredosificadas, con equipos inadecuados o sin calibrar, con boquillas de alta descarga o desgastadas, con la utilización de aguas contaminadas o duras y con recorridos en los lotes que no permiten un cubrimiento completo del follaje de las plantas o usando mezclas con otros productos que reducen la efectividad biológica de los fungicidas.

Desarrollo de la epidemia de roya

Se conoce como epidemia a aquella aparición de una enfermedad que se esparce de manera rápida y con alta frecuencia entre los individuos, en un área o de una población al mismo tiempo (Agrios, 1997). Una epidemia avanza progresivamente, tanto en el tiempo como en el espacio, con tres fases claramente reconocibles en procesos policíclicos como el de la roya del café, que se representan en una curva de progreso en las dos dimensiones (Figura 10):

- **Fase lenta:** La epidemia se inicia con la infección de unas pocas hojas, en las que no se observan

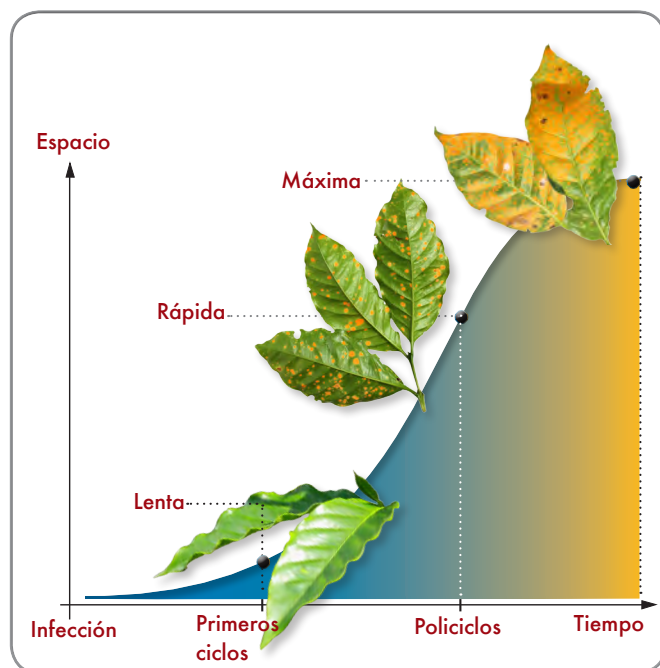


Figura 10.

Curva de progreso de la epidemia de la roya del café.

síntomas sino hasta después de haber transcurrido el período de incubación, donde la producción de los primeros soros, que liberan nuevas esporas, confirmará la presencia de la roya. Durante esta fase las infecciones sólo se aprecian en menos de 10 de cada 100 hojas en el árbol.

- **Fase rápida o explosiva:** Si las condiciones lo permiten, como resultado de la primera fase existirá una gran cantidad de inóculo dispersándose dentro del árbol y entre los árboles del lote, de manera que ocurren muchas más infecciones por unidad de tiempo. Durante un período de 2 a 3 semanas, la enfermedad puede llegar a estar presente en 30 ó más de cada 100 hojas del árbol.
- **Fase terminal o máxima:** Finalmente, las hojas atacadas severamente van cayendo del árbol, y el número de hojas sanas es muy reducido como para continuar con la alta tasa de infección y reproducción, por lo que la enfermedad llega a su máximo por agotamiento del hospedante y la epidemia termina.

La medición del desarrollo de la epidemia se puede hacer determinando la proporción de hojas con roya en un árbol, y eventualmente en todo el lote, valor conocido como la **incidencia**, y también calculando el porcentaje de área enferma en la hoja, valor que se denomina la **severidad**. En el campo, las evaluaciones de roya en variedades susceptibles han evidenciado una alta asociación entre incidencia y severidad (Figura 11).

La cantidad de inóculo residual (hojas con roya) presente en las épocas de mayor formación de follaje y de frutos, determina la tasa de crecimiento de la epidemia y la severidad de ésta. Los estudios de Cenicafé han indicado



Figura 11.

Asociación entre la incidencia y la severidad. A mayor número de hojas enfermas, mayor área foliar afectada.

que en ausencia de control de la enfermedad y con unas condiciones climáticas propicias para el desarrollo de la epidemia, la enfermedad se desarrolla a una tasa diaria de 0,19%. En los últimos años (2008-2011) esta tasa de desarrollo se ha incrementado, con valores de 0,38%, afectando el comportamiento vegetativo, reproductivo y productivo de las plantas de café, los cuales de mantenerse generarán efectos negativos sobre la producción del mismo año y del siguiente. Esto indica que existe una asociación entre los niveles de enfermedad (porcentaje de infección) y el efecto sobre la producción (daño económico) durante el desarrollo de la curva de la enfermedad. Así mismo, también existe una alta predisposición de la planta de café a presentar altos niveles de roya cuando el pronóstico de producción es alto por efecto de una floración alta y concentrada.

Efecto de la roya sobre la cantidad y calidad de la cosecha

Los estudios realizados por Cenicafé han permitido caracterizar y cuantificar los factores que determinan el progreso de la enfermedad y su efecto en la producción como son la altitud, las condiciones del cultivo (sol o sombra), la fertilización y el balance de nutrientes, la densidad de siembra, el tipo de suelo y el manejo de arvenses (Leguizamón *et al.*, 1999). En un año considerado de epidemia severa, con una tasa diaria de infección > 0,19%, existe una relación directa entre la infección ocurrida durante el período de llenado de frutos, a partir de dos o tres meses de ocurrida la floración principal, y la disminución de la producción. De igual manera, esta epidemia también compromete la cosecha del año siguiente.

En diferentes experimentos llevados a cabo en la zona cafetera colombiana, entre los años 1987 y 1995, las pérdidas ocasionadas por la enfermedad alcanzaron hasta el 23% de la producción acumulada de cuatro cosechas (Sierra *et al.*, 1995). En los experimentos más recientes (2008-2012) estas diferencias han aumentado hasta llegar a niveles de 28% y 30% de pérdidas.

La relación café cereza a café pergamino seco también se afecta como consecuencia de la epidemia. En el mismo ciclo productivo donde ocurre una epidemia severa esta relación puede llegar a valores de 5,8 por efecto de la roya del cafeto. En el segundo año, el efecto acumulado de la epidemia aumenta esta relación hasta valores de 8,1 y la proporción de árboles con una relación mayor que 6 se incrementa hasta el 67% (Sierra *et al.*, 1995).

Así mismo, al momento de la comercialización del café, son mayores la cantidad de café de menor tamaño y los defectos, lo cual hace que el porcentaje de almendra sana se disminuya, por lo cual el caficultor recibe un

precio muy inferior al del café de primera calidad, sin incentivo por calidad.

Control químico de la roya del cafeto

En el manejo de una enfermedad se pueden realizar controles biológicos, químicos o ambos. Para el caso de la roya del cafeto, el manejo biológico ha sido ensayado desde la década de 1980 principalmente en Colombia, Brasil e India. Los experimentos, manejo biológico de la roya han incluido microorganismos de control biológico, extractos de microorganismos, plantas y agentes inductores de resistencia. Existe una gran cantidad de trabajos en la búsqueda de la implementación del manejo biológico dentro del manejo integrado de la roya del cafeto, sin que hasta la fecha se haya contado con éxito en esta implementación (Cristancho, 2003).

El control químico, por su parte, es uno de los componentes más importantes en el manejo integrado de la roya cuando se tienen plantaciones de café susceptibles a la enfermedad. El éxito de las aspersiones de fungicidas dependerá del adecuado manejo agronómico del cultivo y de la correcta tecnología de aplicación (Calibración, volumen y preparación de las aplicaciones), para lograr de este modo una alta efectividad biológica del fungicida y poder así mantener al mínimo los niveles de roya sobre el follaje.



*En el caso del café, las aplicaciones de fungicidas contra un parásito obligado de hojas como es *Hemileia vastratrix* no deben ser vistas como una labor más dentro de las responsabilidades de manejo del cultivo, sino que deben ser realizadas con la creencia de que las plantaciones de café se van a beneficiar con un resultado similar o incluso mayor del que se obtiene de la ejecución de cualquier otra labor en el cultivo. Reducir el número de aplicaciones para el control de la roya, sin un asesoramiento técnico o realizarlas a destiempo, le puede significar al productor de café un muy limitado beneficio de esa actividad.*

Para lograr esta efectividad biológica se necesita cumplir con tres requisitos: El primero, consiste en utilizar el tipo de fungicida más adecuado; el segundo, determinar el momento oportuno de la aplicación con base en la fenología del cultivo; y el tercero, realizar la aspersión con una adecuada tecnología de aplicación.

Tipo de fungicida

Fungicidas basados en cobre. No se han encontrado diferencias biológicas en la prevención de la roya entre los fungicidas oxiclورو de cobre, óxido cuproso, hidróxido de cobre y sulfato de cobre, formulado como caldo bordelés, por lo cual, pueden utilizarse estos fungicidas de contacto protectores o preventivos en el manejo de la roya del café. Éstos ejercen un efecto solamente inhibiendo la germinación del patógeno y en ocasiones la penetración, por lo tanto, el programa de control debe iniciarse antes que el patógeno se establezca en los tejidos foliares, ya que estas moléculas no son capaces de traspasar la cutícula foliar.

Para incrementar la persistencia de los fungicidas cúpricos y sistémicos en el control de la roya del café con tecnología de alto y medio volumen (Mayor de 100 L.ha⁻¹) no se necesita el uso de adherentes ni de aceites.

Fungicidas sistémicos triazoles. A diferencia de los productos protectores basados en cobre, los fungicidas sistémicos penetran en la planta y tienen la posibilidad de movilizarse de manera traslaminar, es decir, de la parte de arriba de la hoja (Haz) a la parte de abajo (Envés). En la hoja, estos fungicidas tienen diferente movilidad, la cual le confiere al producto la capacidad de desplazarse por el mesófilo, el parénquima y llegar hasta cerca de la endodermis. También estos fungicidas tienen un movimiento acropétalo, es decir, se mueven del sitio donde llegó el producto hacia arriba. Son muy pocos los fungicidas que tienen la capacidad de desplazarse del sitio donde el producto entró en contacto con la planta hacia abajo (Basipétalo). Estos fungicidas tienen como ventaja sobre aquellos de contacto, que en ciertas circunstancias como nivel inicial de la enfermedad, los productos sistémicos pueden requerir de un menor cubrimiento sobre el follaje, ya que después de su aplicación se movilizan hacia sitios donde incluso no llegó el producto y que en un corto tiempo, después de la aplicación, no son removidos por las lluvias.

Los fungicidas sistémicos del grupo de los triazoles (cyproconazol, triadimefon, hexaconazol y propyconazol, entre otros) han mostrado un importante efecto sobre la roya y consecuentemente sobre la producción, cuando se aplican sobre el follaje, con acción preventiva y curativa. Tienen como desventajas sobre los protectores el costo del producto y la opción de seleccionar y de crear

resistencia en el patógeno, especialmente cuando se subdosifica el producto.

En la actualidad son el grupo de fungicidas más utilizados para el control de la roya del café en Colombia y en el mundo, aunque continuamente se están lanzando al mercado nuevas formulaciones. En los calendarios de aplicaciones contra la roya se presentan los fungicidas sistémicos de este grupo recomendados actualmente.

Estrobilurinas. Son otro tipo de fungicidas, se trata de sustancias relativamente nuevas en el mercado, encontradas originalmente en el hongo *Strobilurus tenacellus*.

Entre los fungicidas de este grupo se tienen el azoxystrobin y el pyraclostrobin que han sido evaluados por Cenicafé y que son recomendados para el control de la roya. No son propiamente sistémicos, pero son capaces de penetrar en la hoja y de extenderse desde el punto de entrada, presentando un efecto traslaminar. Estos fungicidas tienen la posibilidad de actuar sobre el proceso de esporulación de la roya, razón por la cual, se consideran como erradicativos.

Productos fungicidas con otros beneficios para las plantas. En los últimos años, especialmente en los países de mayor adopción tecnológica en el cultivo de café como Brasil, se han estudiado y se utilizan productos aplicados al suelo que vienen formulados originalmente en mezcla con dos moléculas, una con un ingrediente activo con efecto fungistático, es decir, capaz de controlar enfermedades como la roya del café (cyproconazole) y la otra molécula con un producto bioactivador (neonicotinoide), que beneficia al cultivo por tener atributos sobre el vigor y la productividad de las plantas. Este producto se conoce comercialmente como Verdadero 600 WG, y es también recomendado por Cenicafé para el manejo preventivo de la roya. Al igual que el pyraclostrobin (Comet), los bioactivadores continúan evaluándose para determinar beneficios complementarios sobre el vigor y el incremento de producción en plantas de café.

Oportunidad de la aplicación

Conviene que el caficultor esté muy claro en relación del por qué se deben aplicar fungicidas en un árbol de café, para evitar la presencia e impacto de la roya. Los fungicidas se aplican con el fin de proteger la mayor cantidad de hojas que tiene la planta de café durante el período de llenado de granos (3-6 meses después de la floración). Si se presenta una caída temprana de las hojas la planta no dispone de los nutrimentos necesarios para acabar de formar y madurar la cosecha, produciéndose granos vacíos, mayores porcentajes de pasilla y el secamiento de

ramas y granos, con la consecuente pérdida en cantidad y calidad de la cosecha. Por ello, se recalca nuevamente que las aplicaciones de los fungicidas dependen de la distribución de la cosecha y deben realizarse siguiendo los calendarios establecidos por Cenicafé y ajustados con la asesoría del Servicio de Extensión de la Federación.

El momento de iniciar el control químico de la roya del cafeto puede determinarse con base en tres criterios (Rivillas et al., 2011):

- Sistema de calendario fijo de aspersiones de fungicidas. Al aplicar el criterio de manejo de la enfermedad con calendario fijo, el número de aspersiones siempre será el mismo, efectuando unas aplicaciones fijas y, eventualmente otras opcionales, estas últimas realizadas por los caficultores con la asesoría del personal técnico del Servicio de Extensión de la Federación.
- Período de floración principal. El conocimiento del período de floración principal permite iniciar más temprano las aplicaciones y ajustar ese inicio con las variaciones que se puedan presentar en la fenología del cultivo, en cada zona productora de café.
- Niveles de infección. El manejo de la enfermedad empleando niveles de infección, permite que el número de aspersiones pueda variar en función de la evolución de la enfermedad.

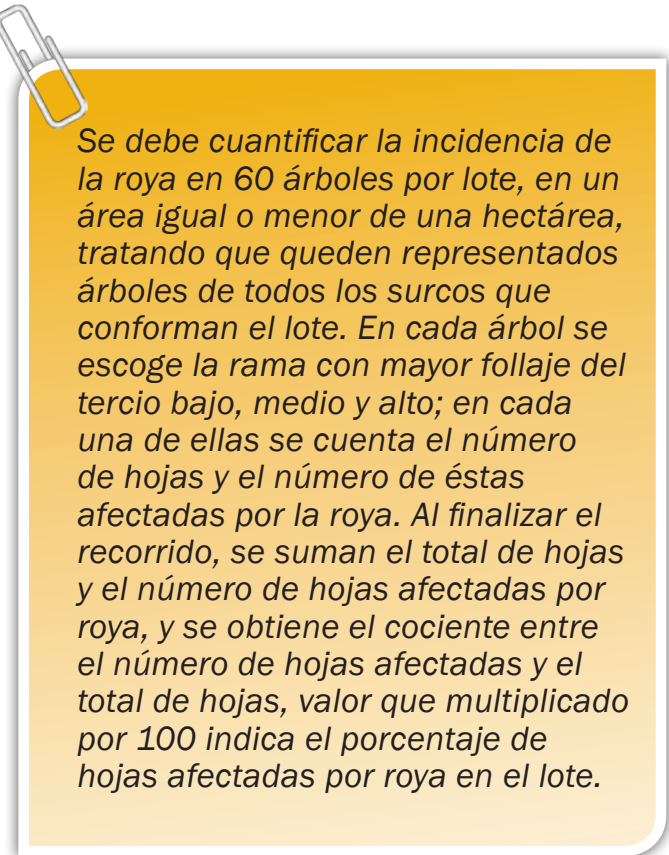
Sistema de calendarios fijos. El programa de control de la roya del cafeto empleando el sistema de calendarios fijos se estableció con base en el desarrollo fenológico del cultivo, la evaluación de la enfermedad en diferentes zonas productoras de café y la distribución de la cosecha. En este sentido se tienen previstos tres calendarios de control de la roya, con fungicidas protectores y sistémicos (Figuras 12, 13 y 14).

Sistema con base en el período de floración principal. Este sistema parte de la posibilidad que tiene el caficultor de conocer los períodos de floraciones principales en su cultivo. A partir de ese momento, se puede determinar cómo será la producción potencial de café, teniendo en cuenta esas floraciones en cantidad y en concentración. Ese potencial productivo da un indicio de cómo será la epidemia de la roya. Por ello, cuando una floración ha sido abundante en relación con el histórico y muy concentrada se recomienda que 60 días después de ocurrida esa floración se inicie el manejo de la roya, realizando las aplicaciones con las frecuencias y los fungicidas recomendados (Figuras 12, 13 y 14). Si por

el contrario, las floraciones son muy dispersas y en baja cantidad, el caficultor debe ceñirse al calendario de aplicación de fungicidas, de acuerdo con la distribución de su cosecha de café.

Sistema con base en niveles de infección. Para definir el momento de control existe otra opción de manejo de la roya del cafeto, con fungicidas protectores, sistémicos solos o en mezcla con protectores, usando el criterio de niveles de infección encontrados en el lote afectado (Rivillas et al., 2011). Este método está basado en el conocimiento del efecto sobre la producción de determinados niveles de hojas afectadas en la planta y permite utilizar racionalmente los fungicidas sistémicos, sin crear condiciones que favorezcan la presencia de nuevas razas del hongo, e igualmente, disminuir el número de aspersiones. Con ello se logra la reducción de los costos de control de la enfermedad y de producción en el cultivo. En este sistema es necesario considerar que los fungicidas sistémicos, a excepción del triadimefon, no deben utilizarse en mezcla con fungicidas protectores.

Evaluación de la enfermedad



Se debe cuantificar la incidencia de la roya en 60 árboles por lote, en un área igual o menor de una hectárea, tratando que queden representados árboles de todos los surcos que conforman el lote. En cada árbol se escoge la rama con mayor follaje del tercio bajo, medio y alto; en cada una de ellas se cuenta el número de hojas y el número de éstas afectadas por la roya. Al finalizar el recorrido, se suman el total de hojas y el número de hojas afectadas por roya, y se obtiene el cociente entre el número de hojas afectadas y el total de hojas, valor que multiplicado por 100 indica el porcentaje de hojas afectadas por roya en el lote.

$$\text{Promedio de la infección por lote (\%)} = \frac{\text{Total de hojas con roya en los 60 árboles}}{\text{Total de hojas presentes en los 60 árboles}} \times 100$$

Figura 12.

Calendario de aspersiones con diferentes fungicidas, para el control de la roya del café (Zonas con cosecha principal en el 2° semestre del año).

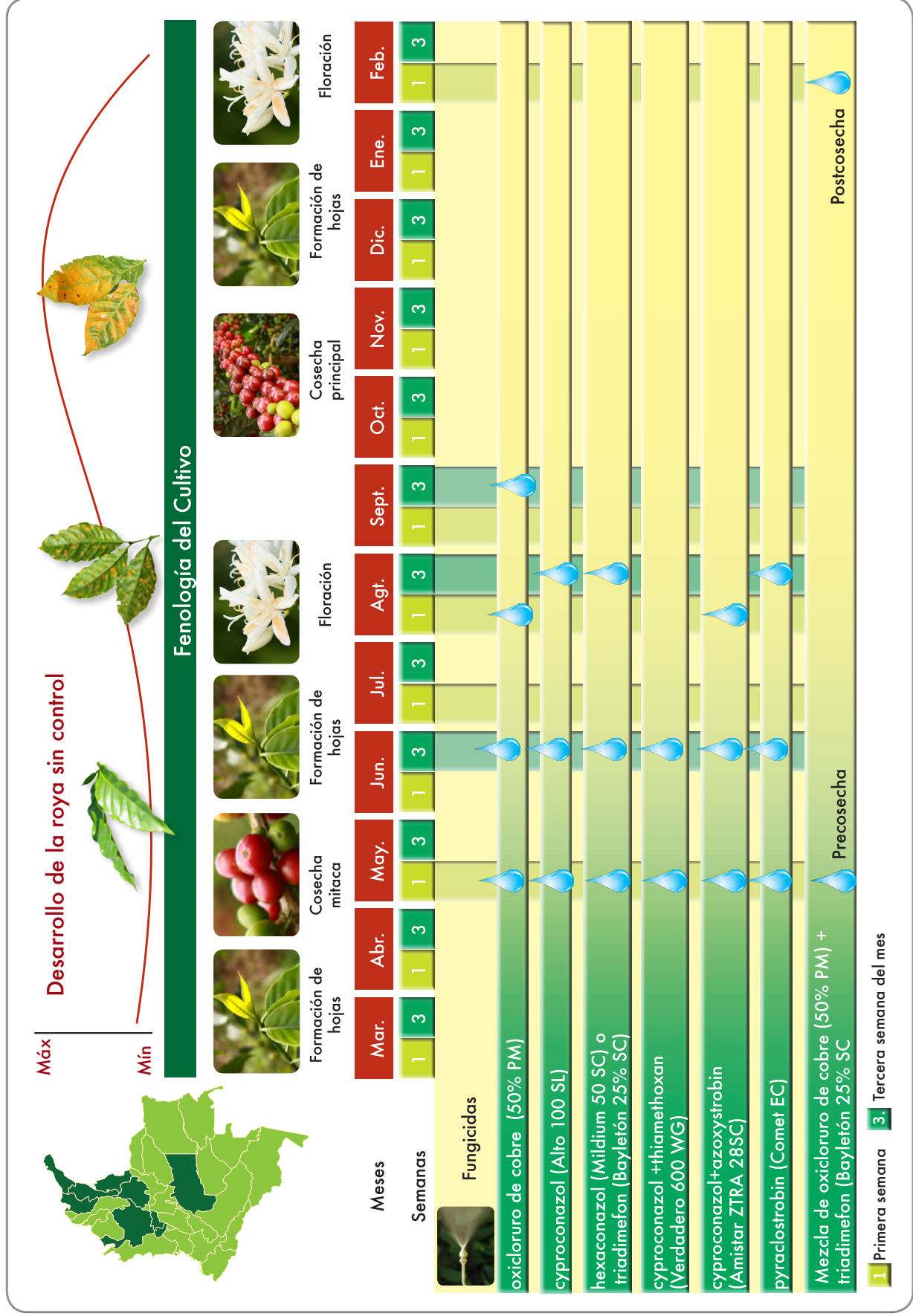


Figura 13.

Calendario de aspersiones con diferentes fungicidas para el control de la roya del café (Zonas con cosecha principal en el primer semestre del año).

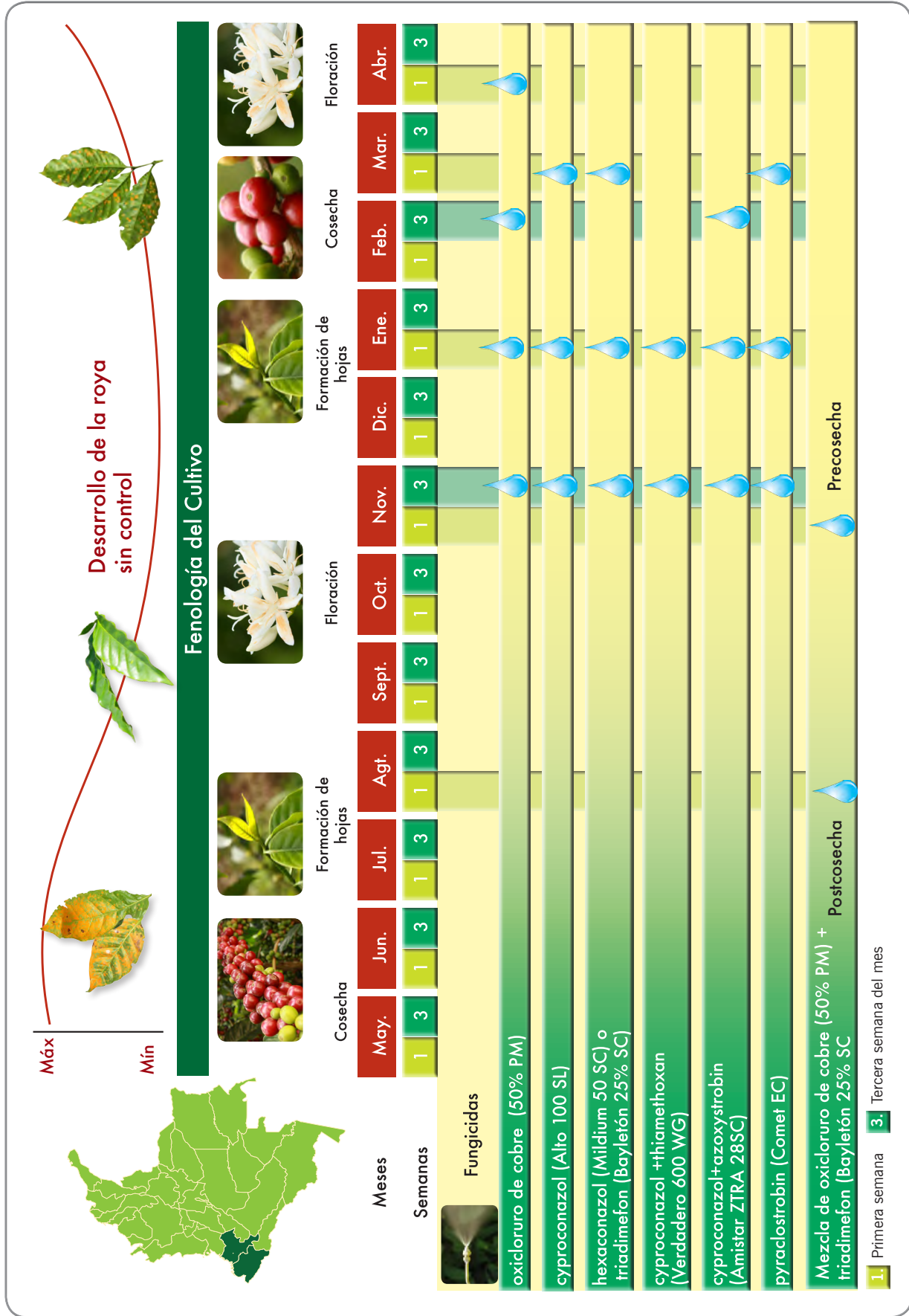
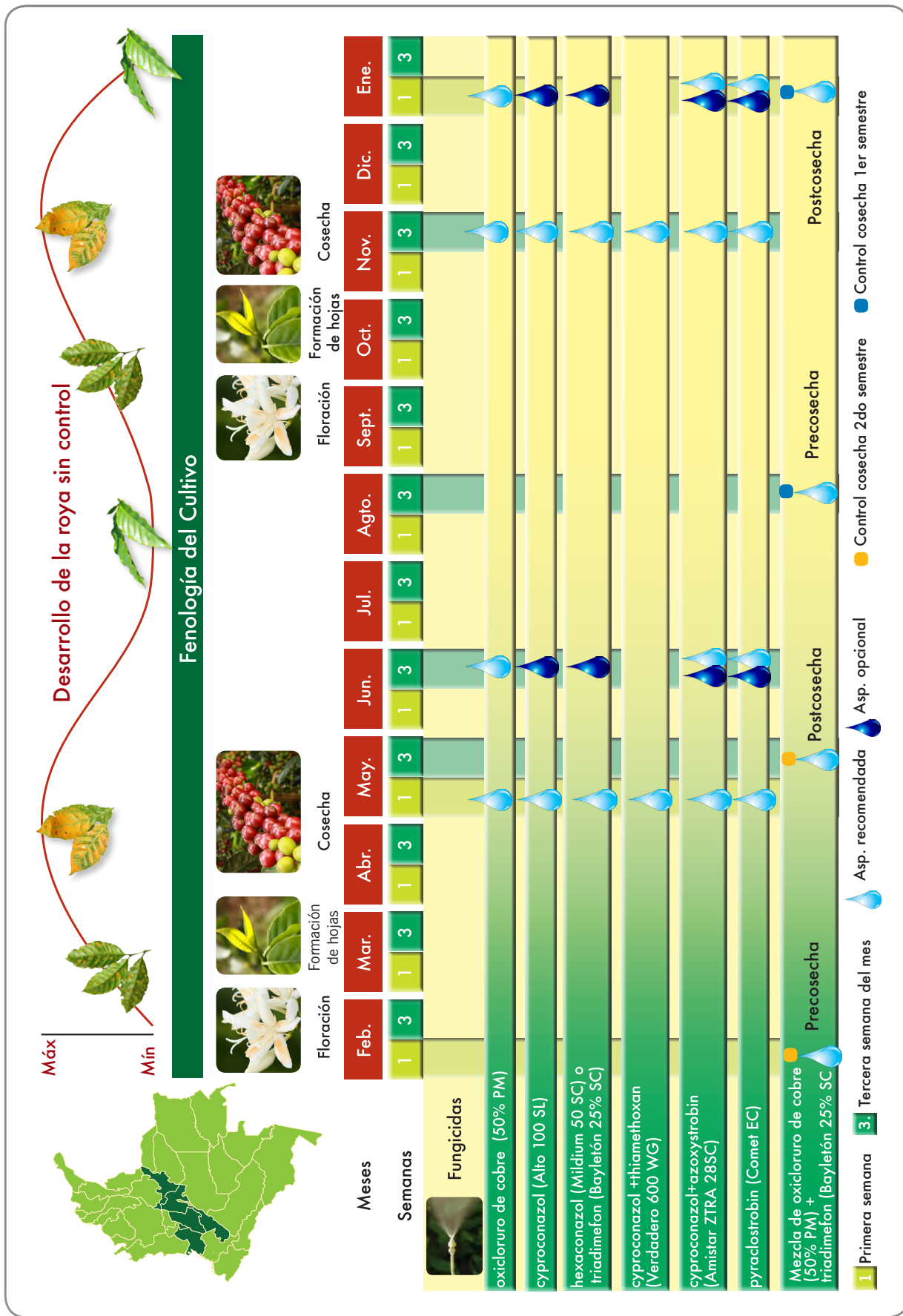


Figura 14.

Calendario de aspersiones con diferentes fungicidas para el control de la roya del café (Zonas con cosecha importante en los 2 semestres del año).



Este valor del promedio del porcentaje de infección por lote se ubica en la Tabla 1, y de acuerdo con el tiempo transcurrido desde la floración y el promedio de la infección por lote, se determina el tipo de fungicida para efectuar el control de la enfermedad (Rivillas *et al.*, 2011).

Calibración de una aspersión

La calibración es el proceso por medio del cual se determinan y relacionan los factores para la ejecución correcta de una aplicación.

Determinación del volumen de aspersión por café y por hectárea. El fungicida debe aplicarse en el volumen adecuado de agua, dependiendo del equipo de aspersión que se utilice y de la edad del cultivo, y debe quedar distribuido por igual en todo el follaje de la planta. De esta manera se garantiza una mejor penetración, permanencia del fungicida sobre la hoja y, por lo tanto, una eficacia biológica mayor.

Para diferentes edades de las plantaciones de café tecnificadas, utilizando boquillas de baja descarga (Hasta 200 cc.min⁻¹), se recomienda aplicar tres volúmenes de mezcla fungicida, así:

- Plantaciones menores de un año: 15 cc/planta.
- Plantaciones de uno a dos años: 25 cc/planta.
- Plantaciones mayores de dos años: 50 cc/planta
- Plantaciones mayores de dos años y en cafetales tradicionales: 75 cc/planta

Con estos volúmenes de aspersión se garantiza una adecuada distribución y penetración del fungicida en la planta y se logra un cubrimiento mínimo de 50 gotas/cm². Conocida la edad del cultivo (En años), y por lo tanto, el volumen de aspersión por café, se multiplica este valor por el número de árboles por hectárea, para obtener el volumen total de la mezcla requerida por hectárea.

Dosis del fungicida

Fungicidas a base de cobre. Con base en las investigaciones adelantadas en Colombia, se recomienda como máximo un depósito de 30 mg de cobre metálico por metro cuadrado de área foliar. Dependiendo de la edad de la plantación se establecieron para la variedad Caturra los siguientes valores de área foliar por planta:

- De 1 a 2 años: 4,2 m²
- Mayor de 2 años (Tecnificado): 10 m²
- Mayor de 2 años (Tradicional): 15 m²

Si una plantación de café tiene 10 m² de área foliar, es necesario aplicar 0,6 g/planta de fungicida cúprico del 50%. Con una densidad de siembra de 5.000 plantas/ha se requieren 3 kg/ha de fungicida protector en cada aspersión. Si el número de plantas por hectárea es mayor de 5.000, la cantidad del fungicida protector no debe exceder la dosis de 3 kg/ha, que corresponde a una concentración de 10 g.L⁻¹. En este caso se debe disminuir la concentración del fungicida, aumentando el volumen de agua por hectárea.

Fungicidas sistémicos. En general, los más estudiados son los fungicidas aplicados al follaje que inhiben la biosíntesis del ergosterol, como son los triazoles. Actualmente, se recomienda usar el fungicida cyproconazol (Alto 100 SL), aplicado al follaje en dosis de 250 cc de producto comercial por hectárea y por aspersión, a una concentración de 1 cc.L⁻¹. El fungicida triadimefon (Bayleton 25% SC) es también efectivo sobre las hojas en dosis de 1,0 L.ha⁻¹ de producto comercial por aspersión, aplicado a una concentración de 3,3 cc.L⁻¹.

El fungicida hexaconazol (Mildium 50 SC) actúa de manera preventiva y curativa contra *Hemileia vastatrix*, empleando una dosis comercial de 1,0 L.ha⁻¹ por aspersión, en la concentración de 3,5 cc.L⁻¹.

Los fungicidas cyproconazol + azoxystrobin (Amistar ZTRA 28 SC) ofrecen eficiencia en el control de la roya, cuando se

Días después de floración	Promedio de infección por lote (%)				
	<5,0% - 10,0%	10,1% - 15,0%	15,1% - 20,0%	20,1%-30,0%	> 30,0%
60	P/S	S	S	S	-----
90	P/S	S	S	S	S
120	P/S	S	S	S	S
180	-	P/S	S	S	S

Tabla 1.

Recomendaciones para el control de la roya del café con base en niveles de infección y el período de desarrollo de los frutos.

:-No requiere aspersión; P: Fungicida protector; S: Fungicida sistémico; ----: Inicio de aplicaciones con niveles de roya que podrían tener escaso efecto biológico de los fungicidas sobre la enfermedad.

aplican sobre las hojas a una dosis de 750 cc de producto comercial por hectárea y aplicación. La concentración de aplicación de este producto es 1,8 cc.L⁻¹.

El fungicida pyraclostrobin (Comet EC) permite un adecuado control de la roya aplicado sobre las hojas a una dosis de 600 cc de producto comercial por hectárea y por aspersión. Este producto se debe aplicar a una concentración de 0,6 cc.L⁻¹.

El producto compuesto por cyproconazole + thiamethoxam (Verdadero 600 WG) ofrece alta protección contra la roya cuando se aplica al suelo (drench), empleando una dosis de 1,0 kg.ha⁻¹ de producto comercial, por aplicación. Se debe aplicar utilizando un volumen por planta de 50 cc y la concentración de 2 g.L⁻¹.

Mezcla de fungicidas sistémicos y protectores. Un tratamiento efectivo lo constituye la aspersión de la mezcla del fungicida sistémico triadimefon (Bayleton 25% SC) con un fungicida cúprico, en dosis de 1,5 L.ha⁻¹ de producto comercial del fungicida sistémico más 3 kg.ha⁻¹ del fungicida cúprico (Precosecha), y de 1,0 L.ha⁻¹ de producto comercial del fungicida sistémico más 3 kg.ha⁻¹ del fungicida cúprico (Postcosecha). La concentración de los productos es 10 g.L⁻¹ y 5 cc.L⁻¹.

Selección del equipo de aspersión. Se recomienda la utilización, preferiblemente, de las aspersoras de presión previa retenida de 10 L de capacidad, dotadas con boquillas de baja descarga (menos de 200 cc.min⁻¹) y reguladores de presión. Con este equipo se trabaja a una presión constante de 40 libras por pulgada cuadrada (PSI), desde que se inicia la aspersión hasta que se desocupa el tanque de agroquímico. Es importante revisar que las aspersoras de espalda que posean los caficultores (Presión hidráulica y presión neumática), no presenten fallas técnicas que las hagan menos eficientes.

Con los equipos semi-estacionarios se debe trabajar preferiblemente empleando una presión de 200 PSI y un caudal no mayor de 2,2 L.min⁻¹.

Sistemas de aspersión. Con el propósito de obtener un máximo rendimiento por jornal, los sistemas de aspersión buscan aumentar la eficiencia sin afectar el cubrimiento, distribución y persistencia del producto en el follaje.

En plantaciones de café sembradas en surcos y con cualquier distancia de siembra, pueden utilizarse equipos de espalda, cubriendo medias caras de las plantas a través del surco que se está asperjando. En cafetales sembrados irregularmente, con amplias distancias de siembra y con sombrero, sólo es posible asperjar con

equipos convencionales (Árbol por árbol), según las dosis y volúmenes de aspersión recomendados.

En cafetales mayores de 16 meses, en cualquier pendiente de terreno, se sugiere el aguilón vertical para asperjar simultáneamente dos medios surcos. Igualmente, se recomienda usar el sistema de aspersión a bajo volumen con el equipo MOTAX®.

Con los equipos semi-estacionarios se recomienda aplicar el fungicida por encima de la copa de los árboles, cubriendo simultáneamente dos surcos en el desplazamiento del operario.

Velocidad de aspersión. Una vez definido el equipo que se utilizará, el tipo de boquilla, el flujo por minuto a una presión recomendada, las características del cultivo y el sistema de aspersión, se debe determinar en el lote, el tiempo de aspersión por cafeto.

Luego de realizado el cálculo del tiempo de aspersión por planta, se debe explicar al operario en el lote que se va a asperjar y con el equipo de aspersión seleccionado, la velocidad de aspersión (m.s⁻¹) a lo largo del surco.

También se debe definir la concentración del producto (g.L⁻¹), la cual depende del volumen de aspersión por planta y la capacidad del tanque de agroquímico de la aspersora que se va a emplear.

Disturbios

Mal de rayo. Los disturbios en plantas de café, ocasionados por descargas eléctricas o rayos, pueden causar la muerte de plantas en cualquier estado de su desarrollo. Los síntomas pueden ser confundidos con ataques de llagas radicales, llaga macana o disturbios en raíz. Las plantas afectadas pueden notarse en un lote en forma de focos o también en forma aleatoria en una determinada área. Las plantas muestran amarillamiento y secamiento generalizado o de la parte superior del follaje, con ramas y hojas quemadas (Figura 15). Sin embargo el síntoma inequívoco se observa en el tallo de las plantas, con lesiones café rojizas o negras que descienden en algunos casos hasta el cuello y raíces, o hasta la parte media del tallo principal. Estas lesiones pueden avanzar en el tallo, aun días después de ocurrida la descarga.

La única medida para disminuir la muerte de plantas que han sido afectadas por los rayos, es la poda o zoqueo

del tallo, en las plantas que muestren daño en el tercio superior o medio. Esta poda puede hacerse unos 2,0 a 3,0 cm debajo de la lesión necrótica en el tallo, evitando así el avance descendente de la lesión y la muerte de las plantas. Si esto no es posible se sugiere hacer la resiembra de plantas, para sustituir sitios perdidos (Leguizamón y Arcila, 1992).

Daño por granizo. Después de que se presenta una fuerte granizada, en los cafetales se aprecian daños en ramas, hojas y frutos de las plantas afectadas. El daño más frecuente es la magulladura y descortezamiento de las ramas, y en algunos casos ocurre ruptura de la parte terminal de la rama, debido al impacto recibido. También ocurre desprendimiento y desgarramientos de hojas y los

frutos sufren magulladuras en la cáscara y en ocasiones también desgarramientos (Figura 16). Adicional a estos daños puede presentarse caída de frutos de cualquier edad y también de yemas florales en estado de “comino”. En las almendras de frutos afectados por granizo se observan lesiones, de aspecto corrugado, color pardo oscuro o negruzco, debido a la oxidación de los tejidos (Arcila y Leguizamón, 1988). El daño ocasionado por el impacto del granizo en las almendras de café es irreversible y daña la calidad del grano para su venta. Los daños por granizo son mayores en plantas más jóvenes. Luego de ocurrido el daño, salvo plantas de almácigo muy afectadas, debe tratarse de recuperar el follaje mediante una fertilización adecuada, y reducir el riesgo de incremento de la broca, recogiendo los frutos caídos al suelo (Arcila y Jaramillo, 2010).



Figura 15.

Plantas de café afectadas por descargas eléctricas.



Figura 16.

Plantas de café afectadas por el granizo.

Recomendaciones prácticas

- Al examinar un brote de una enfermedad debe recordarse que éstas son el producto de la ocurrencia simultánea de cuatro factores: **Una planta susceptible, un patógeno, unas prácticas agronómicas desfavorables y unas condiciones ambientales permisivas**. El diagnóstico de un problema fitosanitario debe hacerse de manera global, incluyendo estos cuatro factores.
- **En lo posible, hay que cuantificar el nivel de daño de una enfermedad**, ya sea solo con incidencia o incluyendo la severidad. Debe prestarse especial atención a la distribución del problema en el lote, si ocurre en los bordes, en focos, por filas o sin ningún patrón particular.
- El manejo integrado de una enfermedad consiste en el bloqueo de uno o varios de esos cuatro factores para minimizar así la posibilidad de ocurrencia y reducir la tasa de desarrollo de la enfermedad, en el tiempo y en el espacio. Ese manejo integrado utiliza herramientas como: **Control genético**, mediante plantas resistentes, **reducción de inóculo** del patógeno, **control cultural**, con prácticas agronómicas adecuadas, **control biológico**, usando antagonistas y preservando al biodiversidad, y **control químico**, haciendo uso racional de fungicidas o nematicidas.
- Con los efectos de la variabilidad climática que experimenta la caficultura de Colombia, es cada vez más importante atender la información de los pronósticos del tiempo para las regiones, así como las alertas tempranas emitidas por la Federación de Cafeteros o por las entidades gubernamentales, para mitigar los efectos de condiciones desfavorables en el cultivo del café.
- El manejo integrado de enfermedades debe realizarse de manera **preventiva** y no esperar a que los problemas fitosanitarios alcancen niveles altos, donde las medidas de control son poco efectivas, se requieren de mayores inversiones en tiempo y dinero para recuperar plantas y sitios de siembra y se afectan de manera importante la producción y la calidad del café.
- Dentro del manejo preventivo de las enfermedades es fundamental llevar al campo plantas completamente sanas, en especial en su sistema radical, que es aquel que menos se puede trabajar para su recuperación a lo largo del tiempo.
- Es importante llevar un registro completo de las actividades realizadas en el cultivo, en particular las fechas, productos y dosis usadas en aspersiones, ya sea de fertilizantes, herbicidas, fungicidas, insecticidas y otros, así como la razón y la forma de aplicación de los mismos (como el uso de mezclas).
- El manejo de enfermedades debe seguir las recomendaciones de Cenicafé, que están basadas en trabajos científicos que demuestran la efectividad de las medidas bajo diferentes condiciones del cultivo, con productos seguros para los seres humanos y para el ambiente, y que cumplen con las regulaciones nacionales para su aplicación en café.
- Las epidemias de roya siguen siendo causadas por las poblaciones de roya que tradicionalmente han permanecido en Colombia, desde la llegada del hongo en 1983, y por lo tanto, las medidas recomendadas para el manejo de la enfermedad continúan siendo efectivas. Si todavía tiene lotes sembrados con variedades susceptibles, preventivamente adelante el manejo integrado de la roya, que incluye un correcto manejo agronómico y una oportuna y correcta aplicación del control químico. Aspersiones en cantidades y frecuencias diferentes a las recomendadas por Cenicafé, aparte de no ser efectivas, pueden llevar a la generación de poblaciones del hongo *Hemileia vastatrix* resistentes a los productos químicos, además de crear problemas de toxicidad en el café. Manténgase informado sobre los pronósticos de condiciones climáticas en su región, ya que la llegada de un fenómeno como La Niña obliga a extremar las medidas de control en los lotes, en cuanto al manejo agronómico y la evaluación de la enfermedad, de manera que pueda minimizar el efecto negativo de la roya. La mejor estrategia para afrontar a la roya es la adopción de las Variedades Castillo® o Castillo® Regionales, con semilla certificada.
- Ante la aparición de un problema fitosanitario, especialmente de sintomatología desconocida, se debe recurrir a la mayor brevedad al Servicio de Extensión del Comité de Cafeteros más cercano, para obtener asesoría para su manejo.

Literatura citada

- AGRIOS, G.N. *Plant pathology*. 4ta. ed. London : Academic press, 1997. 635 p.
- ALVARADO G.; POSADA H.E.; CORTINA H.A. *Las variedades Castillo regionales: Variedades de café Coffea arabica L. con alta productividad elevada resistencia a enfermedades y adaptación específica*. *Fitotecnia colombiana* 8(1):22-38. 2008.
- ÁNGEL, C. *Mancha de hierro*. p. 137-144. En: GIL V., L.F.; CASTRO. B.; CADENA, G. *Enfermedades del cafeto en Colombia*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2003.224p.
- ANZUETO R., F.; BERTRAND B.; DUFOUR M. *Nemayá, desarrollo de una variedad portainjertos resistente a los principales nematodos en America Central*. San José de Costa Rica : Promecafé, 1995. 13-15 p. (Boletín No. 66/67).
- ARANGO B., L.G. *Estudio del proceso infectivo y la histopatología de Meloidogyne incognita y M. javanica, sobre plantas de café*. Bogotá : Universidad Nacional de Colombia, 1977. 37 p. Tesis: Maestro en fitopatología.
- ARANZAZU H. F. *Comportamiento de la llaga estrellada Rosellinia pepo Pat. sobre raíces vivas y muertas*. *Agrocambio* 2(6):10-15. 1996
- ARCILA, J.; JARAMILLO, A.. *Recuperación de cafetales afectados por granizo*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2010.. (Avances Técnicos No. 397) 4p. .
- ARCILA, J.; LEGUIZAMÓN, J. *Daños por granizo en almendras de café*. Chinchiná : CENICAFÉ, 1988. (Avances Técnicos No. 137). 2p.
- ARCILA P., J.; FARFÁN V., F.; MORENO B., A.M.; SALAZAR G., L.F.; HINCAPIÉ G., E. *Sistemas de producción de café en Colombia*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2007. 309 p.
- AVELINO J.; WILLOCQUET L.; SAVARY S. *Effects of crop management patterns on coffee rust*. *Plant pathology* 53(5):541-547. 2004.
- BAEZA A., C.A. *Ciclo de vida de Meloidogyne exigua en Coffea arabica var. Baturra: Informe anual de labores 1976-1977*. Chinchiná : CENICAFÉ, 1977.
- BAEZA A., C.A. *Metodología en la identificación de la resistencia en Coffea spp. a Meloidogyne spp*. Chinchiná : CENICAFÉ, 1977.
- BAEZA A., C.A.; BENAVIDES M.; LEGUIZAMÓN C., J.E. *Plantas de zona cafetera hospedantes de especies de Meloidogyne*. Chinchiná : Cenicafe 29(2): 35-45, 1978.
- BAEZA A., C.A.; LEGUIZAMÓN C., J.E. *Evaluación de nematocidas para el control de Meloidogyne exigua Goeldi, en plántulas de Coffea arabica var. Caturra*. *Cenicafe* 28(3):108-116. 1977.
- BERMUDEZ M.; CARRANZA M., J. *Estado anamórfico de Rosellinia bunodes (Berk & Br.) Sacc. y Rosellinia pepo (Ascomytina: Xilariaceae)*. *Revista de biología tropical* 40(1):43- 46. 1992.
- CADENA G., G. *Estructuras reproductivas de Corticium salmonicolor Berk. y Br. agente causal del mal rosado del café*. *Cenicafe* 33(1):35-37. 1982.
- CADENA G., G.; GAITÁN, A. *Las enfermedades del café: Logros y desafíos para la caficultura colombiana del siglo XXI. Manejo integrado de plagas y agroecología* 77:89-93. 2006.
- CAMPOS, A.O. *Manejo integrado del Ojo de Gallo Mycena citricolor*. *El cafetal: La revista del caficultor* 4-5. 2010.
- CANO J., A.; GIL V., L.F. *Dinámica de la población de Meloidogyne incognita raza 5 a diferentes densidades en Coffea arabica var. Caturra, en condiciones de vivero*. *Manizales : Universidad de Caldas. Facultad de agronomía*, 1980. 111 p. Tesis: Ingeniero agrónomo.
- CARDONA B., N.L.; LEGUIZAMÓN C., J.E. *Aislamiento y patogenicidad de hongos y bacterias al nematodo del nudo radical del café Meloidogyne spp. Goeldi*. *Fitopatología colombiana* 21(1):39-52. 1997.
- CASTAÑO A., J.J. *Principales causas predisponentes para la enfermedad de la "Gotera" en nuestros cafetales*. *Revista cafetera de Colombia* 10(122):3750-3756. 1951.
- CASTAÑO J., J. *Muerte descendente (Die-Back) en cafetos de toda edad en varias regiones del departamento del Cauca*. *Revista cafetera de Colombia* 12(128):4245-4253. 1956.
- CASTAÑO A., J.J.; BERNAL, E.G. *Un método práctico para combatir el Mal Rosado del cafeto*. *Revista cafetera de Colombia* 11(125):4010-4012. 1953.

- CASTILLO Z., J. Producción de una selección resistente a llaga macana (*Ceratocystis fimbriata* Ell Halst. Hunt.) con relación a las variedades Típica y Borbón. *Cenicafé* 33(2):53-66. 1982.
- CASTRO C., B. L. Las llagas del cafeto. Chinchiná : CENICAFÉ, 1999. 8 p. (Avances Técnicos No. 268).
- CASTRO C., B.L. ; MONTOYA R., E.C. Susceptibilidad de zocas de café a la llaga macana *Ceratocystis fimbriata*. *Ascolfi informa* 23(1):1-4. 1997.
- CASTRO C., B.L. Incidencia de llaga macana (*Ceratocystis fimbriata*, Ell. Halst. Hunt.) en la práctica de poda de ramas bajas del café. Chinchiná : CENICAFÉ, 1998. 8 p. (Avances Técnicos No. 252).
- CASTRO C., B.L. Nuevas recomendaciones para el control de la llaga macana del cafeto. Chinchiná : CENICAFÉ, 1991. 4 p. (Avances Técnicos No. 160).
- CASTRO C., B.L.; CORTINA G., H.A. Selección de progenies de café resistentes a Llagas macana (*Ceratocystis fimbriata* Ellis & Halst.). *Fitotecnia colombiana* 7(1):51-62. 2007.
- CASTRO C., B.L.; DUQUE O., H.; MONTOYA R., E.C. Pérdidas económicas ocasionadas por la llaga macana del cafeto. *Cenicafé* 54(1):63-76. 2003.
- CASTRO C., B.L.; MONTOYA R., E.C. El zoqueo de los cafetales y su relación con la infección por la llaga macana. *Cenicafé*. Chinchiná : CENICAFÉ, 1997. 8 p. (Avances Técnicos No. 240).
- CASTRO C., B.L.; SERNA, C.A. Incidencia de llagas radicales (*Rosellinia* spp.) en el sistema café-yuca en el departamento del Quindío. *Fitopatología colombiana* 33(2):43-48. 2009.
- CASTRO T., A.M.; RIVILLAS O., C.A. *Entrophospora colombiana*, *Glomus manihotis* y *Burkholderia cepacia* en el control de *Rosellinia bunodes* agente causante de la Llagas negra del cafeto. *Cenicafé* 53(3):193-218. 2002.
- CASTRO T., A.M.; RIVILLAS O., C.A. Manejo sostenible de cafetales renovados por zoca. Chinchiná : CENICAFÉ, 2003. 8 p. (Avances Técnicos No. 312).
- CASTRO, A.; RIVILLAS, C. Biorregulación de *Rhizoctonia solani* en germinadores de café. Chinchiná : CENICAFÉ, 2005. 8 p. (Avances Técnicos No. 336).
- CASTRO, A.; RIVILLAS, C. Germinadores de café: Construcción, manejo de *Rhizoctonia solani* y costos. Chinchiná: CENICAFÉ, 2008. 12p. (Avances Técnicos No. 368).
- COSTA, M; ZAMBOLIM, L.; RODRIGUES, F. Efeito de níveis de desbaste de frutos do cafeeiro na incidência da ferrugem, no teor de nutrientes, carboidratos e açúcares redutores. *Fitopatología Brasileira* 31(6):564-571. 2006.
- CRISTANCHO A., M.A. Control biológico de enfermedades. p. 55-63. En: GIL V., L.F.; CASTRO C., B.L.; CADENA G., G. *Enfermedades del cafeto en Colombia*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2003. 224 p.
- FERNÁNDEZ B., O.; LÓPEZ S. Llagas radiculares negras (*Rosellinia bunodes*) y estrellada (*Rosellinia pepo*) del cafeto: Patogenicidad e influencia de la clase de inóculo en la infección. *Cenicafé* 15(3):126-144. 1964.
- FERNÁNDEZ B., O.; MESTRE, M.A.; LÓPEZ, S. Efecto de la fertilización en la incidencia de la Mancha de hierro *Cercospora coffeicola* Berck y Cook en frutos de café. *Cenicafé* 17(1):5-19. 1966.
- FERNÁNDEZ, B. O. Patogenicidad de *Ceratocystis fimbriata* y posible resistencia en café var. Borbón. *Cenicafé* 15(1):3-17. 1964.
- GAITÁN B., A.L.; VILLEGAS G., C.; RIVILLAS O., C.A.; HINCAPIÉ G., E.; ARCILA P., J. Almácigos de café: Calidad fitosanitaria manejo y siembra en el campo. Chinchiná : CENICAFÉ, 2011. 8 p. (Avances Técnicos No. 40).
- GAITÁN, A. Las enfermedades de las plantas y su diagnóstico. En: GIL V., L.F.; CASTRO C., B.L.; CADENA G., G. *Enfermedades del cafeto en Colombia*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2003. 224 p.
- GAITÁN, A. Manejo genético y biológico en patosistemas limitantes del cultivo del café en América. *Fitotecnia colombiana* 8(2):1-8. 2008.
- GAITÁN, A. Volcamiento o mal del tallito *Rhizoctonia solani* Kuhn. 21-31 En: GIL V., L.F.; CASTRO C., B.L.; CADENA G., G. *Enfermedades del cafeto en Colombia*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2003. 224 p.
- GAITÁN, A.; LEGUIZAMÓN, J. Biología y patogénesis de *Rhizoctonia solani* en café. *Fitopatología colombiana* 16(1-2):165-171. 1992.
- GAITÁN, A.; RIVILLAS C.; CORTINA, H. World reports: Colombia. p. 249-260. En: PLANT-Parasitic nematodes of coffee. New York : Springer, 2008.

- GALVIS G., C.A. *El Mal rosado del cafeto*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2002. 8 p. (Avances Técnicos No. 299).
- GALVIS, C. *Identificación de insectos vectores del fitoplasma causante de la crespera del cafeto*. Manizales : Sociedad colombiana de entomología, 2006. SOCOLEN 135p.
- GALVIS, C. *La crespera del cafeto*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2006. 8 p. (Avances Técnicos No. 347).
- GALVIS, C.; LEGUIZAMÓN, J.; GAITÁN, A.; MEJÍA, J.; ÁLVAREZ, E.; ARROYAVE, J. *Detection and identification of a group 16SrIII related phytoplasma associated with coffee crispiness sidease in Colombia*. *Plant disease* 91(3):248-252. 2007.
- GIL V., L.F. *Descripción de daños ocasionados por Colletotrichum sp. en flores y frutos de café en Colombia*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2001. 4 p. (Avances Técnicos No. 288).
- GIL V., L.F. *Mancha mantecosa Colletotrichum sp.* p. 145-148. En: GIL V., L.F.; CASTRO C., B.L.; CADENA G., G. *Enfermedades del cafeto en Colombia*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2003. 224 p.
- GIL V., L.F.; CÁRDENAS L., J.; GÓMEZ Q., R. *La enfermedad de las cerezas del café (CBD), ocasionada por el hongo Colletotrichum kahawae*. Bogotá : CENICAFÉ : ICA, 2000. 39 p.
- GIL V., L.F.; LEGUIZAMÓN C., J.E. *Muerte descendente Phoma spp.* p. 115-120. En: GIL V., L.F.; CASTRO C., B.L.; CADENA G., G. *Enfermedades del cafeto en Colombia*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2003. 224 p.
- GIL V., L.F.; VARZEA, V.M.P.; SILVA, M.C. *La enfermedad de las cerezas del café -CBD- causada por Colletotrichum kahawae*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2002. 8 p. (Avances Técnicos No. 298).
- GIRALDO F., M.A.; LEGUIZAMÓN C., J.E. *Control de Meloidogyne spp en almácigos de café con el hongo Paecilomyces lilacinus*. *Cenicafé* 49(2):85-101. 1998.
- GÓMEZ, L. *Película de agua sobre las hojas de los cafetos*. *Cenicafé* 35(4):94-101. 1984.
- GÓMEZ Q., R. ; BUSTAMANTE A., E. *Influencia de la luz y la temperatura en el desarrollo de la muerte descendente del cafeto, causada por Phoma sp*. *Fitopatología colombiana* 6(1):73-80. 1977.
- GÓMEZ Q., R. *Influencia de algunos factores ambientales sobre el agente causal de la muerte descendente del cafeto y sobre la interacción patógeno: Susceptivo*. Bogotá : Universidad Nacional de Colombia, 1975. 68 p. Tesis: Maestro en fitopatología.
- GÓMEZ, D. S.; CASTRO C., B.L. *El aplicador de contacto: Herramienta eficaz para el manejo de la llaga macana del cafeto*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2004. 8 p. (Avances Técnicos No. 319).
- GUTIÉRREZ G., R.A.; CASTRO C., B.L.; RIVILLAS O., C.A. *Manejo de focos de llagas radicales en cafetales*. Chinchiná: CENICAFÉ, 2004. 8 p. (Avances Técnicos No. 327).
- HINCAPIÉ R., D.; LEGUIZAMÓN C., J.E. *Efecto de Verticillium chlamydosporium en el control de Meloidogyne spp. en almácigos de Café, variedad Caturra*. *Cenicafé* 50(4):286-298. 1999.
- IBARRA G., N.L. ; CASTRO C., B.L. ; PONCE, C. A. *Estudio del proceso infectivo de Rosellinia bunodes Berk y Sac. en café*. *Fitopatología colombiana* 23(1/2):59-64. 1999.
- ISIC. *Mal rosado o enfermedad rosada del café Corticium salmonicolor. Berk. y Br.* ISIC El Salvador, 1970. 5 p. (Boletín Informativo No. 96).
- IZQUIERDO B., J.E. *Comportamiento de genotipos de cafetos ante Ceratocystis fimbriata*. *Café y cacao* 10(1):53-59. 1988.
- KUSHALAPPA, A.C.; ESKES, A.B. *Coffee rust: Epidemiology, resistance, and management*. Boca Raton : CRC press, 1989. 345 p.
- LEGUIZAMÓN C., J.E. *Interacción entre una mezcla de M.V.A. y el complejo Meloidogyne incognita y M. javanica en almácigos de café*. Chinchiná : CENICAFÉ, 1994. 14 p.
- LEGUIZAMÓN C., J.E.; ARCILA P., J. *Daños en cafetales por descargas eléctricas*. Chinchiná : CENICAFÉ, 1992. 2 p. (Avances Técnicos No. 180).
- LEGUIZAMÓN C., J.E.; PADILLA H., B.H. *Efecto de Beauveria bassiana y Metarhizium anisopliae en el control del nematodo del nudo radical del café*. *Cenicafé* 52(1):29-41. 2001.
- LEGUIZAMÓN C., J. *Relación entre poblaciones de Meloidogyne spp. en el suelo y daño causado en cafetales establecidos*. *Cenicafé* 27(4):174- 184. 1976.

- LEGUIZAMÓN, J.; OROZCO, L.; GÓMEZ, L. Períodos de incubación (PI) y de latencia (PL) de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk. y Br.) en Colombia. *Cenicafé* 49(4): 325-339. 1998.
- LÓPEZ D., S.; FERNÁNDEZ B., O. Llaga radical negra (*Rosellinia bunodes*) y estrellada (*Rosellinia pepo*) del cafeto: Efecto de la humedad y pH del suelo en el desarrollo micelial e infección. *Cenicafé* 17(2):61-69. 1966.
- LÓPEZ, S., FERNÁNDEZ, O. Epidemiología de la mancha de hierro del cafeto *Cercospora coffeicola* Berk y Cook. *Cenicafé* 20(1 No.?):3-19. 1969.
- LORDELLO E., L.G. Nematode pest of coffee. p. 258-284. En: *Economic nematology*. London : Academic press, 1972.
- MARÍN, M.; CASTRO, B.; GAITÁN, A.; PREISIG, O.; WINGFIELD, B.D.; WINGFIELD, M. J. Relationships of *Ceratocystis fimbriata* isolates from colombian coffee-growing regions based on molecular data and pathogenicity. *Journal of phytopathology* 151(7/8):395-405. 2003.
- MESTRE, M.A.; LÓPEZ, D.S. Fertilización del cafeto y su relación con el mal rosado *Corticium salmonicolor*. Berk. y Br. *Noticias fitopatológicas* 5(1):53. 1976.
- ORTÍZ B., L.M. Control químico y cultural del mal rosado (*Corticium salmonicolor* Berk. y Br.). Santafé de Bogotá: Ascolfi, 1991. 68p.
- PADILLA H., B.E.; LEGUIZAMÓN C., J.E.; VELÁSQUEZ S., E.T. Evaluación de formulaciones de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* para el control de *Meloidogyne* spp. *Cenicafé* 52(4):249-269. 2001.
- QUINTANA R., J.C.; GAITÁN B., A.L.; CRISTANCHO A., M.A.; LEGUIZAMÓN C., J.E. Caracterización molecular de líneas puras del nematodo del nudo radical *Meloidogyne* spp. provenientes de café. *Ascolfi informa* 28(3):24-28. 2002.
- QUINTERO G., H.; BURITICÁ, P. Efectos de la nutrición en la presencia de muerte descendente causada por *Phoma* sp. en plántulas de cafeto. *Noticias fitopatológicas* 5(2):101. 1976.
- REALPE, C.E.; VILLEGAS, C.; RIAÑO, N.M. Aislamiento y caracterización morfológica de *Rosellinia pepo* Pat. en plantas de macadamia. *Revista facultad de agronomía Medellín* 59(2):3509-3526. 2006.
- RIVILLAS, C.; CASTRO, A.M. Ojo de Gallo o Gotera del cafeto *Omphalia flavida*. *Chinchiná : CENICAFÉ, 2011. 25p. (Boletín Técnico No. 37).*
- RIVILLAS, O., C.A.; SERNA G., C.A.; CRISTANCHO A., M.A.; GAITÁN B., A.L. La roya del cafeto en Colombia: Impacto manejo y costos del control. *Chinchiná : CENICAFÉ, 2011. 53 p. (Boletín Técnico No. 36).*
- RODRÍGUEZ, R. A. Estudios sobre la enfermedad rosada del café. San José de Costa Rica : Ministerio de agricultura y ganadería, 1964. 35 p. (Boletín Técnico No. 46).
- ROZO, Y.; ESCOBAR, C.; GAITÁN, A.; CRISTANCHO, M. Aggressiveness and genetic diversity of *Hemileia vastatrix* during an epidemic in Colombia. *Journal of phytopathology* 160:732-740. 2012.
- SIERRA S., C.A.; MONTOYA R., E.C. VÉLEZ, C. Nivel de daño y umbral económico para la roya del cafeto. *Fitopatología colombiana* 19(2):43-48. 1995.
- TEN H., G.M.; KRAUSS, U. Biology and control of *Rosellinia bunodes*, *Rosellinia necatrix* and *Rosellinia pepo*. *Crop protection* 25:89-107. 2006.
- TEWARI, J.P.; RAO, D.V.; VARGAS E. Estudio preliminar sobre el modo de penetración de *Mycena citricolor* en la hoja de cafeto. *Agronomía costarricense* 10(1/2):199-202. 1986.
- VAN WYK M.; WINGFIELD B.D.; MARÍN M.; WINGFIELD M.J. New *ceratocystis* species infecting coffee, cacao, citrus and native trees in Colombia. *Fungal diversity* 40(1):103-117. 2010.
- VILLALBA G., D.A.; FERNÁNDEZ, B.O.; BAEZA A., C.A. Ciclo de vida de *Meloidogyne incognita* raza 5 "Kafoid y White 1919" "Chitwood" 1949 en *Coffea arabica* var. Caturra. *Cenicafé* 34(1):16-33. 1983.
- VILLEGAS, C.; GIRALDO, M.; BENAVIDES, P.; GIL, Z. Aprenda a diferenciar la muerte descendente y la chamusquina en árboles de café. *Chinchiná : CENICAFE, 2009. p. 8 (Avances Técnicos No. 385).*
- WALLER, J.M.; BIGGER, M.; HILLOCKS, R.J. American leaf spot. p. 192-194. En: WALLER, J.M.; BIGGER, M.; HILLOCKS, R.J. *Coffee pest, diseases and their management*. Wallingford : CAB Internacional, 2007. 434 p.
- WANG, A.; AVELINO, J. El Ojo de gallo del cafeto (*Mycena citricolor*). p. 243-260. En: BERTRAND, B.; REPIDEL, B. *Desafíos de la caficultura en Centroamérica*. San José : IICA : PROMECAFE : CIRAD, 1999. 496 p.

Manejo integrado de plagas

Pablo Benavides Machado; Zulma Nancy Gil Palacio;
Carmenza Góngora Botero; Aníbal Arcila Moreno

En el pasado las plagas se controlaban exclusivamente con insecticidas químicos, contaminando el ambiente y enfermando a los seres humanos. Con el fin de evitar esto, nació el Manejo Integrado de Plagas, para proteger únicamente el órgano de la planta que afecta un insecto en un momento específico. Para esto se combinan estrategias de control y se hace énfasis en hacer menos favorable el ambiente para que la plaga se reproduzca y se desarrolle, esto se llama Control Cultural. Pero también se aprovecha el control que hacen los enemigos naturales de las plagas, los cuales son insectos benéficos que se alimentan de las plagas. Además, existen hongos y bacterias que enferman a las plagas sin afectar a los humanos o a los animales. El uso de estos enemigos naturales, se conoce como Control Biológico.

En el manejo integrado también se usan insecticidas químicos, pero como última alternativa, cuando las otras medidas no son suficientes para mantener las plagas bajo control. Lo más importante en el control químico es conocer el órgano de la planta que se va a proteger para poder identificar el momento oportuno cuando se debe usar el insecticida. Por ejemplo, si se quiere controlar plagas de las raíces del café, las plantas se deben proteger cuando están creciendo; si el insecto afecta hojas, es necesario cuidarlas cuando están jóvenes; y si perjudican los frutos, se debe evitar que el insecto los ataque. Igualmente es importante elegir el insecticida de menor toxicidad, usarlo en la cantidad correcta y evitar la aplicación generalizada detectando los primeros daños; también es importante aplicarlo con los equipos en buen estado y con personal capacitado.



Conceptos generales

Las plagas del café se refieren a aquellos insectos u otros organismos como los ácaros, arañas o babosas que dañan el cultivo del café. Es importante diferenciar las

clases de plagas que pueden afectar los cultivos y las que ameritan una vigilancia permanente para evitar que causen daños económicos. De esta manera, las plagas se pueden agrupar en clases de acuerdo a su dinámica de poblaciones y el tipo de daño que ocasionan, así:



Plaga clave. Son las que se consideran más limitantes en la producción agrícola, se presentan en todas las épocas del año en todas las regiones del país (Bustillo, 2008). El ejemplo más importante en Colombia es la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae).

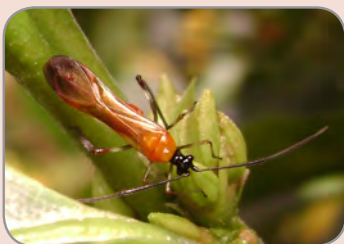


Plaga endémica. Artrópodos que se presentan permanentemente en una zona, y que en ocasiones aumentan sus poblaciones cuando disminuye la presencia de su fauna benéfica. Por ejemplo: la arañita roja *Oligonychus yothersi* (McGregor) (Acari: Tetranychidae).



Plaga esporádica. Está permanentemente en un cultivo en poblaciones tan bajas que le permiten pasar inadvertida, pero una vez las condiciones climáticas le favorecen puede incrementarse y ocasionar daño económico, por ejemplo, el minador de las hojas del café *Leucoptera coffeella* (Guerin-Meneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae).

Plaga inducida. El hombre las genera como consecuencia de un manejo inapropiado de sus cultivos. El mejor ejemplo es el minador de las hojas del café *Leucoptera coffeella*, el cual resurge una vez se asperjen productos insecticidas de baja selectividad como los piretroides, o por el manejo excesivo de las arvenses en cafetales en crecimiento vegetativo. El manejo de esta plaga debe comenzar revirtiendo la práctica que induce las poblaciones del insecto dañino.

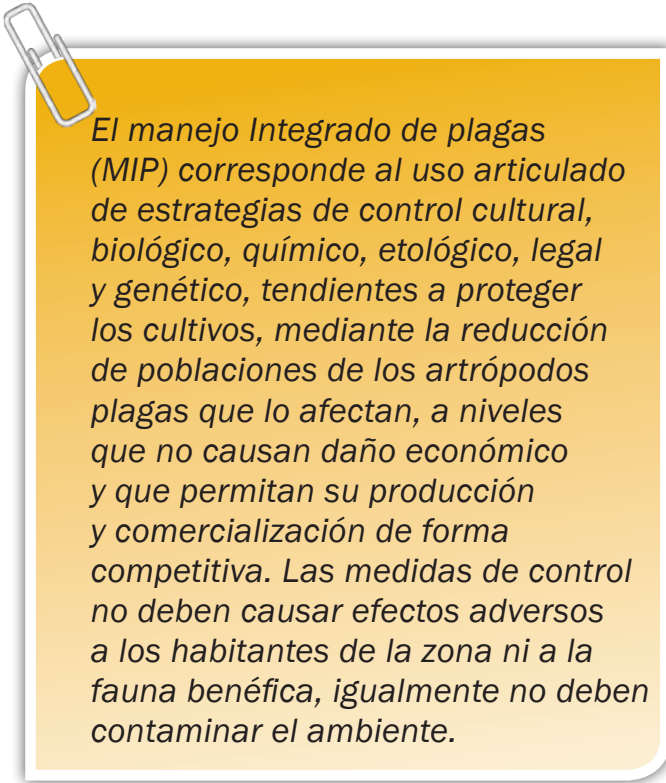


Plaga irrupción. Son plagas de otros cultivos que pueden afectar al café. La chinche de la chamusquina del café, *Monalonion velezangeli* Carvalho & Costa, 1988, (Hemiptera: Miridae) es una plaga que se alimenta naturalmente en cultivos de cacao, guayaba y aguacate, la cual comienza a atacar los árboles de café una vez se eliminan sus hospedantes primarios. Igualmente la mosca blanca *Aleurothrixus floccosus* (Hemiptera: Aleyrodidae) (Martin, 1987), es una plaga que ataca el cultivo de aguacate; cuando se realizan aspersiones generalizadas de insecticidas de baja selectividad, el insecto se refugia en los árboles de café, afectando las hojas de árboles en producción.

Plaga vector. No ocasiona un daño directo a la planta, su daño se asocia con su capacidad de transmitirle enfermedades. A pesar que no existen ejemplos de este tipo de plagas en el cultivo del café en Colombia, se asocian algunos insectos de la familia Cicadellidae transmitiendo la enfermedad crespada del café, cuyo agente causal se relaciona con un fitoplasma.

Un artrópodo se convierte en plaga, cuando:

- Es introducido a una zona diferente de su lugar de origen, en donde no encuentra enemigos naturales que regulan sus poblaciones. Ejemplo, la broca del café que fue introducida de África al continente americano.
- Existe sobreoferta de alimentos debida a la siembra extensiva de una sola especie vegetal. Es el caso de la chinche de la chamusquina del café, que se alimenta en café cuando es sembrado en monocultivo, una vez se eliminan los árboles nativos de guayaba, cacao o aguacate.
- Se eliminan los enemigos naturales como consecuencia de prácticas inapropiadas como el uso indiscriminado de plaguicidas de amplio espectro. Situación que ocurre cuando se aplican productos piretroides para el control de la broca del café, sólo o en mezcla con otros insecticidas, lo que mata los enemigos naturales nativos de minador de las hojas del café, y aparece ésta como plaga limitante de la producción.
- Existen variaciones climáticas que favorecen el desarrollo y reproducción de los artrópodos. Esto ocurre cuando, por efectos de sequías o tiempos de veranos prolongados, la arañita roja aumenta sus poblaciones y causa raspados en las hojas y caída prematura de las mismas.



El manejo Integrado de plagas (MIP) corresponde al uso articulado de estrategias de control cultural, biológico, químico, etológico, legal y genético, tendientes a proteger los cultivos, mediante la reducción de poblaciones de los artrópodos plagas que lo afectan, a niveles que no causan daño económico y que permitan su producción y comercialización de forma competitiva. Las medidas de control no deben causar efectos adversos a los habitantes de la zona ni a la fauna benéfica, igualmente no deben contaminar el ambiente.

De la anterior definición se deduce que el manejo integrado de las plagas debe utilizar todas las herramientas disponibles para combatirlas, como son prácticas de control cultural, el fomento de la fauna benéfica, la introducción desde su sitio de origen de enemigos biológicos, como parasitoides y entomopatógenos, que jueguen un papel importante en la regulación de sus poblaciones. Recientemente se ha utilizado el nombre de Manejo Integrado del Cultivo, un MIP en donde se incluyen también todas las prácticas de manejo agronómico del cultivo que sean adversas al desarrollo de la plaga. Los componentes de un programa de manejo integrado son:

Control cultural. Consiste en la manipulación del ambiente para hacerlo menos favorable a las poblaciones de insectos plaga. Se obtiene mediante la implementación de diferentes prácticas agronómicas preventivas por parte de los agricultores, y sirven para reducir la probabilidad de que los insectos se reproduzcan, se desarrollen, colonicen y dañen el cultivo. Para el cultivo del café algunas de las actividades que se desarrollan en un control cultural son:

- Las distancias de siembras adecuadas para permitir una buena recolección de café y la aspersión de insecticidas químicos o biológicos.
- La renovación de los cafetales, evitando la dispersión de la broca para mantener árboles jóvenes y productivos, y a su vez cortar los ciclo de la broca.
- El manejo integrado de arvenses para aumentar la presencia de fauna benéfica que controla naturalmente las plagas esporádicas.
- El repase de los cafetales para evitar la reproducción de la broca y posterior dispersión a frutos de cosechas principales.

Control químico. Se refiere al uso de insecticidas de síntesis o plaguicidas para el control de insectos plagas. Se usan como estrategia para reprimir poblaciones dentro del manejo integrado. El éxito del control químico está en los criterios que se tenga para decidir el momento oportuno de aplicar los productos y la selección de los productos con el fin de evitar el desarrollo de resistencia por parte del insecto. Al tomar la decisión de realizar un control químico se debe tener en cuenta:

- Realizar la aplicación de manera localizada donde se concentren las plagas, no de forma generalizada, con el fin de proteger el cultivo, evitar uso excesivo de producto, ocasionar deterioro al medio ambiente y desequilibrios biológicos.
- Usar solo productos de categoría toxicológica II y III de la norma Andina, y seguir las recomendaciones de tecnologías de aspersión y calibración de los equipos.

Control etológico. Se refiere al uso de sustancias químicas, naturales o sintéticas, para repeler o atraer plagas a un determinado sitio para eliminarlos, modificar su actividad sexual o alterar su orientación. Las trampas con alcohol como atrayentes para la captura de adultos de broca del café son un ejemplo de control etológico; sin embargo, su uso está limitado al monitoreo de poblaciones de broca, y no a su control. Otro ejemplo son las trampas con feromonas sexuales que atraen y eliminan adultos de minador de las hojas del café. Estas trampas se han evaluado en Brasil con resultados promisorios.

Control biológico. Se refiere al uso de organismos vivos como artrópodos o microorganismos que causan enfermedades a los insectos plagas, de tal modo que se reduce el daño que ocasionan en los cultivos. En el programa de Manejo Integrado de la Broca del Café en Colombia, algunas de las alternativas de control biológico utilizadas para su manejo son los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, y las avispas parasitoides *Cephalonomia stephanoderis*, *Prorops nasuta* y *Phymastichus coffeae*.

Control legal. Consiste en la aplicación de medidas impartidas por el gobierno o una entidad competente, con el fin de manejar los insectos plagas para limitar su dispersión o limitar su efecto sobre el cultivo (Bustillo, 2008). Para el caso de la broca del café el Instituto Colombiano Agropecuario ICA, en la Resolución 1986 de julio de 1992, obliga a realizar prácticas como la cosecha total de frutos secos y sobremaduros, la cosecha periódica y el beneficio oportuno de los frutos cosechados, y no transportar frutos infestados a sitios libres de la plaga.

Control genético. Comprende actividades como el desarrollo de variedades resistentes a insectos, mejoramiento genético de enemigos naturales y control genético autocida, por reemplazo de poblaciones.

Control natural. Control que sucede en las poblaciones de insectos sin intervención del hombre e incluye además de **enemigos naturales** la acción de los **factores abióticos del medio**.

Generalidades del control biológico

El control biológico se define como el uso de poblaciones de organismos vivos para controlar insectos plagas, de tal forma que pueden suprimir las plagas haciéndolas menos abundantes y menos dañinas de lo que podrían ser en ausencia del controlador.

Los **controladores biológicos** son organismos vivos o productos generados por éstos, que se utilizan para prevenir o reducir las pérdidas o daños causados por los insectos plaga. Estos organismos vivos pueden tener diferentes interacciones con los insectos plaga y se clasifican como: **Parasitoides, depredadores o patógenos**.

El control biológico hace uso de las relaciones de parasitismo que se presentan en la naturaleza entre diferentes organismos y los insectos. El parasitismo es un proceso por el cual una especie amplía su capacidad de supervivencia utilizando a otras especies; en este caso, algunos insectos utilizan los insectos plagas del café para cubrir sus necesidades básicas, que pueden ser nutricionales o pueden dar ventajas para la reproducción de la especie parásita. Las especies explotadas, que en este caso son las plagas del café, normalmente no obtienen un beneficio por los servicios prestados, y se ven generalmente perjudicadas por la relación, viendo disminuida su viabilidad.

Las relaciones que se pueden presentar entre estos parásitos y los insectos plaga se explican a continuación.

Insectos parasitoides

Son artrópodos que como parte de su ciclo de vida depositan un huevo dentro o cerca de su hospedante, que en este caso es el insecto plaga del café, luego las larvas se desarrollan, ya sea dentro o fuera de los insectos, según la especie de parasitoide. El parasitoide se desarrolla durante su ciclo larval en el insecto plaga, causando finalmente la muerte de éste. Una vez el parasitoide llega a su estado adulto es un animal de vida libre que puede alimentarse de plantas, néctar u otros insectos. Cada parasitoide utiliza solo un hospedante durante su ciclo de vida, a diferencia de los depredadores, que consumen varios insectos plaga a lo largo de su vida.

Los parasitoides son, por lo general, mucho más específicos que los depredadores, y a diferencia de los parásitos pueden dispersarse activamente en busca de sus presas. Por estas razones tienen una gran importancia en la agricultura como agentes de control biológico de insectos plaga.

La mayoría de parasitoides que han sido usados en control biológico pertenecen al orden Hymenoptera (Avispas), seguidos por el orden Diptera (Moscas). Las familias más usadas frecuentemente del orden Hymenoptera son Braconidae e Ichneumonidae, y en el orden Diptera se destaca la familia Tachinidae.

En el caso del café, la mayoría de sus insectos plagas tienen parasitoides que pueden usarse para su control. Se destacan los parasitoides de la broca del café: *Prorops nasuta* (Figura 1) y *Cephalonomia stephanoderis*, que parasitan larvas, al igual que *Phymastichus coffea* que parasita adultos (Figura 2).



Figura 1.

Prorops nasuta parasitoides de larvas de la broca del café.



Figura 2.

Phymastichus coffea parasitando la broca del café.

Estos tres parasitoides fueron introducidos a Colombia desde África, para el control de la broca, y se ha observado

establecimiento de *Prorops nasuta* a lo largo de la zona cafetera (Benavides, 2008).



Figura 3.

Parasitoides alimentándose de larvas de minador de la hoja del café.

La plaga del minador de las hojas del café *Leucoptera coffeellum* (Lepidoptera: Lyonetiidae), en Colombia también muestra un gran número de parasitoides que controlan sus poblaciones, que en este caso son nativos (Figura 3) (Constantino et al., 2011). Las recomendaciones para la preservación de estos parasitoides son: Evitar el uso de insecticidas de amplio espectro y alta toxicidad, no hacer aplicaciones extensivas de insecticidas, ya que al ser insectos se causa su muerte, y mantener condiciones medioambientales favorables para los parasitoides, como son la preservación y mantenimiento de arvenses con flores en el cafetal, ya que éstos pueden servir de reservorio y alimento a los parasitoides adultos.

Depredadores de insectos

Los animales depredadores cazan y se alimentan de los insectos plaga, causando su muerte. En general, un depredador puede consumir muchos insectos durante su ciclo de vida. El comportamiento depredador es ampliamente distribuido entre los insectos y existen alrededor de 32 grupos reconocidos como supresores de plagas en agricultura.

En las plagas del café se encuentra que las hormigas (Figura 4a) y algunos cucarrones como *Cathartus quadricollis* Coleoptera: Cucujidae (Figura 4b) pueden ser depredadores de la broca.



Figura 4.

a. Hormiga depredando un adulto de la broca; **b.** *Cathartus quadricollis*, depredador que aparece con frecuencia en los cafetales de Colombia.



Figura 5.

Coleoptera: Coccinellidae, depredador de la araña roja del café.

Otra plaga del café que ha mostrado tener un número significativo de depredadores es el ácaro **araña roja del café** *Oligonychus yothersi* (Acari: Tetranychidae). En los cafetales colombianos se ha identificado un gran número de larvas y adultos de especies del orden Coleoptera, familia Coccinellidae, consumiendo estos ácaros (Figura 5).

También el insecto *Monalonion velezangeli*, causante de la chamusquina del café, es atacado por una amplia gama de depredadores, Hemiptera: Reduviidae (Figura 6). Al igual que en el caso de los parasitoides, las recomendaciones para la preservación de estos depredadores son: Evitar el uso de insecticidas de amplio espectro, no hacer aplicaciones extensivas de éstos y mantener condiciones medioambientales favorables para su desarrollo.

Patógenos de insectos

Son microorganismos capaces de causar una enfermedad en los insectos. Los microorganismos patogénicos generalmente invaden y se multiplican dentro de los insectos y se conocen como entomopatógenos.



La patogenicidad de un entomopatógeno se refiere a la habilidad de causar enfermedad en el insecto. Mientras que la virulencia es el grado de patogenicidad, es decir, la cantidad de enfermedad medible que un microorganismo puede causar (Shapiro-Ilan et al., 2005).

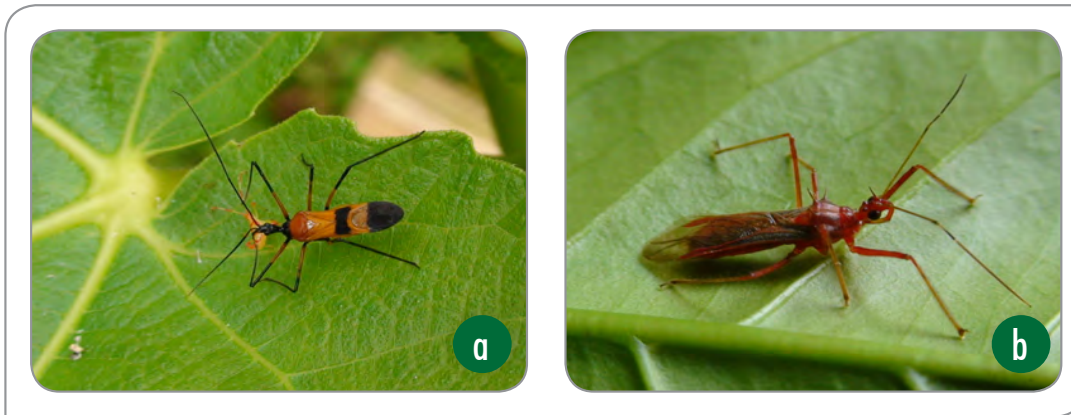


Figura 6.

Adultos de Hemiptera: Reduviidae depredadores de *M. velezangeli*.
a. *Zelus* sp.;
b. *Repipta* sp.

Los entomopatógenos se transmiten a los insectos por contacto directo, ingestión y vectores, y se pueden transmitir de padres a hijos. Los patógenos pueden ser: Virus, bacterias, protozoos, nematodos y hongos.

Virus. Son partículas no celulares parasíticas. En la naturaleza existe una gran diversidad de virus entomopatógenos. La infección viral en los insectos ocurre por vía oral, a través de la ingestión del alimento contaminado con las partículas virales. La replicación del virus en los tejidos susceptibles del insecto causa desintegración de éstos, y las larvas se tornan blandas y muy frágiles (Burgess, 1981). Los insectos afectados por virus presentan falta de apetito, cambios en la coloración y alargamiento del estado larval; hay una disminución de la actividad de las larvas y en los estados más avanzados de la infección se produce la muerte de las mismas.

Una de las familias de entomovirus más estudiada es la Baculoviridae, que atacan principalmente lepidópteros, y debido a que este orden es el causante de la gran mayoría de pérdidas en agricultura, el desarrollo de los virus como agentes biocontroladores ha sido amplio.

Bacterias. Corresponden a formas unicelulares. Las bacterias infectan a los insectos principalmente a través de la ingestión vía oral, **a través de la ingestión del alimento contaminado con las bacterias.** También pueden entrar al insecto por parasitoides y depredadores. Las infecciones bacterianas se caracterizan por producir bacteremias, en las que las bacterias luego de entrar al insecto se multiplican en la hemolinfa. Además, la bacteria puede producir toxinas, que en algunos casos causan la muerte del insecto. Los insectos atacados por bacterias especialmente en los estados larvales, rápidamente se oscurecen y pierden turgencia, los tejidos y órganos internos se rompen y adquieren una consistencia acuosa acompañada por un olor pútrido. El integumento del insecto permanece intacto.

Las bacterias más usadas en control biológico son: *Bacillus popilliae*, que ataca larvas del orden Coleoptera,

familia Scarabaeidae; *Bacillus sphaericus* usada para el control de dípteros de la familia Culicidae; y una de las más conocidas, *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* que afecta especies del orden Lepidoptera. *B. thuringiensis* var. *israeliensis* afecta diferentes familias de Diptera, y *B. thuringiensis* var. *tenebriones* que afecta larvas de coleópteros. La mayor cantidad de estudios y trabajos se ha realizado con *B. thuringiensis*. Esta bacteria produce una proteína tóxica conocida como cristal paraesporal que es la que causa la enfermedad en el insecto.

Protozoos. La mayoría de los protozoos entomopatógenos entran al insecto a través de la boca, donde alcanzan el tracto digestivo. El estado infeccioso del protozoo es generalmente una espora o ciste, que luego de pasar por el intestino penetra al hemocelo y termina en la hemolinfa, donde puede permanecer de forma extracelular o puede penetrar las células de órganos y tejidos causando la enfermedad. La infección se caracteriza porque los insectos toman un color clorótico o blanquizco, su tamaño se reduce y permanece en estado inmaduro.

Los protozoos entomopatógenos más importantes incluyen los microsporidians (*Nosema*) y los eugregarinos, que pueden causar infecciones letales. *Nosema* ha sido usado con potencial para el control de saltamontes.

Nematodos. Las especies consideradas con potencial para el control de plagas son las pertenecientes a las familias *Steinernematidae* y *Heterorhabditidae*. Estos nematodos entomopatógenos se encuentran en forma natural en el suelo y solo atacan insectos (Figura 7) (Kaya y Stock, 1997).

Los nematodos buscan a los insectos y se introducen en ellos por sus aberturas naturales (boca, ano o espiráculos), o le “inyectan” una bacteria. La bacteria se multiplica y produce sustancias tóxicas que causan la muerte del insecto durante las primeras 48 horas después de la penetración. En el caso de la broca del café se han identificado especies nativas que la atacan.



Figura 7.

Steinernema sp. afectando una larva de la broca del café.

Hongos. Son formas unicelulares o multicelulares. Fueron los primeros organismos que se identificaron como causantes de enfermedades en insectos, debido a que era posible observar su crecimiento en la superficie de éstos (Tanada y Kaya, 1993). La mayoría de órdenes de insectos son susceptibles a enfermedades causadas por hongos, y son particularmente importantes para el control de coleópteros, debido a que este orden es especialmente resistente a las enfermedades causadas por virus y bacterias.

Los hongos entomopatógenos están presentes en todas las clases de hongos conocidas, posiblemente los más ampliamente distribuidos son: *Beauveria bassiana* (Figuras 8 y 9) usados para el control de lepidópteros y coleópteros incluyendo la broca del café, la enfermedad que produce en los insectos se conoce como muscardina blanca, y *Metarhizium anisopliae* (Figuras 10, 11 y 12),

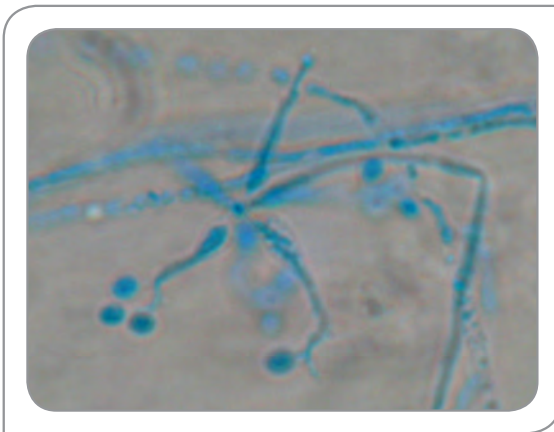


Figura 8.

Conidias de *Beauveria* en el microscopio.

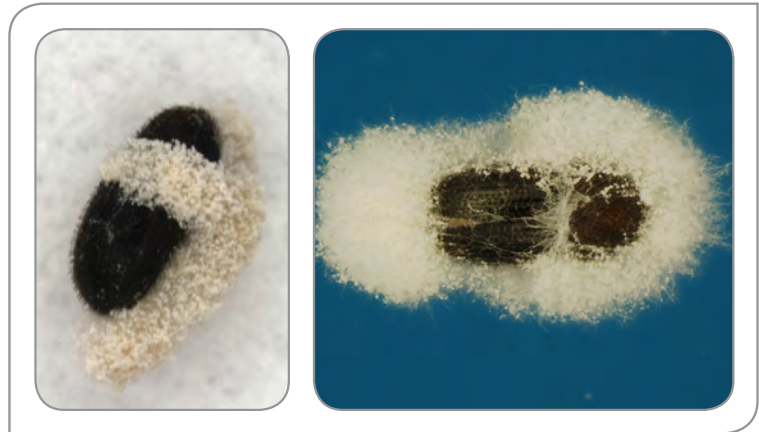


Figura 9.

Beauveria atacando y esporulando sobre la broca del café.

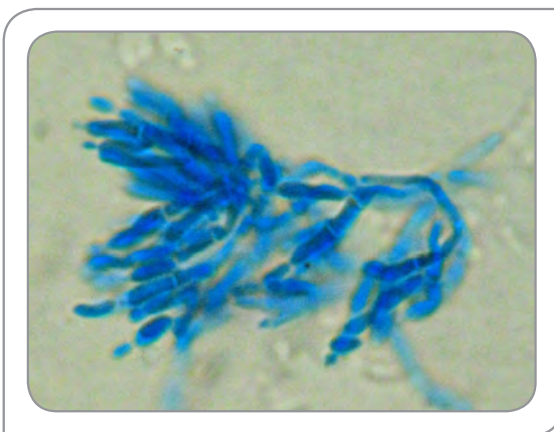


Figura 10.

Conidias de *Metarhizium*.



Figura 11.

Metarhizium infectando y esporulando en saltamontes.



Figura 12.

Metarhizium infectando y esporulando sobre la broca del café.

controlador de ortópteros y lepidópteros principalmente, pero también ataca coleópteros como la broca del café; la enfermedad que causa es llamada muscardina verde. Estos dos hongos entomopatógenos tienen potencial de aplicación como biocontroladores.

Además, se destacan *Lecanicillium lecanii*, controlador de áfidos y trips, y en el caso de cafetales en Colombia se ha reportado atacando la escama verde (*Coccus viridis*), y *Paecilomyces fumosoroseus* usado en el control de mosca blanca *Bemisia* sp., el cual se ha reportado atacando broca del café en bajos niveles.

Dentro del grupo de los patógenos de insectos, los hongos tienen la característica muy particular de no requerir ser ingeridos por el insecto para causar la enfermedad, ya que ellos pueden penetrar directamente a través de la cutícula del hospedante.

El hongo ***Beauveria bassiana*** es el entomopatógeno comercialmente más utilizado alrededor del mundo para el control de un gran número de insectos plaga. Las formulaciones consisten en una combinación de ingredientes, de tal forma que las esporas del hongo se mantienen estables, efectivas y fáciles de aplicar. La mayoría de las formulaciones de hongos entomopatógenos se producen con materiales inertes como polvos y talcos, que deben ser resuspendidos en agua con coadyuvantes, como aceites emulsivos. En Colombia, este hongo se registró atacando la broca del café, tan pronto como ésta hizo su aparición en el sur del país (Vélez y Benavides, 1990). Es un controlador natural de esta plaga del café y se encuentra infectando el insecto en todos los países donde se ha dispersado. La Figura 13 muestra al hongo *Beauveria bassiana* creciendo en medio de cultivo en el laboratorio.



Figura 13.

Hongo *Beauveria bassiana* crecido en un medio de cultivo.

Aproximación al control biológico

Consideraciones prácticas

El control biológico es compatible con otras estrategias de control, como es el caso de los insecticidas. Las combinaciones de diferentes estrategias a diferentes tiempos permiten un mejor control de los insectos. Debido a que la resistencia de los insectos a los insecticidas químicos puede ocurrir, el uso de biocontroladores ayudaría a prevenir o disminuir el desarrollo de la resistencia, de esta forma se cuenta con más herramientas para atacar los insectos. Al usar control biológico, no solo el costo de los materiales para el control debe ser considerado, sino también los beneficios al medio ambiente.

¿Cómo se realiza el control biológico?

El control biológico puede llevarse a cabo a través de una acción intencionada directa, por parte del hombre, o bien a través de acciones indirectas mediante el manejo de las interacciones existentes en el agroecosistema.

Existen tres estrategias básicas de aplicación del control biológico: **importación**, **incremento**, como resultado de la intervención directa del hombre, y **conservación** como resultado de acciones indirectas.

Importación. Este procedimiento consiste en la importación, liberación y establecimiento de una población de enemigos naturales no nativos del lugar, con el fin de que supriman o controlen una plaga.

Incremento. La estrategia de incremento consiste en aumentar artificialmente la población de enemigos naturales, con el objeto de producir una mayor tasa de ataque y con ello una disminución de la población de las plagas; esta estrategia se utiliza en situaciones donde el control natural está ausente o se encuentra en niveles demasiado bajos para ser efectivos.

Conservación. Tiene que ver con la manipulación del medio ambiente, de tal forma que se creen condiciones que favorezcan la supervivencia y permanencia de los agentes biocontroladores. Incluye la identificación y remediación de influencias humanas negativas que suprimen los enemigos naturales de una plaga. Comúnmente la influencia que más impacta a los enemigos naturales es la aplicación de insecticidas. Como resultado de esto, se deben implementar modificaciones como son el uso de pesticidas con baja toxicidad, control del número de aplicaciones y dosis de los mismos, con el fin de favorecer a los enemigos naturales.

Consideraciones prácticas

Estudios sobre la dispersión de la broca han demostrado que los frutos infestados del suelo, que caen como consecuencia del ataque del insecto o de las actividades agronómicas del cultivo, se convierten en reservorio de poblaciones y son el principal foco de dispersión del insecto.

En el caso del ecosistema cafetero colombiano, el uso del hongo es una alternativa ambientalmente amigable para el control de la broca del café, especialmente considerando el efecto de los insecticidas en este ecosistema, en donde el caficultor vive en su finca. Actualmente, el control natural que ejerce el hongo en la zona cafetera es de aproximadamente un 10%; por lo tanto, si el hongo no estuviera ejerciendo este efecto sobre las poblaciones de la plaga las pérdidas ocasionadas en la caficultura colombiana serían mucho mayores (Góngora et al., 2008).

Control de la broca del café con hongos entomopatógenos

El hongo *B. bassiana* (Figuras 14 y 15) se considera un controlador natural de la broca en Colombia desde su llegada.

La **broca del café** *Hypothenemus hampei* fue reportada por primera vez en Colombia en el año de 1988 y se considera la principal plaga de la caficultura colombiana. Las hembras del insecto encuentran el grano de café y lo perforan hasta llegar al interior, donde depositan sus huevos, de estos huevos emergen las larvas que se alimentan de la semilla, dañándola y causando pérdida en el peso del grano, disminución de la calidad y caída al suelo de los granos pequeños (Benavides et al., 2012).



Figura 14.

Crecimiento del hongo *B. bassiana* sobre la broca.



Figura 15.

Hongo presente en cafetales atacando la broca.

Las aplicaciones de este hongo en el campo, para el control de brocas sobre frutos en ramas, han demostrado:

- Que se puede inducir la infección por *B. bassiana* y que los porcentajes de infección aumentan a medida que se eleva el número de aplicaciones (Bustillo et al., 1991).
- En todas las evaluaciones que se han realizado en el campo y con formulaciones de *B. bassiana*, se ha establecido el hongo sobre la broca, pero se ha comprobado que sólo es eficaz cuando las conidias, estructuras reproductivas del hongo, entran en contacto con la broca, al tratar de penetrar en la cereza del café. Si el insecto ya penetró al fruto, es difícil que el hongo lo pueda infectar (Bustillo, 2002).
- En pruebas de campo, con aplicaciones del hongo de cepas de *B. bassiana*, altamente virulentas, de excelente calidad y en las condiciones de aplicación óptimas, sobre ramas infestadas artificialmente con brocas se observaron mortalidades del insecto cercanas al 70%, resultado que indica que el hongo es eficaz en el control del insecto (Cárdenas et al., 2007).

Existe una relación entre la dinámica de infestación del insecto y la altitud, es así como se ha cuantificado que un solo fruto brocado caído en el suelo de un cafetal ubicado a 1.218 m de altitud puede infestar en un árbol en producción hasta 150 frutos en un período de La Niña, 590 frutos en un período normal y hasta 959 frutos en un período de El Niño. En cuanto al porcentaje de infestación, un solo fruto en el suelo incrementa el porcentaje de infestación en el árbol de 4,6% hasta 41,0% en un ciclo productivo durante un período Neutro y entre el 8,3% hasta el 60,6% durante un período de El Niño, entre los rangos altitudinales de 1.280 y 1.700 m (Constantino, 2010). **Con esto se evidencia la importancia de los métodos para controlar las poblaciones de *H. hampei* en frutos caídos al suelo.**



*La primera recomendación para los caficultores es evitar la caída de frutos al suelo. El hongo *B. bassiana* no solo tiene potencial como biocontrolador de las poblaciones de broca en frutos de la parte aérea de la planta, sino también en las poblaciones que se encuentran en los frutos caídos al suelo naturalmente o durante el proceso de cosecha, los cuales permanecen en el plato de los árboles y que son la fuente de nuevas infestaciones en los cafetales.*

En aplicaciones de hongo *Beauveria bassiana* sobre frutos brocados caídos al suelo se ha observado que:

1. El hongo causa la muerte de los insectos que salen a volar de estos frutos del suelo y, por lo tanto, reduce hasta en un 50% la infestación de brocas en los frutos de las ramas de los árboles de café.
2. Si las brocas que salen de los frutos del suelo, no mueren por causa del hongo antes de penetrar los frutos del árbol, el 50 % de éstas mueren en el canal de penetración.
3. En el caso de que la broca alcance a sobrevivir hasta depositar huevos, estas brocas infectadas con el hongo en el interior de los frutos, depositan un número muy reducido de huevos, con una disminución hasta de 90% en las poblaciones de insectos dentro de los nuevos frutos infestados en la parte aérea. El hongo *B. bassiana* disminuye la población de broca que emerge de frutos infestados del suelo, y además reduce las futuras generaciones del insecto (Vera et al., 2011; Jaramillo, 2012).

Modo de acción de los hongos entomopatógenos

Las unidades de reproducción de los hongos son llamadas esporas o conidias. Los insectos son usualmente infectados por estas unidades reproductivas. El proceso de infección se puede dividir en tres etapas: 1. Adhesión y germinación de las esporas en la cutícula del insecto; 2. Penetración dentro del hemocelo del insecto; 3. Desarrollo del hongo, que generalmente termina en la muerte del insecto (Tanada y Kaya, 1993).

Las esporas deben hacer contacto con la cutícula del insecto. Se produce una interacción inicial entre la espora y la superficie del insecto (Boucias y Pendland, 1991), luego las esporas se adhieren, germinan y producen tubos germinativos que rompen la cutícula, mediante la fuerza física que crea una presión mecánica producida por el tubo germinativo y la producción de enzimas. En algunos casos, el hongo penetra el insecto a través de sus aberturas naturales (Cavidad bucal, espiráculos). Las hifas se convierten en filamentos de micelio que penetran a través de la cutícula y dentro de la cavidad del cuerpo del insecto, y el hongo se multiplica en forma de cortos fragmentos o cuerpos hifales, los cuales se reparten a todas partes del cuerpo del insecto y destruyen los órganos internos. La muerte del insecto ocurre por deficiencias nutricionales, invasión y destrucción de sus tejidos y sustancias tóxicas que son producidas por el hongo. Luego, el hongo produce estructuras reproductivas que salen del insecto (Hajek y St. Leger, 1994). Los procesos de producción de esporas, descarga, dispersión, sobrevivencia y germinación dependerán de las condiciones ambientales.

En buena parte **el éxito del proceso de infección del hongo va a depender del número de esporas del hongo que entren en contacto con el insecto y de la virulencia de estas esporas**. En general, en las estrategias de control se busca usar controladores eficaces y económicos, por esto, uno de los grupos de biocontroladores más desarrollados hasta ahora corresponde al grupo de los hongos entomopatógenos.

Claves para el éxito del hongo *Beauveria bassiana* en el control biológico de la broca del café

El hongo *Beauveria bassiana* es usado contra un amplio rango de insectos plaga. Las formulaciones consisten en una combinación de ingredientes, de forma que las esporas del hongo se mantengan estables, efectivas y fáciles de aplicar. Las casas comerciales productoras de hongos cultivan cepas altamente virulentas contra los insectos. Sin embargo, la pregunta de muchos caficultores es:

¿Por qué algunas veces el hongo no funciona cuando es aplicado en el campo?

La respuesta a esta pregunta tiene que ver con **la calidad del hongo que se está aplicando, las condiciones de almacenamiento del hongo, la forma de aplicación y el momento** en el que se aplica. Para que el hongo funcione, es decir, para que cause una alta mortalidad sobre la broca, se requiere que la cepa empleada sea altamente virulenta, las esporas que se apliquen sean puras, estén vivas, que puedan germinar y penetrar la cutícula de la broca, y que además se encuentren en una cantidad apropiada. Es decir, que **las formulaciones tengan una buena calidad y se manipulen correctamente**.

Con el fin de asegurar la calidad del hongo *B. bassiana* que aplican los agricultores y garantizar un buen desempeño de éste en el campo, Cenicafé ha desarrollado metodologías de control de calidad de las formulaciones de entomopatógenos (Marín y Bustillo, 2002). **La calidad se define como el conjunto de acciones destinadas a garantizar, en todo momento, la producción uniforme de lotes de productos terminados que satisfagan, entre otros, los parámetros de identidad, actividad y pureza establecidos** (ICA, 2004). Las pruebas de calidad más importantes son viabilidad y patogenicidad. Si una formulación de esporas tiene una alta viabilidad y alta virulencia, es mayor la probabilidad de que actúe bien en el campo para controlar al insecto.

La prueba de viabilidad evalúa, por observación al microscopio, si la espora del hongo está viva o no, luego de determinado tiempo de haber sido colocadas en un medio de cultivo. La prueba de patogenicidad se realiza

al aplicar el hongo sobre los insectos y determina, si el hongo causa o no la muerte de los insectos, y qué cantidad o proporción de insectos muere, a mayor cantidad de insectos muertos mayor virulencia del hongo.

Otra prueba muy importante es la concentración de esporas (Figura 16), la cual se determina por conteo directo y observación al microscopio. Esta prueba confirma que el número de esporas reportado en la etiqueta es el que realmente existe en el producto, lo cual garantiza que se aplicará la cantidad de hongo que se requiere para controlar el insecto. Igualmente, es importante la prueba de pureza, donde se determina si las esporas del producto son de *B. bassiana* o si existe algún otro organismo en la formulación, el cual se define como un contaminante, el cual no debe ser mayor al 5%. Bajo ninguna circunstancia, los contaminantes permisibles deben ser patógenos de plantas. Además, se realizan pruebas de estabilidad biológica las cuales determinan el tiempo de viabilidad del hongo.

Al adquirir estos productos biológicos, el caficultor debe exigir en la certificación la fecha de vencimiento del producto, ya que el hongo cumplirá con los estándares de calidad solamente hasta que se cumpla la fecha de vencimiento. **Las buenas condiciones de almacenamiento** son fundamentales para asegurar su efectividad en el campo. El hongo es un organismo vivo y, por lo tanto, tiene requerimientos de temperatura y humedad necesarios para la sobrevivencia de sus esporas. Se deben seguir las recomendaciones para su almacenamiento, se aconseja nunca dejarlo a temperaturas superiores a 25 °C, ni a exposición directa de los rayos solares, se recomienda el almacenamiento en un lugar fresco y limpio, preferiblemente, en nevera bajo refrigeración. El empaque siempre debe estar bien sellado y no se debe permitir su contacto con agua u otras sustancias, hasta el momento de su uso.

Con respecto a la estimación de **la concentración de esporas del hongo que se debe utilizar**, es el aspecto



Figura 16.

Esporas formuladas del hongo *B. bassiana*.

más importante a considerar antes de realizar una aspersión en el campo. De la misma manera que un producto químico requiere una concentración determinada para ser letal, el hongo será más eficaz dependiendo del número de esporas que se depositan sobre el insecto. Es fundamental asperjar la dosis de esporas que se indique en la etiqueta de los productos. En general, para el caso de las cepas con alta virulencia, los ensayos demuestran que estas cepas causan buenas mortalidades sobre la broca cuando se aplican 2×10^7 esporas del hongo por rama de árbol con frutos. Cada rama tendrá un buen cubrimiento con 1 cc de agua. Por lo tanto, se debe preparar una solución 2×10^{10} esporas/L de agua y asperjar 50 cc de ésta por cada árbol, para asegurar la dosis de 1×10^9 esporas/árbol recomendada para causar mortalidad de las brocas. La metodología de aspersión permite que se asegure un buen cubrimiento de los frutos de los árboles.

Existen algunas formulaciones que contienen mayores concentraciones de esporas por gramo, por lo tanto, se requeriría menos cantidad del producto para lograr la concentración de 2×10^{10} esporas/L. Si la formulación tiene 1×10^{10} esporas/g sólo se necesitaría 2,0 g de producto para 1,0 L de agua. La cantidad (en gramos) que se debe usar de la formulación dependerá entonces de la concentración de esporas que indique la etiqueta del producto.

En la Tabla 1 se presentan algunos ejemplos de la cantidad de producto comercial, conteniendo el hongo *Beauveria* que se debe mezclar por 1,0 L de agua, dependiendo de la cantidad de esporas que tenga el producto por 1 g de muestra.

El siguiente paso es disolver estas esporas para ser aplicadas, algunas casas comerciales aconsejan suspender el producto en agua con coadyuvantes, tipo aceites emulsivos. Estos aceites protegen las esporas contra las condiciones ambientales adversas, permiten la emulsión del producto en el agua y la adherencia de las esporas a la superficie del insecto. El agua sirve como vehículo transportador de las esporas, ésta debe ser limpia y, en lo posible, con un pH cercano a 7, valores diferentes pueden alterar la germinación de las esporas. Se deben seguir las especificaciones de la etiqueta del empaque, con respecto a la cantidad de agua y aceite que

se requieren, para la lograr una adecuada suspensión de las esporas. En general, se recomienda adicionar de 2,0 a 5,0 cc de aceite agrícola por 1,0 L de agua.

Tecnología de aplicación y equipos de aspersión en cafetales

Tecnología de aplicación

Aceptando las diferencias expuestas por Leiva (2011a) sobre los términos aspersión o pulverización y aplicación, para fines prácticos de este capítulo, se entenderán como sinónimos.



El éxito de un programa de manejo fitosanitario depende de tres factores básicos: La correcta elección del producto y dosis, el momento oportuno de control y la calidad de la aplicación (Leiva, 2011a).

De esta manera, la tecnología de aplicación debe definirse como el empleo de un conjunto de conocimientos, habilidades y procesos ordenados con el objetivo de mantener una plaga por debajo de los umbrales de daño económico, disminuir los costos de aplicación y reducir el impacto negativo ambiental y social, que genere la actividad del control fitosanitario. Así, la tecnología de aspersión involucra procesos que van desde la etapa de aspersión del producto hasta que cierta cantidad de ingrediente activo llega al punto de acción dentro del organismo plaga que se controla.

Para entender mejor la tecnología de aplicación, se explican algunos conceptos básicos de uso frecuente.

Concentración de esporas de <i>Beauveria</i> por gramo del producto comercial	Gramos de producto comercial a usar por litro de agua
1×10^9	20 g
2×10^9	10 g
5×10^9	4 g
7×10^9	3 g
1×10^{10}	2 g

Tabla 1.

Cantidad de producto comercial conteniendo el hongo *Beauveria* que se debe mezclar por 1,0 L de agua dependiendo de la cantidad de esporas que tenga el producto.

Tamaño de la gota

Las gotas muy grandes, por caer rápidamente, son menos afectadas por la deriva y la evaporación. Sus desventajas son que portan más plaguicida, poseen menor penetración en la planta y poca adherencia sobre el blanco, ya que rebotan en las hojas y caen al suelo. Por el contrario, las gotas pequeñas aumentan el cubrimiento y penetración, pudiendo incluso alcanzar la cara inferior de las estructuras vegetales. Sin embargo, son más susceptibles a perderse por deriva o evaporación antes de su asentamiento sobre el blanco (Contreras, 1986; Leiva, 1996; Matthews, 2000) o no tienen suficiente energía cinética para penetrar en cultivos de follaje denso (Friedrich, s.f.).



La gota es la portadora del agroquímico y juega un papel decisivo en la tecnología de aplicación (Galindo, 1994). El tamaño de la gota se indica por su diámetro en micrones (μm), $1 \mu\text{m} = 0,001 \text{ mm}$ (Leiva, 1996; Villalba, 2008).

En realidad, no existe un criterio unánime sobre el tamaño ideal de gota, ésta dependerá de las características del blanco, el producto, las condiciones meteorológicas y las características del cultivo (Galindo, 1994). Se estima que el mejor efecto biológico de una aplicación se obtiene con tamaños de 100 a 300 μm , ya que son mejor distribuidas en los órganos de las plantas (Himel y Moore, 1982; Sierra y Villalba, 1982; Villalba, 2008; Leiva, 1996). Cuando el tamaño de gota es óptimo, la dosis del pesticida es mínima (Contreras, 1986).

Cubrimiento

Es el número de gotas por centímetro cuadrado que impactan y quedan sobre una superficie o blanco (Casal, 2007; Cid y Masiá, 2011; Villalba, 2008). En la Tabla 2 se presentan los valores de cobertura para diferentes tipos

de plaguicidas, de acuerdo a los parámetros de la FAO; sin embargo, por ser valores mínimos, se pretenden mayores coberturas (Leiva, 2008). La eficacia del agroquímico está sujeta a la cantidad depositada sobre el blanco, por lo tanto, existe una relación entre el producto (dosis, formulación y mecanismo de acción) y el blanco (tamaño, forma de exposición y capacidad de retención). Por ejemplo, en el caso de aplicaciones de herbicidas al suelo, las gotas pueden ser más grandes y no requieren un cubrimiento muy alto, pero cuando el blanco es una estructura vegetal y el producto es de contacto, el cubrimiento debe ser mayor; si el producto tiene acción sistémica en la planta la cobertura es menor, siempre y cuando la cantidad depositada sea suficiente para su funcionamiento (Casal, 2007; Cid y Masiá, 2011). **Por lo anterior, se deduce que aplicaciones que necesiten un efecto de contacto en los órganos de la planta deben hacerse con gotas de menor tamaño y en mayor cantidad que para productos sistémicos, los cuales sólo necesitan llegar a una parte del blanco** (Leiva, 1996).

Penetración

Es el cubrimiento en cualquier sitio de la planta o del cultivo (Villalba, 2008). Cuando una aspersión produce gotas de diferente tamaño, las gotas más grandes quedan en las partes externas de la planta, mientras que las gotas de menor tamaño tienen la posibilidad de llegar al interior de la planta distribuyéndose uniformemente (Galindo, 1994).

Ancho de faja

Es el área cubierta por una aspersión, con cubrimiento igual o mayor a 50 gotas/cm² (Villalba, 2008). Se relaciona con factores como tipo y ángulo de ubicación de la boquilla, distancia entre la boquilla y el blanco, factores ambientales como el viento, temperatura y humedad relativa.

Volumen de aspersión

Debe ser producto del tamaño de gota y del cubrimiento mínimo requerido (Casal, 2007). Por lo general, volúmenes demasiado altos no redundan en una mejor

Agroquímico	Mecanismo de acción	Cobertura (gotas/cm ²)
Herbicida	Sistémico o traslocable	20 - 30
	De contacto	30 - 40
Insecticida o fungicida	Sistémico o traslocable	20 -30
	De contacto	50 -70

Tabla 2.

Valores de cobertura para diferentes tipos de plaguicidas y mecanismos de acción.

Fuente: FAO, 1972

eficacia biológica, por el contrario, aumentan los costos de aplicación, gastos de agua y contaminación ambiental (Matthews, 2000). El volumen de aspersión es de menor importancia si el número de gotas por centímetro cuadrado (cm²) es suficientemente alto (Hewitt y Pérez, 1975); sin embargo, el volumen es muy importante, debido a que define el rendimiento de la labor de aspersión, es decir, los operarios por día y hectárea (Casal, 2007), dependiendo del método de aplicación y tipo de equipo.

El caudal de un equipo de aspersión lo define la boquilla y la presión de trabajo, que no debe superar los 300 libras por pulgada cuadrada (PSI). Presiones superiores no mejoran la penetración y el alcance a las partes altas de los árboles, es la corriente de aire que permite esta acción, una excesiva presión genera mayor cantidad de gotas pequeñas que se pueden perder, además el equipo requiere una mayor potencia y, por lo tanto, mayor consumo de combustible, y de igual manera, acelera el desgaste de los componentes del equipo (Magdalena et al, 2011). Finalmente, la velocidad de avance se debe aumentar y para las condiciones de la caficultura colombiana no sería posible.

Momento de la aplicación


Es el momento en el cual se deposita el agroquímico sobre el blanco, es decir, existe una alta población de la plaga y ésta es susceptible de ser controlada. Es necesario que las condiciones ambientales sean adecuadas para que el producto llegue hasta el objetivo deseado (Casal, 2007). Siempre debe considerarse que se va a proteger el órgano de la planta que se expone a la plaga.

Concentración y dosis

En aplicaciones al suelo lo indicado es recomendar el uso de la dosis (En litros o kilogramos de plaguicida por hectárea) independiente de la cantidad de agua a aplicar. Para aplicaciones al follaje, la dosis depende de la cantidad de follaje; sin embargo, en la práctica esto es difícil medirlo (Urzúa, sf.).

Influencia de las condiciones atmosféricas sobre la gota

La cantidad y distribución de un plaguicida sobre un blanco está ligado a las condiciones climáticas presentes en el momento de efectuar el tratamiento. A mayor temperatura y menor humedad relativa, disminuye el tiempo de vida de la gota, este efecto se incrementa en la medida que disminuye el tamaño de la misma. Por otro lado, con el aumento de la velocidad del viento, las gotas pueden ser transportadas más lejos, pudiéndose presentar deriva (Cid y Masiá, 2011).



Consideraciones prácticas

En cafetales lo más recomendable es manejar la concentración (Gramos o mililitros de producto por litro de agua), en todo caso, el volumen empleado debe permitir un cubrimiento óptimo y penetración. Al utilizar la concentración, una aspersión del follaje hasta saturación permitirá un buen control, pero como se presentará una pérdida de producto se incrementarán los costos y mayor uso de los equipos; por el contrario, si se utiliza un volumen que no proporcione la cobertura suficiente sobre el blanco, la eficacia de la aplicación se verá afectada (Urzúa, sf.).

Las temperaturas óptimas de aplicación están entre los 17 y 20°C, por encima de 25°C es crítica, por la posibilidad de evaporación o por el deterioro del plaguicida. Una opción en situaciones de alta temperatura es aplicar en horas de menor calor o usar un aceite anti-evaporante. Por el contrario, con temperaturas muy bajas la actividad fisiológica de la plaga puede detenerse y el producto no actuaría; en el caso de productos sistémicos que requieran translocación, es importante que la planta esté en plena actividad. No se recomienda aplicar insecticidas por debajo de los 10°C (Leiva, 2008).

La humedad relativa óptima para asperjar productos insecticidas está entre 75% y 90%, para fungicidas puede ser un poco más alta, con humedades por debajo del 60% se debe utilizar un aceite anti-evaporante, y no se recomienda aplicar por debajo del 35% de humedad relativa (Leiva, 2008).

Para la velocidad del viento, lo ideal es entre 3 a 7 km.h⁻¹, y no aplicar cuando la velocidad sobrepasa los 10 km.h⁻¹ (FAO, 2002). En la Tabla 3 se presentan las características de reconocimiento en el campo, de acuerdo a la velocidad del viento.

Evaluación de las aspersiones

Una aplicación es eficiente cuando se asegura que la cantidad de ingrediente activo depositado sobre el blanco es la requerida, y que además, quede disponible para la plaga (Leiva, 1996). Por otro lado, la eficacia se puede definir como el control sobre la plaga. Existen diferentes métodos de evaluación, a continuación se presentan dos sistemas:

Velocidad del viento (km.h ⁻¹)	Denominación	Efectos en tierra	Criterio de aplicación
< 2	Calma	El humo sube verticalmente	No aplicar
2-3	Brisa suave	Dirección indicada por la deriva de humo	No aplicar
3-7	Brisa	Las hojas suenan y el viento se siente en la cara	Condiciones ideales para asperjar
7-10	Brisa ligera o viento leve	Hojas en constante movimiento	Evite asperjar herbicidas
>10	Brisa moderada	Se mueven las ramas pequeñas y se levanta el polvo	No aplique

Tabla 3.

Guía sobre velocidad del viento. Fuente: FAO, 2002

Evaluación del cubrimiento o cobertura. Es la forma más efectiva de evaluar la calidad de una aplicación y el método más fácil es con tarjetas hidrosensibles (Figura 17), dispuestas horizontalmente en cualquier parte de la planta o suelo. Éstas deben colocarse justo antes de la aspersión y retirarse una vez secas. Con estas tarjetas también es posible evaluar la penetración, comparar los cubrimientos obtenidos en los diferentes sitios de la planta o del cultivo, calcular el tamaño de gotas, verificar la deriva, determinar el ancho efectivo en aplicaciones aéreas y localizar fallas de la aspersión (Leiva, 1996). El objetivo final es garantizar que el producto llegue al órgano de la planta donde se encuentre la plaga o donde se encuentre la misma; es decir, si se está controlando la broca del café, el cubrimiento debe evaluarse sobre los

frutos de las ramas productivas de café, pero si se trata de controlar la chinche de la chamusquina del café, éste debe hacerse en los puntos de crecimiento de los árboles de café, lugar donde se alimenta el insecto.

Evaluación biológica. Mide el grado de control de la plaga (Insecto, hongo y arvense) o el efecto sobre el cultivo o cosecha (Villalba, 2008).

Calidad del agua de mezcla

Desde el momento en que el pesticida se disuelve en el agua, comienza el deterioro de la molécula y depende

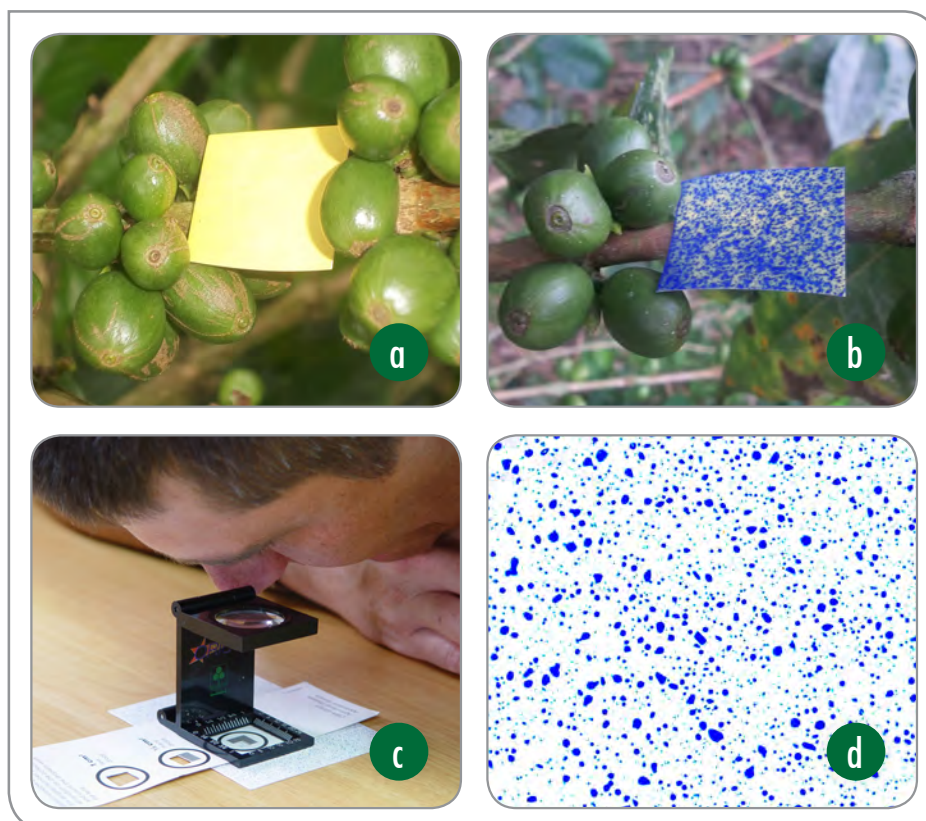


Figura 17.

Desde el momento en que el pesticida se disuelve en el agua, comienza el deterioro de la molécula y depende

de factores como: Características propias del producto, calidad del agua y el tiempo que pasa entre la aspersión y la llegada al punto donde ejerce control.

Los factores que más afectan la calidad del agua son:

- pH: Un valor ideal de pH es entre 4,0 y 6,0 para casi todos los productos químicos. Por encima de 7,5 se pueden presentar riesgos para la aplicación. Una medida fácil de pH se toma con cintas indicadoras, las cuales se consiguen en el mercado (Figura 18).
- Dureza: Contenidos superiores a 150 ppm de carbonato de calcio (CaCO_3) son perjudiciales para la mayoría de los plaguicidas. Se reconoce este tipo de agua porque los detergentes disueltos no producen espuma y son llamadas aguas duras.
- Turbidez: La presencia de partículas de materia orgánica o arcilla, adsorben el pesticida y lo inactivan.

El glifosato es muy sensible a la turbidez, dureza y alcalinidad del agua. Algunos insecticidas, se degradan rápidamente con pH superiores a 7,0. En Cenicafé, se evaluó el efecto de aguas con pH 8,0 y varias presentaciones comerciales de clorpirifos sobre el control de la broca; se encontró que cuando se aplica el mismo día de la preparación de la mezcla, no hay disminución de la mortalidad¹. No obstante, si se presenta alguna duda sobre la calidad del agua, es recomendable leer la etiqueta del producto o consultar a un especialista. De ser necesario, existen en el mercado productos llamados coadyuvantes que mejoran o corrigen el problema.



Figura 18.

Verificación del pH del agua de mezcla con la ayuda de cintas indicadoras. Nótese que el pH está entre 5 y 6.

Consideraciones prácticas

Prepare la cantidad de mezcla que va a usar durante el día.

- Tenga en cuenta que en el caso de usar coadyuvantes que corrijan la calidad del agua, éste debe mezclarse primero con el agua antes de la adición del plaguicida. No olvide, que las reacciones químicas llevan tiempo y, por lo tanto, debe esperar cerca de 45 minutos (Leiva, 2011b).
- Para evaluar la calidad del agua, debe tomar una muestra de la fuente de abastecimiento y no del tanque, ésta se realiza dejando correr el agua y lavando varias veces el recipiente. Recuerde que debe utilizar envases plásticos limpios (Leiva, 2011b).
- Para la evaluación de la calidad del agua, la época del año más adecuada es cuando no se hayan presentado lluvias fuertes; este momento asegura la mayor concentración salina y los mayores valores de pH (Leiva, 2011b).
- Para llenar los tanques donde se va preparar la mezcla, tome el agua de la superficie, no del fondo, con ello se evita recolectar residuos orgánicos.

Equipos de aspersión

El mercado nacional ofrece diferentes equipos de aspersión en la zona cafetera para el control de plagas, de los cuales su uso depende principalmente de la extensión de la finca, la topografía, la capacidad económica del caficultor y el costo del equipo. El manejo inapropiado de estos equipos produce pérdidas de productos químicos, contaminación ambiental, riesgo a la salud de los operarios y selección de las plagas por resistencia a los plaguicidas (Villalba, 2008).

La selección de un equipo de aspersión depende de factores como: Disponibilidad de agua, frecuencia de aplicación, rapidez requerida para tratar el área, costo del equipo, inversión, durabilidad del equipo, facilidad del uso, características del lote, área a tratar y disponibilidad de la mano de obra (Matthews, 2000).

¹ ARCILA M., A. Evaluación del efecto del pH sobre la acción insecticida del Lorsban 4EC en el control de la broca del café. Informe Anual de actividades, Disciplina de Entomología, 2009 – 2010. Chinchiná, Cenicafé, 2010. sp.

A continuación se describen los equipos que más se utilizan en la zona cafetera (Figura 19).

Equipos de presión previa retenida (PPR)

En la actualidad se encuentran en desuso. Estos equipos tienen la ventaja que al trabajar todo el tiempo a una presión constante, la descarga y el cubrimiento son uniformes, por lo que desde el punto de vista técnico, de los equipos tradicionales son los que permiten una mejor calidad de aplicación.

Aspersoras hidráulicas de espalda operadas manualmente

Consta de un tanque generalmente plástico, una palanca que acciona una bomba del tipo diafragma o de pistón, manguera con llave de paso y lanza con boquilla. La aspersión se realiza por la presión que ejerce la bomba sobre el líquido, fragmentándolo en gotas de diámetro variable, según la presión de trabajo y el tipo de boquilla que se utilice. Para mantener la presión de operación en la cámara, la palanca debe ser accionada regularmente de seis a diez veces por minuto, si se usa un aguilón, se debe aumentar la frecuencia del bombeo.

Estos equipos son de fácil operación, tienen el inconveniente de no mantener la presión constante,

pudiendo presentar desuniformidad en la calidad de las aplicaciones; sin embargo, con un equipo en buen estado, utilizando una boquilla de baja descarga, filtros adecuados y haciendo un correcto uso de la palanca, se pueden lograr buenos cubrimientos si se utiliza una válvula reguladora de presión (Figura 20).

Aspersoras hidráulicas de espalda operadas por motor

Tienen el mismo principio de los equipos de palanca, pero en este caso la bomba es accionada por un motor de gasolina de dos o cuatro tiempos, con un pistón de doble acción y una descarga máxima de 7 a 8 L.min⁻¹. En cafetales de topografía muy pendiente, estos equipos tienen un rendimiento similar al de los equipos de palanca; sin embargo, debido a los altos costos no se recomiendan para estas condiciones (Rivillas et al., 2011).

Equipos semiestacionarios motorizados

Están constituidos por un motor de cuatro tiempos y una bomba de presión de tres pistones, acoplada al motor, por una o dos poleas, con sus respectivas correas. Algunos equipos traen una salida adicional para labores de riego. Se deben trabajar con presiones máximas de 200 libras por pulgada cuadrada (p.s.i) (Rivillas et al., 2011).



Figura 19.

Equipos de aspersión utilizados en zona cafetera. **a.** Presión previa retenida (PPR); **b.** Palanca (Bomba externa); **c.** Palanca (Bomba interna); **d.** Motorizado de espalda; **e.** Semiestacionario.

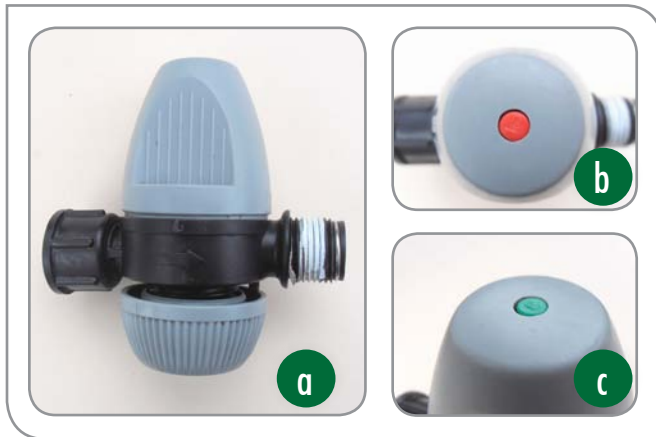


Figura 20.

Reguladores de presión. **a.** Tipo Matabi; **b.** Punto rojo herbicidas. **c.** Punto verde, insecticidas y fungicidas.

Existen otros equipos donde el sistema de aspersión se basa en boquillas diferentes a las hidráulicas, algunos de ellos son de reciente tecnología y pueden tener éxito (Figura 21).

Aspersoras motorizadas de espalda con ventilador

Se utiliza para la aplicación de fungicidas e insecticidas. Mediante una fuerte corriente de aire producida por un ventilador accionado por un motor y a través de las boquillas fracciona el líquido en pequeñas gotas, el cual fluye por una boquilla y las transporta hasta el blanco.

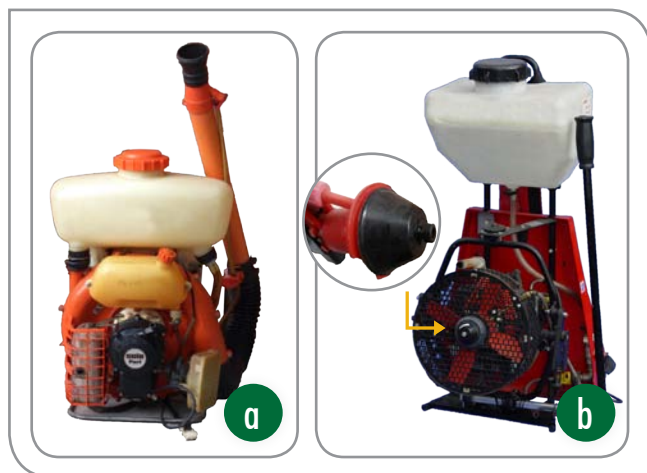


Figura 21.

Otros tipos de equipos de aspersión. **a.** Aspersora motorizada de espalda con ventilador; **b.** Equipos de disco rotativo.

El espectro de gotas que se forma depende de la velocidad del aire y del fraccionamiento previo realizado por boquillas. Tiene la desventaja que las gotas no se pueden dirigir con precisión al objetivo; sin embargo, permite una buena penetración al interior del follaje, cubriendo la haz y el envés en cultivos de porte alto o follaje denso.

Equipos de disco rotativo

Un cubrimiento eficaz se obtiene con un gran número de gotas pequeñas. La aspersión se produce utilizando la fuerza centrífuga generada por uno o varios discos que giran a alta velocidad, las gotas producidas son de tamaño uniforme, adecuadas para los tratamientos en bajo y ultra bajo volumen (1 a $50 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$). Otras ventajas de esta tecnología son mayor eficacia, mayor penetración y alto rendimiento de aplicación (Castro, 1995).

Equipos electrostáticos

La necesidad de reducir la cantidad de deriva durante las aspersiones y mejorar la tasa de deposición del producto sobre la superficie objetivo, ha permitido el desarrollo de la tecnología de gotas cargadas electrostáticamente, las cuales son dirigidas en la atmósfera por las líneas del campo magnético que se establece entre el cuerpo del equipo y la planta que recibe la pulverización, mediante diversos métodos (Matthews, 2000).

Montoya (2005), al evaluar la calidad física que ofrecen diferentes equipos de aspersión, así como los rendimientos y el desprendimiento de frutos en cafetales de varias edades, densidades y topografía, encontró que los mayores cubrimientos se obtuvieron con equipos semiestacionarios y motorizados de espalda frente a los de presión previa retenida (PPR) y palanca, con adaptaciones de aguillones verticales. El tamaño de gota más grande se obtuvo con el equipo de palanca y los menores con el semiestacionario y motorizado de espalda. En cuanto al rendimiento, el mayor promedio de árboles asperjados por operario se obtuvo con el motorizado de espalda y el menor con el de PPR. Para el desprendimiento de frutos, los que ocasionaron las mayores pérdidas fueron el de palanca, seguido por el motorizado de espalda, y aquellos de menor caída de frutos fueron el equipo semiestacionario y el de PPR. Ramos (1997) determinó que con equipos motorizados de espalda, en cafetales de 2 y 4 años, con densidades entre 5.000 y 10.000 plantas/ha, y diferentes topografías, el rendimiento de la aplicación estuvo entre 0,90 a 4,86 ha por operario-día.

Tabares *et al.* (2008), para el control de la broca del café, evaluaron la eficacia de tres insecticidas organofosforados asperjados con diferentes equipos. Los insecticidas

clorpirifos, fentoato y fenitrotion presentaron una eficacia superior al 75% y fueron experimentalmente similares entre sí; en cuanto a los equipos y su efecto sobre la mortalidad, no hubo diferencias entre los equipos de presión previa retenida (PPR), semiestacionario, palanca y motorizado de espalda, pero sí fue menor con el de PPR con el aguilón vertical.

Aplicaciones de bajo volumen en café han permitido reducir el consumo de agua por debajo de 35 L.ha⁻¹ (Hernández y Penagos, 1974; Grisales y Leguizamón, 1987). Además, se encontraron cubrimientos hasta de 300 gotas/cm² en la parte media del árbol, una penetración del 40% con respecto al cubrimiento en la parte externa y gotas de tamaño adecuado (Grisales y Leguizamón, 1987). Estudios posteriores, con el hongo *B. bassiana* y diferentes equipos de aspersión, arrojaron que en su orden, el mayor gasto de agua por área se obtuvo con el equipo semiestacionario, luego con el de PPR y, por último, con un equipo experimental de bajo volumen; sin embargo, el mejor cubrimiento y distribución de producto sobre los frutos se obtuvo con este último. Las pruebas biológicas no mostraron diferencias entre equipos (Flórez *et al.*, 1992; Flórez *et al.*, 1997). Otras evaluaciones con equipos experimentales de bajo volumen encontraron un rendimiento de aplicación de 1 ha/operario-día (Castro, 1995).

Las boquillas

En éstas se produce la atomización y, por ende, la producción de las gotas (Matthews, 2000). Para romper el líquido en gotas se requiere energía y, en general, las boquillas se clasifican de acuerdo con la energía empleada como: Hidráulica, gaseosa, centrífuga, térmica y electrostática (Matthews, 2000).

La boquilla más común es la hidráulica, en ella, el líquido pasa con alta presión por un orificio pequeño y al salir a la presión ambiental se pulveriza. Este tipo de boquillas producen un rango amplio de gotas, razón por la cual se pierde eficiencia durante una aplicación. Las boquillas de energía centrífuga o discos rotativos permiten un espectro más estrecho de gotas (Matthews, 2000), con lo cual se mejora la calidad de las aplicaciones.

La distribución de las gotas está influenciada por los movimientos naturales del aire, aunque en algunas aspersiones se utiliza una corriente de aire para dirigir las gotas hacia el objetivo; el tamaño de las gotas puede variar entre 10 y 1.000 µm, y dependiendo del tipo de boquilla disminuye con el aumento de la presión y aumenta con el tamaño del orificio (Matthews, 2000).

Las partes de una boquilla típica para insecticida o fungicida (Figura 22) son: Cuerpo, filtro, punta y tapa. A



Cualquiera que sea el tipo de boquilla, las principales funciones son:

- a. Desintegrar el líquido en gotas;*
- b. Regular el flujo; c. Distribuir el líquido en patrones definidos (Villalba, 2008); de allí la importancia de utilizar una boquilla adecuada y en buen estado.*

su vez, la punta está constituida por el disco o inserto y el rotor (Figura 23).

En café, para realizar aspersiones dirigidas y para obtener el mejor tamaño de gota y un cubrimiento óptimo, se deben utilizar boquillas de cono hueco, preferiblemente de baja descarga, con rangos de flujo entre 190 y 315 cc.min⁻¹, a 40 PSI (Villalba y Rivillas, 1987; Villalba, 2008). Con equipos motorizados y semiestacionarios, se recomienda asperjar con una o varias boquillas, cuya descarga no sea superior a 3,5 L.min⁻¹ (Figura 24) (Villalba, 2008). Para aplicar herbicidas (Figura 25), se utilizan boquillas de abanico o cortina (800050 - 8001) con una presión de trabajo de 15 a 25 PSI.



Figura 22.

Boquilla hidráulica de cono hueco. **a.** Boquilla completa; **b.** Cuerpo, filtro, empaque, punta y tapa (De izquierda a derecha).



Figura 23.

a. Vista superior de la punta; **b.** Vista inferior de la punta; **c.** Rotor; **d.** Disco o inserto de la punta.

Con boquillas de baja descarga se obtienen las siguientes ventajas (Villalba, 1993):

- Menor gasto de agua
- Mejor cubrimiento y penetración
- Menor tamaño de gota
- Disminución de jornales de aplicación
- Menor pérdida de producto
- Reducción de costos

Para el control de la broca y la roya del cafeto, las boquillas recomendadas con los equipos manuales de espalda, motorizados de espalda y semiestacionarios, se presentan en la Tabla 4; para conocer la descarga, cada fabricante tiene su propio sistema de identificación bien sea por color, que puede obedecer a sistemas internacionales o normas internas del fabricante o por una numeración que se encuentra en la punta de la boquilla (Figura 26). Estas boquillas se deben usar con filtros de 50 mallas por pulgada cuadrada (Villalba, 1993).

En el mercado existen boquillas de diferentes materiales (Figura 27), unos más durables que otros y en ese sentido las mejores son más costosas, por esta razón, algunos fabricantes para reducir el precio de estas últimas, las producen solo con la punta del disco (Inserto) en el material durable, el resto es en plástico de alta densidad. En la Tabla 5 se presentan las duraciones en horas según el material.



Figura 24.

Boquillas para equipos motorizados. **a.** Boquilla D-5 en acero; **b.** Boquilla D-35 en acero.



Figura 25.

Boquilla de abanico 8001 con punta en acero de 271 mL.min⁻¹ a 21 PSI.

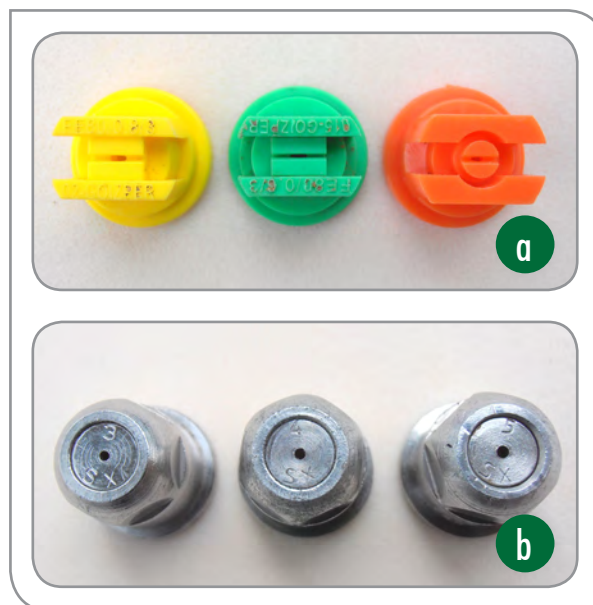


Figura 26.

Identificación de la descarga de la boquilla (propia de cada fabricante). **a.** Por su color; **b.** Sistema Teejet de codificación en la punta.

Equipo	Boquilla	Descarga (cc.min ⁻¹)	Presión
Presión Previa Retenida (Triunfo 40-100-10)	TX3	190	40 PSI
	TX4	252	
	TX5	315	
	TX6	380	
	TXVS 3 / TXVK 3 (Amarilla)	190	
	TXVS 4 / TXVK 4 (Verde)	252	
Palanca	TXVS 6 / TXVK 6 (Roja)	380	40 PSI
	Albuz ATR 80	200	
	RC-350 B 101X	350	
	G-32	320	
	FM-001-37	340	
	TXA 800050 VK	190	
Motorizados de espalda Semiestacionarios	D-35	1.700	20 kg.cm ²
	D-6	2.250	
	C-35	3.440	

Tabla 4

Boquillas recomendadas para realizar aplicaciones para el control de broca y roya. Fuente: Villalba, 2008



Figura 27.

Materiales de la punta de las boquillas. a. Bronce, acero y cerámica (De izquierda a derecha); b. Polímero.

Material	Horas de uso
Latón	100
Nylon	200
Polímero VP	400
Acero inoxidable	400
Cerámica VK	1.000

Tabla 5.

Duración de las boquillas según el material. Fuente: Progen

Métodos de aplicación

En el cultivo del café los métodos de aplicación dependen del equipo de aspersión usado. Villalba (2008) ilustra la manera de proceder con los equipos de palanca y PPR, asperjando árbol por árbol, dos medias caras por pasada en zigzag (Figura 28); con equipos motorizados de espalda con bomba de presión, cubriendo dos surcos por encima de la copa de los árboles o dos medias caras por pasada, dependiendo de la topografía y altura de

los árboles (Figura 29), y con equipos semiestacionarios, abarcando dos medias caras de ida y dos de regreso, de acuerdo a las condiciones topográficas del lote (Figura 30).

En café, para obtener un buen cubrimiento para el control de roya, las boquillas deben estar a una distancia del follaje entre 40 y 50 cm (Rivillas y Villalba, 1988), la aplicación se puede hacer de arriba hacia abajo. Para el control de la broca, la aplicación se debe hacer de abajo hacia arriba, con la boquilla orientada hacia arriba. En los equipos de espalda de presión previa retenida y palanca, la lanza debe ubicarse a unos 20 cm de los árboles (Figura 31) (Villalba, 2008); esto permite impactar las brocas y los frutos que están en la parte baja del árbol y las ramas, y a su vez, las gotas en su recorrido hacia abajo, aseguran una adecuada distribución en la parte alta del glomérulo.

El volumen de aplicación en café debe estar entre 25 y 50 mL para árboles de 2 y 4 años, respectivamente (Villalba,

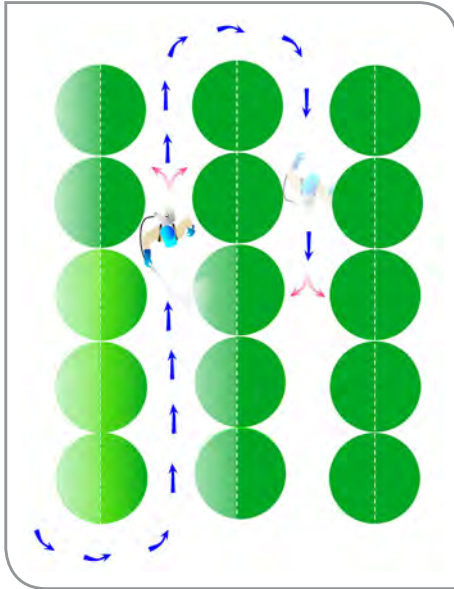


Figura 28.

Sistema de aplicación para equipos de presión previa retenida y de palanca.

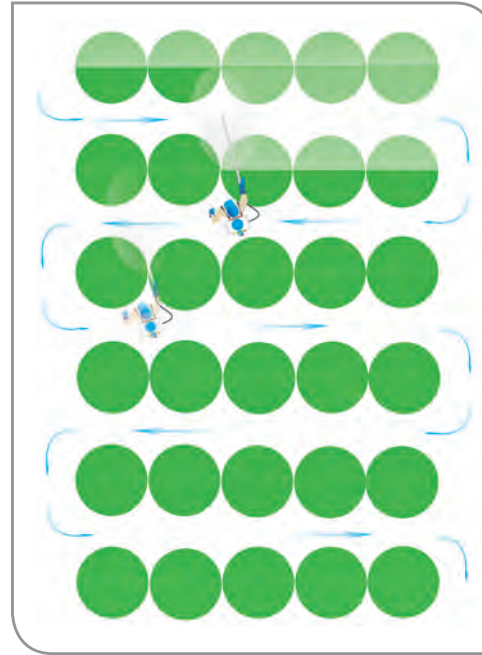


Figura 29.

Sistema de aplicación para equipos motorizados de espalda.

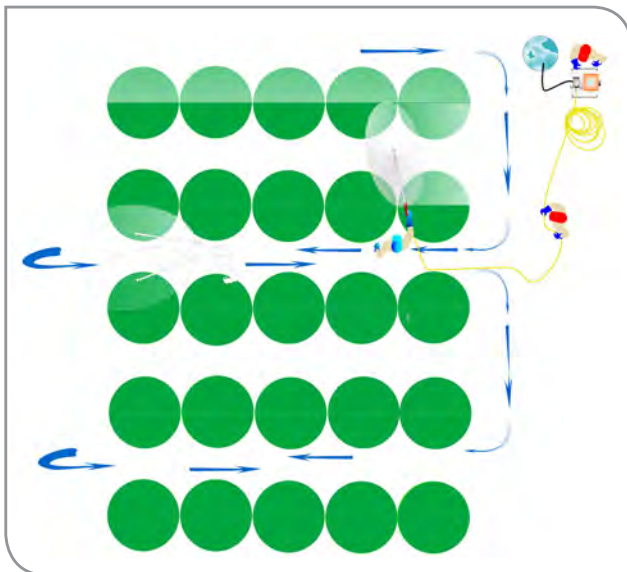


Figura 30.

Sistema de aplicación para equipos semiestacionarios.



Figura 31.

Método de aplicación para broca, con la boquilla mirando hacia arriba.

2008). Con equipos de bajo volumen se ha logrado un buen cubrimiento con 10 mL/árbol (Flórez et al., 1997). La velocidad de aplicación depende de la topografía del lote a aplicar, pero en general, se recomienda una velocidad de 1 m.s⁻¹.

Para una adecuada aplicación es necesario tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Asegurar un buen cubrimiento y penetración del producto en la mayoría de los frutos (zona productiva) y hojas del árbol.
- Las gotas deben ser pequeñas.
- Si la velocidad de avance del operario es muy rápida o no mueve adecuadamente la lanza, pueden quedar zonas sin aplicar.
- Si el operario va muy lento y se demora mucho en cada árbol o dirige la lanza repetidamente por el mismo sitio, provocará un excesivo cubrimiento y el producto no se adherirá a los frutos.
- Si se utilizan boquillas desgastadas, las gotas serán de tamaño irregular y provocarán pobre cubrimiento y baja penetración.

Momentos oportunos de aplicación

Para el control de la broca, el manejo integrado está orientado a proteger la cosecha al llegar el período crítico, es decir, cuando los frutos tienen más del 20% de peso seco, lo cual ocurre entre los 120 y 150 días después de la floración. En este caso, se recomienda la aplicación de insecticidas siempre y cuando más del 2% de los frutos se encuentren infestados por la broca, y además, más del 50% de las brocas estén en posición de entrada al fruto (Posiciones A y B) (Ver capítulo Plagas del Café. Tomo II). Es importante considerar que en frutos de 210 días de desarrollo, la broca puede tardar hasta cuatro días para llegar a la posición C y la mayor cantidad de broca vuela entre las 2 y las 4 de la tarde (Arcila, 2011a, 2011b).

Selección del producto a aplicar

Para el control de la broca del café se recomienda utilizar productos biológicos o químicos. Para el control biológico, se utiliza el hongo *Beauveria bassiana*, en una dosis de 1×10^9 esporas/árbol. Esto se logra mediante la aplicación de una solución que contenga 2×10^{10} esporas/L de agua. En cuanto a los insecticidas químicos, se pueden utilizar: fentoato 500 EC, fenitrotion 50 EC y clorpirifos, todos ellos a una concentración de $6,0 \text{ cc.L}^{-1}$ de agua, Voliam Flexi® a $1,4 \text{ cc.L}^{-1}$ y Preza™ a $6,0 \text{ cc.L}^{-1}$.

Evaluación de la eficacia del control

Al utilizar un insecticida para el control de la broca, es necesario evaluar el éxito de la aplicación. Esto se hace tomando tres o cuatro frutos infestados en posiciones de entrada (A y B) por rama (Figura 32), de árboles elegidos al azar de todo el lote, para tener una muestra de unos 100 frutos brocados por lote. Posteriormente, éstos se abren para contabilizar el número de brocas muertas del total examinado y estimar el porcentaje de mortalidad

(Bustillo, 2007). Se recomienda hacer esta evaluación de 3 a 4 días después de la aplicación, si se utilizan organofosforados, ó 10 días para los insecticidas Voliam Flexi® y Preza™.

Calibración

Es el proceso por el cual los equipos de aspersión quedan calibrados para aplicar la cantidad de plaguicida recomendado, con el volumen de agua adecuado, y así obtener un control eficaz de la plaga (Villalba, 1993). Una correcta calibración brinda los siguientes beneficios:

- Aplicar la cantidad de producto recomendado.
- Minimizar el desgaste de los equipos.
- Ahorrar tiempo y combustible.
- Disminuir costos de producción del cultivo.
- Reducir los riesgos ambientales.

Al hacer la calibración es necesario tener claro el cubrimiento, distribución y penetración que se busca con la aplicación. Por otro lado, los factores que afectan la calibración son la velocidad de avance, ancho de la faja y la tasa de flujo del equipo; por tal razón, hay que tener en cuenta los siguientes aspectos, ya que de un modo u otro afectan por lo menos alguno de ellos:

- Conocer el área, distancia de siembra, porte de los árboles, topografía y edad.
- Conocer el tipo de equipo a utilizar, presión de aplicación, tipo de boquilla y el producto a aplicar.
- El operario debe estar capacitado en el método de aplicación, conocer y saber operar el equipo que va a utilizar y reconocer el blanco. La calibración se debe realizar al inicio de la jornada de aplicación y al medio día.



Figura 32.

Evaluación de mortalidad.
a. Recolección de frutos infestados;
b. Broca muerta en posición A.

Ajustes iniciales de la calibración

Es necesario verificar los siguientes aspectos:

1. Revisar el estado del equipo. Debe funcionar adecuadamente, con buena presión y flujo, sin fugas ni obstrucciones en el tanque, mangueras, pistola, lanza o boquillas.
2. Determinar el flujo de las boquillas (Figura 33) de la siguiente manera:
 - Evaluar el flujo cada 50 h de uso.
 - Cargar la aspersora con 2 a 3 L de agua.
 - Ajustar la presión de salida.
 - Colocar recipiente graduado en mililitros (mL) debajo de la boquilla.
 - Medir el flujo durante 1 min.
 - Repetir la operación tres veces para obtener el promedio del flujo.
 - Si la descarga aumenta en un 10% con respecto a la original (No a la teórica), se debe cambiar la boquilla.

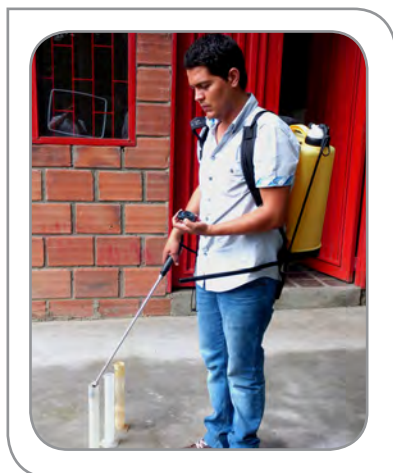


Figura 33.

Medición de la descarga de la boquilla en un recipiente aforado.

3. Asperjar 10 a 20 árboles de café.
4. Verificar que el método de aplicación, velocidad de avance y cubrimiento obtenido sea el requerido (Figura 34).

Recuerde que la calibración indicará el volumen de mezcla que se va a aplicar, más no el volumen adecuado para obtener la cobertura requerida.

Determinación de la cantidad de agua y producto

Una vez se tiene claro el método de aplicación, se debe determinar el volumen de agua y la cantidad de producto a utilizar (Figura 35).

- **Paso 1.** Determine un área sobre el terreno donde se realizará la aplicación del producto, entre 60 y 100 m² y establezca el número de árboles en esa área.
- **Paso 2.** Llene el equipo de aspersión con un volumen de agua conocido (5 L). Todos los componentes del sistema, como bombas y mangueras, deben estar sin agua.
- **Paso 3.** Bombee hasta tener la presión adecuada. Si la aspersora tiene manómetro lleve la presión a un rango adecuado, para PPR: 20 a 40 PSI, y para motorizados de 210 a 280 PSI.
- **Paso 4.** En el área establecida inicie la operación manteniendo la presión constante y un paso uniforme.
- **Paso 5.** Retire el agua que quedó en el tanque y en el resto del sistema, determine el volumen que se aplicó.
- **Paso 6.** Con el promedio consumido y el número de árboles aplicados, calcule el volumen de mezcla a preparar para el lote que se va a tratar.

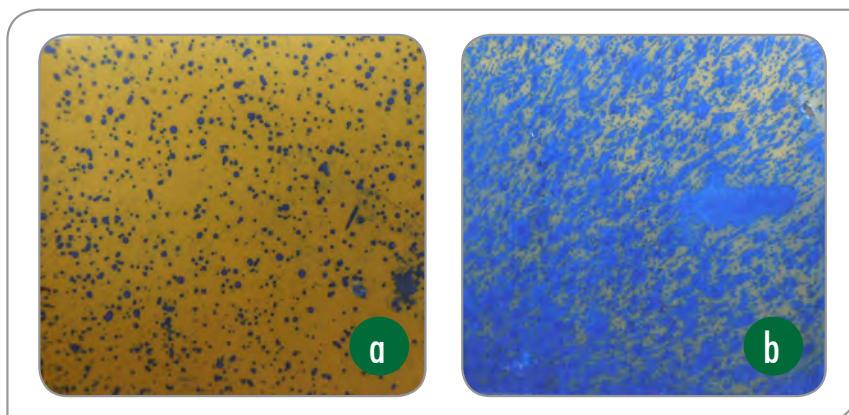


Figura 34.

Verificación del cubrimiento y penetración de la aspersión. **a.** Cubrimiento aceptable, sobre todo en la parte interna de la rama; **b.** Sobrecubrimiento inaceptable en la parte interna de la rama.

**Figura 35.**

Pasos para realizar una buena calibración.
a. Selección del lote; **b.** Adicionar un volumen de agua conocido al equipo de aspersión; **c.** Ajustar la presión de trabajo del equipo; **d.** Realizar la aplicación según método establecido durante la precalibración; **e.** Determinar el volumen sobrante.

Ejemplo:

- Lote: El Castillo
- Edad: Tercera cosecha (principal)
- Distancia de siembra: 2,0 x 1,0 m (5.000 plantas/ha)
- Área: 0,5 ha
- Árboles asperjados: 90 plantas
- Volumen aplicado: 4,5 L

De acuerdo a estos resultados, el volumen por árbol es de 50 mL y es el esperado para la edad y momento de la cosecha, pero si el volumen fuera muy inferior o superior, se debe hacer nuevamente la calibración, revisando posibles operaciones mal ejecutadas. Una vez asegurado que el cubrimiento es el adecuado se procederá a realizar los siguientes cálculos:

$$\text{Gasto de mezcla por lote} = \frac{2.500 \text{ plantas} \times 4,5 \text{ L}}{90 \text{ plantas}} = 125 \text{ L}$$

El gasto de insecticida, suponiendo que fue recomendado un producto a 6 mL/L, será el siguiente:

$$\text{Gasto de insecticida} = \frac{6 \text{ mL} \times 125 \text{ L}}{1 \text{ L}} = 750 \text{ mL}$$

Teóricamente, el caficultor debería utilizar 750 mL de producto y completar con 124,25 L de agua; para fines prácticos se pueden utilizar 125 litros de agua.

Cuidado y mantenimiento de los equipos de aspersión

Antes de usar un equipo, siempre se debe leer el manual de manejo y mantenimiento. Además se debe revisar el equipo y verificar que no se presenten fugas.

En los equipos de palanca, se debe lubricar el empaque del émbolo antes de cada jornada de trabajo, periódicamente revisar la bomba y el estado de sus componentes (Figura 36). En los equipos motorizados, tanto de espalda como semiestacionarios, se debe verificar el nivel de aceite del motor diariamente (Figura 37). Para los equipos de dos tiempos, la mezcla gasolina:aceite se debe preparar de acuerdo a las indicaciones del fabricante. Asegurar que la bujía se encuentre descarbonada y calibrada. Por razones de seguridad, se recomienda apagar siempre el motor cada vez que se va a reabastecer de combustible.

Con equipos semiestacionarios, en el campo, se debe asegurar que los equipos queden nivelados, ya que el sistema de lubricación tanto del motor como el de la bomba de presión es por salpique. Antes de la aspersión, se debe calentar el motor por 5 min, teniendo la precaución de introducir a la caneca las mangueras de succión y retorno, para que recircule el líquido. La longitud mínima de las mangueras de aspersión debe ser de 200 m.



Figura 36.

Mantenimiento de equipos de palanca. Aspersoras de bomba externa: **a.** Lubricación del émbolo; **b.** Revisión del émbolo. Aspersoras de bomba interna: **c.** Lubricación de bomba; **d.** Revisión del empaque.



Figura 37.

Cuidados y mantenimiento en equipos motorizados. **a.** Lubricación de la bomba; **b.** Revisión del nivel de aceite; **c.** Posición de la manguera de succión durante la operación; **d.** Limpieza y cuidado del filtro de la manguera de succión; **e.** Llave de paso en posición de apagado; **f.** Engrase; **g.** Ajuste de las graseras; **h.** Revisión y ajuste de correas y poleas; **i.** Revisión y limpieza del filtro.

Ajustar la presión, dependiendo si se aplica hacia arriba o hacia bajo de la pendiente, ya que por cada 10 m que se ascienda o descienda, se incrementa o disminuye la presión en 1 kg.cm^{-2} (14,5 PSI). Antes de apagar cualquier bomba que ha estado funcionando, debe bajarse la presión de trabajo a 50 PSI o menos.

Los equipos no se deben operar sin líquido en el tanque de agroquímicos, porque la bomba de presión succiona aire y trabajaría en seco, corriendo el riesgo que se quemen los empaques del pistón, por lo tanto, no se deben sacar las mangueras de succión y retorno, cuando se vacíe la caneca de donde se está succionando la mezcla o del agua limpia durante el lavado.

No se debe utilizar la manguera de succión sin filtro, porque pueden pasar a la bomba residuos sólidos que podrían desgastar los pistones. Además, se deben mantener limpios estos filtros durante la aspersión y comprobar que la bomba esté apagada antes de retirarlos para limpiarlos.

Es necesario ubicar estratégicamente el equipo en los lotes y evitar moverlo frecuentemente, para disminuir los rendimientos de aplicación.

Si el equipo se va a utilizar al día siguiente para aplicar el mismo producto o uno compatible, el tanque puede dejarse con el agua de enjuague o volverse a llenar con agua limpia para el almacenamiento nocturno.

Para lavar el equipo, se debe recircular agua limpia por todo el sistema. Esta operación se hace con el equipo encendido, y al finalizar el lavado se debe cerrar la llave de paso de combustible, con el fin de consumir la mezcla de las mangueras y el carburador.

Antes de cada jornada de trabajo y durante la labor de aspersión, se debe lubricar la bomba de presión, colocándole de tres a cuatro gotas de aceite o darle de tres a cuatro vueltas a las graseras; así mismo, se debe verificar el estado de las correas y las poleas de tal manera que estén tensionadas, alineadas y apretadas (No deben mostrar oscilaciones).

El filtro de aire se debe revisar cada 50 horas de trabajo, y si está muy sucio lavarlo con agua y detergente y secarlo.

Los equipos de espalda, de palanca o motorizados, se deben guardar con el tanque destapado y en lugar seco, y mantener limpios los filtros (Figura 38).

Limpieza de los equipos de aspersión

Es fundamental realizar una buena limpieza a los equipos después de cada aplicación. Todos los plaguicidas son en mayor o menor medida corrosivos, por lo tanto, al mantener limpia la máquina, se reduce su deterioro y los costos de mantenimiento (Cid y Masiá, 2011). Esta práctica es más importante después del uso de algunos herbicidas, como los reguladores de crecimiento, con los cuales se tiene un riesgo mayor de daño en cultivos, que la mayoría de los otros productos. Estos herbicidas tienen actividad sistémica y son muy selectivos, aun a dosis extremadamente bajas (Raimondo, 2007).

Los tanques plásticos y las mangueras de polietileno requieren una limpieza más profunda que los tanques de acero inoxidable (Raimondo, 2007).



Figura 38.

Limpieza de filtros en equipos de palanca. **a.** Revisión de la llave de paso; **b.** Limpieza del filtro de la llave de paso; **c.** Limpieza del filtro de la boquilla.

Consideraciones prácticas

- Limpiar los equipos después de su uso.
- Llenar el tanque hasta la mitad con agua y agregar el producto de limpieza recomendado en la etiqueta. Si no se cuenta con el producto indicado, una mezcla de agua y detergente líquido son suficientes. Las paredes internas del tanque así como el exterior de la máquina se deben lavar cuidadosamente.
- Los detergentes líquidos son adecuados para eliminar los residuos de los plaguicidas formulados como concentrados emulsionables (CE). También remueven otros agroquímicos como herbicidas.
- Para remover herbicidas, en equipos con tanques plásticos, es posible usar amoníaco casero al 3%, en una proporción de 100 cc del producto por cada 10 L de agua. Esta solución se debe circular por todo el sistema y dejarla en la máquina hasta el día siguiente. Enjuagar con agua limpia (Cid y Masía, 2011).
- Para enjuagar el tanque haga circular el agua a través de la bomba, mangueras y lanza. El enjuague con agua es una forma de dilución, varios enjuagues repetidos con pequeñas cantidades tienen mayor efecto de dilución y limpieza que un solo enjuague con una mayor cantidad de agua.
- Todos los filtros y boquillas se deben retirar y lavar con agua y jabón, utilizando un cepillo suave.
- Durante la aplicación, se debe realizar el triple lavado (Anexo 8. Procedimiento Triple lavado) a baldes y a los envases o empaques vacíos del plaguicida.
- El agua del lavado no debe ir a cañerías, fuentes de agua o drenajes.

Clases toxicológicas de los agroquímicos y riesgo asociado

En la Tabla 6 se muestra la clasificación toxicológica vigente en Colombia para los diferentes plaguicidas de uso agrícola, diseñada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y adoptada por la Comunidad Andina de Naciones. Esta clasificación se basa en la DL 50 (Dosis Letal Media), que es la cantidad de producto que por vía de ingestión, absorción dérmica o por inhalación, produce una mortalidad del 50% en una población expuesta al producto. Se evalúan sobre ratas y con ello se deduce el probable riesgo a los seres humanos. La

dosis está indicada en miligramos del ingrediente activo por kilogramo de peso del animal. Cuanto menor es la DL50, mayor es la toxicidad del producto.

Los productos que presentan la banda roja, son más tóxicos que los de “banda azul”, por lo tanto, en café se recomienda usar productos de esta última banda o máximo los de la banda amarilla (Nueva norma Andina).

Tenga en cuenta que se deben respetar dos cosas: El **período de reentrada** al lote, que consiste en el tiempo que pasa entre la aplicación y la posibilidad de que un

CATEGORIA	DL50 en ratas (mg.kg ⁻¹ de peso de peso corporal)			
	Oral		Dermal	
	Sólidos	Líquidos	Sólidos	Líquidos
Ia Extremadamente peligroso	Menor de 5	Menor de 20	Menor de 10	Menor de 40
Ib Altamente peligroso	5 a 50	20 a 200	10 a 100	40 a 400
II Moderadamente peligroso	50 a 500	200 a 2.000	100 a 1.000	400 a 4.000
III Ligeramente peligroso	Mayor de 500	Mayor de 2000	Mayor de 1000	Mayor de 4000

Tabla 6.

Clasificación por peligrosidad de los plaguicidas de uso agrícola.

Fuente: Resolución 630 de 2002, Comunidad Andina de Naciones

operario vuelva a entrar al lote, y el **período de carencia**, que es el tiempo que debe pasar entre la aplicación y la cosecha. Ambos períodos aparecen en la etiqueta del producto.

Cualquier insecticida químico es tóxico; además, se debe tener en cuenta que productos con el mismo ingrediente activo pueden tener diferente riesgo debido a la formulación o concentración del mismo, por lo tanto, siempre lea la etiqueta del producto antes de manipularlo y utilice elementos de protección personal en buen estado y limpios.

Elementos de protección personal (EPP)

Los EPP son todas aquellas prendas que los operarios deben utilizar durante la manipulación de los agroquímicos, como las labores de transporte, preparación y aplicación (Ver Anexo 5. Procedimiento Seguridad en el manejo de productos agroquímicos). Los EPP deben reunir los siguientes requisitos: Proporcionar confort, bajo peso, no restringir los movimientos del trabajador y ser durable.

La exposición por la piel representa el riesgo más común. El riesgo se minimiza cuando se usan EPP y se pone atención a la higiene personal, lavando las partes expuestas del cuerpo después del trabajo y antes de comer, fumar o usar las baterías sanitarias. Los EPP también deben descontaminarse completamente

después de usarlos y luego almacenarlos en una bodega bien ventilada (FAO, 2002).

El equipo básico debe constar de:

Protección del cuerpo: Usar prendas lavables de tela de algodón o algodón poliéster. Tanto la camisa como el pantalón deben tener manga larga. Para la preparación de las mezclas, se debe usar delantal, el cual debe cubrir el cuerpo desde el pecho hasta las botas; el material debe ser impermeable.

Protección de la cabeza: Utilizar una prenda como gorra, sombrero o capucha que proteja la cabeza y el cuello.

Protección facial o visual: Ésta es necesaria en la preparación de la mezcla, transporte y aplicación de los plaguicidas. Se recomiendan visores o las gafas, que sólo protegen los ojos.

Guantes: Deben ser sintéticos de nitrilo, de un grosor de 0,5 mm y tres cuartos de puño; se deben enrollar en el borde para evitar el escurrimiento hacia el brazo desde los dedos.

Botas: De caucho, caña alta, lisas y no forradas. Las mangas de las chaquetas y de los pantalones deben quedar por fuera de los guantes y botas.

Protección respiratoria: Los más comunes son los respiradores de cartucho químico media cara, con prefiltro para partículas y filtro para vapores orgánicos. Es importante que se ajuste y selle herméticamente a la cara, por lo tanto, los operarios deben rasurarse.

Recomendaciones prácticas

- Para la preservación de los biocontroladores en las fincas se recomienda evitar el uso indiscriminado de insecticidas o fungicidas de amplio espectro y alta toxicidad, ya que muchos de los biocontroladores se ven afectados por éstos, y mantener condiciones medioambientales favorables para los biocontroladores, como son: preservación y mantenimiento de arvenses con flores en el cafetal, ya que pueden servir de reservorio y alimento a insectos benéficos.
- En el caso del uso de productos biológicos como el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*, se requiere que las formulaciones tengan una buena calidad y se manipulen correctamente. Debe tener presente la fecha de vencimiento del producto, la cual aparece en los envases, ya que el producto biológico cumplirá con los estándares de calidad hasta que se cumpla esta fecha de vencimiento.
- Los biocontroladores son organismos vivos y, por lo tanto, tienen requerimientos de temperatura y humedad necesarios para su sobrevivencia. Se deben seguir las recomendaciones de la etiqueta del producto para su almacenamiento. Se aconseja nunca dejarlos a temperaturas superiores a 25 °C, ni a exposición directa de los rayos solares y su almacenamiento debe ser en un lugar fresco y limpio.
- La eficacia del hongo depende del número de esporas que se asperjen y depositan sobre el insecto a controlar. Es fundamental asperjar la dosis de esporas que se indique en el empaque de los productos biológicos.
- La cantidad de esporas que contienen los productos biológicos comerciales puede variar entre 1×10^9 y 1×10^{11} esporas/g. Si la cantidad de esporas es de 1×10^9 por gramo de producto, se requerirán 20 g del

producto disueltos en 1 L de agua. De esta forma se obtendrá la concentración deseada de 2×10^{10} esporas/L. Si el producto tiene 1×10^{10} esporas/g se necesitaría 2 g.L^{-1} de agua.

- Una vez determinada la cantidad de hongo que se requiere por litro de agua, éste debe disolverse en el agua para ser aplicado, algunas casas comerciales aconsejan suspender el producto en agua con coadyuvantes, tipo aceites emulsivos. El agua debe ser limpia y en lo posible con un pH cercano a 7. Se deben seguir las especificaciones del empaque con respecto a la cantidad de aceite que se requiere para disolver las esporas. En general, se recomienda adicionar de 2,0 a 5,0 cc de aceite agrícola por litro de agua.
- Las aspersiones se deben realizar en el momento en que los adultos de la broca se encuentren volando, cuando exista el riesgo de que estas brocas vayan a afectar la cosecha en formación, en aquellos momentos en los cuales el porcentaje de infestación supere el 2,0% y la proporción de broca perforando frutos (posiciones A + B) sea mayor al 50%.
- Las aspersiones deberán dirigirse a las ramas productivas y al plato del árbol, sobre los frutos caídos, asegurando un buen cubrimiento de ambos.
- En las condiciones de la zona central cafetera, donde la traviesa y la cosecha principal se encuentran distribuidas en una proporción de 20% y 80%, respectivamente, para cada semestre del año, se recomienda asperjar el hongo durante los meses de mayo a agosto y noviembre a enero, momentos críticos de la formación del fruto para el ataque de la broca.
- Las aplicaciones se deben realizar en los “focos” o “puntos calientes”, es decir, aquellos sitios donde la broca se encuentra agregada dentro de los cafetales y en los cafetales que se encuentran en los alrededores del beneficiadero y los puntos de pesaje de café durante las cosechas, ya que de estos sitios se dispersa un alto número de brocas adultas que colonizan frutos sanos.
- Las aplicaciones se deben realizar cuando exista baja luminosidad, baja radiación solar y menores temperaturas, temprano en la mañana o en las últimas horas de la tarde, debido a que las esporas son sensibles a condiciones extremas de luz y radiación, y preferiblemente bajo condiciones climáticas de alta humedad, que permitan la acción y el establecimiento del hongo.
- Prepare sólo la cantidad de hongo que va aplicar en el día y haga la aspersión inmediatamente luego de la preparación, de lo contrario, las esporas germinarán en la solución con agua y su efecto sobre los insectos será menor.
- En los lotes a renovar mediante zoqueo, se recomienda aplicar el hongo tanto en el árbol como en el suelo antes de eliminar las ramas, y posteriormente, en las ramas de los árboles trampa, ya que de estos sitios emergen altas poblaciones de broca procedentes de los frutos caídos durante la labor del zoqueo.
- El éxito o fracaso del control de las plagas depende de: La correcta elección de producto y dosis, el momento oportuno de control y la calidad de la aplicación.
- Volúmenes demasiado altos, por lo general, no redundan en una mejor eficacia biológica, por el contrario, aumentan los costos de aplicación, gastos de agua y contaminación ambiental.
- En café se recomienda un volumen de 25 y 50 cc/árbol de 2 y 4 años, respectivamente.
- En café, para obtener un buen cubrimiento en el control de roya, las boquillas deben alejarse del follaje entre 40 y 50 cm.
- Para control de la broca, la lanza en equipos de presión previa retenida y palanca, debe ubicarse a 20 cm de los árboles, con la boquilla hacia arriba.
- Los equipos de palanca son de fácil operación, pero no mantienen la presión constante, pudiendo reducir la calidad de las aplicaciones; sin embargo, con un equipo en buen estado, utilizando una boquilla de baja descarga, filtros adecuados y haciendo un correcto uso de la palanca, se logran buenos cubrimientos. Este equipo se puede mejorar con una válvula reguladora de presión. Para mantener la presión de operación en la cámara, la palanca debe accionarse regularmente, de seis a diez movimientos de la palanca por minuto, si se usa un aguilón, se debe aumentar la frecuencia del bombeo.
- En cafetales de topografía muy pendiente, los equipos motorizados de espalda tienen un rendimiento similar al de los equipos de palanca, por esta razón, los motorizados de espalda no son recomendables por los altos costos para esta condición.

- Los equipos semiestacionarios se deben trabajar con presiones máximas de 200 libras por pulgada cuadrada (PSI).
- Para evaluar la eficacia de una aplicación, en el caso de los insecticidas para broca, se recomienda realizarla después de 3 ó 4 días de la aplicación, si se utilizaron insecticidas organofosforados. Para los insecticidas Voliam Flexi® y Preza™, se debe evaluar después de 10 días. Se deben tomar 100 frutos infestados en posición A y B, y de éstos, evaluar cuántos tienen brocas muertas.
- Para realizar aspersiones dirigidas y para obtener el mejor tamaño de gota y un cubrimiento óptimo, se deben utilizar boquillas de cono hueco, preferiblemente de baja descarga con rangos de flujo que estén entre 190 y 315 cc.min⁻¹ a 40 PSI. Con equipos motorizados y semiestacionarios se recomienda asperjar con una o varias boquillas cuya descarga no sea superior a 3,5 L.min⁻¹.
- Para aplicar herbicidas se utilizan boquillas de abanico o cortina (800050 – 8001) con una presión de trabajo de 15 a 25 PSI. Estas boquillas se deben usar con filtros de 50 mallas por pulgada cuadrada lineal.
- Con equipos de palanca y presión previa retenida (PPR) se utiliza el método árbol por árbol, dos medias caras por pasada, en zigzag.
- Con equipos motorizados de espalda, se utiliza el método de dos surcos por encima de la copa de los árboles o dos medias caras por pasada, dependiendo de la topografía o altura de los árboles.
- Con semiestacionarios se sugiere utilizar el sistema de dos medias caras de ida y dos de regreso, u otro sistema que se adapte a las condiciones del cultivo y terreno.
- El pH ideal del agua debe estar entre 4,0 y 6,0. Por encima de 7,5 se pueden presentar riesgos de inactivación del producto. Aguas duras, por encima de 150 ppm de carbonato de calcio (CaCO₃) son perjudiciales para la mayoría de los plaguicidas.
- Las temperaturas óptimas de aplicación están entre los 17 y 20°C, en lo posible, no aplicar por encima de los 30°C.
- La humedad relativa óptima está entre 75% y 90%. No se recomienda aplicar cuando el follaje está mojado o cuando la humedad está por debajo del 35%.
- Para la velocidad del viento, lo ideal es entre 3 a 7 km.h⁻¹, no aplicar cuando la velocidad sobrepasa los 10 km/h.
- Es fundamental realizar una buena limpieza a los equipos después de cada aplicación. Todos los plaguicidas son en mayor o menor medida corrosivos, por lo tanto, al mantener limpia la máquina, se reduce su deterioro y los costos de mantenimiento.
- En cuanto a la peligrosidad de los productos químicos, aquellos que tienen la banda roja, son más tóxicos que los de “banda azul”, por lo tanto, en café se recomienda usar productos de esta última banda o máximo los de la banda amarilla.
- Tenga en cuenta que se debe respetar **el período de reentrada al lote**, que consiste en el tiempo que pasa entre la aplicación y la posibilidad de que un operario vuelva a entrar al lote y **el período de carencia** que es el tiempo que debe pasar entre la aplicación y la cosecha. Ambos períodos aparecen en la etiqueta del producto.
- Recuerde que productos con el mismo ingrediente activo pueden tener diferente riesgo debido a la formulación o concentración del mismo, por lo tanto, siempre lea la etiqueta del producto antes de manipularlo y utilice elementos de protección personal (EPP) en buen estado y limpios.
- Recuerde que la exposición por la piel representa el riesgo más común. Minimice el riesgo evitando la exposición usando EPP y poniendo atención a la higiene personal, lavando las partes expuestas del cuerpo después del trabajo y antes de comer, fumar o ir al sanitario; los EPP también deben descontaminarse completamente después de usarlos y luego almacenarlos en una bodega bien ventilada.

Literatura citada

- ANDREWS, K.L.; QUEZADA, J.R. *Manejo Integrado de Plagas Insectiles en la Agricultura: Estado Actual y Futuro*. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana, 1989. 623 p.
- ARCILA M., A. *Evaluación del efecto del pH sobre la acción insecticida del Lorsban 4EC en el control de la broca del café*. Informe Anual de actividades, Disciplina de Entomología, 2009 – 2010. Chinchiná: Cenicafé. sp.
- ARCILA M., A. *La floración indicador del ataque de la broca*. Chinchiná: Cenicafé, 2011. 2 p. (Brocarta No. 44).
- ARCILA M., A. *Período crítico del ataque de la broca del café*. Chinchiná: Cenicafé, 2011. 1 p. (Brocarta No. 43).
- ARISTIZÁBAL A., L.F.; SALAZAR E., H.M.; MEJÍA M., C.G. *Evaluación de dos componentes del manejo de la broca en la renovación de cafetales, mediante investigación participativa*. Chinchiná: Cenicafé, 2002.8 p. (Avances Técnicos No. 295).
- BENAVIDES M., P. *Los parasitoides en programas de control biológico*. p 114-125. En: BUSTILLO P., A.E. *Los insectos y su manejo en la caficultura colombiana*. Chinchiná : CENICAFÉ, Editorial Blanecolor Ltda, Manizales Colombia, 2008. 466 p.
- BENAVIDES M., P.; GÓNGORA B., C.E.; BUSTILLO P., A.E. *IPM program to control coffee berry borer Hypothenemus hampei, with emphasis on highly pathogenic mixed strains of Beauveria bassiana, to overcome insecticide resistance in Colombia*. In: *Insecticides – Advances in Integrated Pest Management, 2012*. p. 511 - 540. Available <http://www.intechopen.com/books/show/title/insecticides-advances-in-integrated-pest-management>.
- BOUCIAS, D.; PENDLAND, J. *Attachment of mycopathogens to cuticle*. p. 101-127. In: COLE G. T.; HOCH, H. C. (ed.), *The fungal spore and disease initiation in plants and animals*. Plenum Press, New York, N.Y, 1991. 555 p.
- BURGESS, H. *Microbial control of pest and plant diseases 1970-1980*. London: Academic Press, 1981. 949 p.
- BUSTILLO P., A.E. *Perspectivas de un Manejo Integrado de la Broca del Café Hypothenemus hampei en Colombia*. Sociedad Colombiana de Entomología, Socolen, Medellín, Colombia. *Miscelánea No.18*, 1991. p. 106 - 118.
- BUSTILLO P., A.E. *El manejo de cafetales y su relación con el control de la broca del café en Colombia*. Chinchiná: Cenicafé, 2002. 40 p. (Boletín técnico N 24).
- BUSTILLO P., A.E. *El manejo de cafetales y su relación con el control de la broca del café en Colombia*. Chinchiná: Cenicafé, 2007. 40 p. (Boletín Técnico No. 24, 2ª Ed).
- BUSTILLO P., A.E. *Cómo implementar un programa de manejo integrado de plagas*. p. 94-109. En: Bustillo P., A.E. *Los insectos y su manejo en la caficultura colombiana*. Chinchiná: Cenicafé,. Editorial Blanecolor Ltda, Manizales -Colombia, 2008. 466 p.
- BUSTILLO P., A.E.; CÁRDENAS M., R.; VILLALBA G., D.A; BENAVIDES M., P.; OROZCO H., J.; POSADA F., F. J. *Manejo integrado de la broca del café Hypothenemus hampei (Ferrari) en Colombia*. FNC - Cenicafé. Editorial Feriva S. A. Cali, Colombia, 1998.134 p.
- CASAL, G. A. *Pulverización o aplicación*. En: *Jornadas de actualización. Elementos fundamentales para el buen uso de fitoterapéuticos: dosis, modo de acción y prevención de deriva*. [En línea]. Sociedad Rural de Tucumán. Octubre 2 al 4. 2007. Disponible en internet: [http://www.agroconsultasonline.com.ar/documento.html/Pulverización o Aplicación 2007.pdf?op=d&documento_id=304](http://www.agroconsultasonline.com.ar/documento.html/Pulverización%20o%20Aplicación%202007.pdf?op=d&documento_id=304) . Consultado el 19 de enero de 2012.
- CASTRO C., O.G. *Evaluación física de las aplicaciones con tres equipos de aspersión para el control de la mancha foliar de los cítricos Alternaria sp. Pasto (Colombia)*, Universidad de Nariño. Facultad de Ciencia Agrícolas, 1995.109 p. Tesis: Ingeniero Agrónomo.
- CENICAFÉ. *CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ. Informe anual de actividades*. Cenicafé. Editorial Feriva S. A. Chinchiná – Colombia, 2010. p. 89 - 90.
- CID, R.; MASÍÁ, G. *Manual para agroaplicadores. Uso responsable y eficiente de fitosanitarios*. [En línea]. Primera edición: Buenos Aires: Ediciones INTA, 2011. Disponible en internet: <http://inta.gov.ar/documentos/manual-para-agroaplicadores-uso-responsable-y-eficiente-de-fitosanitarios> Consultado 13 de diciembre de 2012.
- CONSTANTINO CH., L.M. *La broca del café un insecto que se desarrolla de acuerdo con la temperatura y la altitud*. Chinchiná: Cenicafé, 2010. 2 p. (Brocarta N° 39).
- CONSTANTINO CH., L.M.; FLÓREZ, J.C.; BENAVIDES M., P.; BACCA, R.T. *Minador de las hojas del café, una plaga potencial por efectos de cambio climático*. Chinchiná: Cenicafé, 2011. 12 p. (Avance técnico. No. 409).

- CONTRERAS, S.E. *Fundamentos de la aplicación de pesticidas*. En: *Memorias del II curso regional sobre manejo integrado de plagas del cafeto con énfasis en broca del fruto*. IICA – Promecafé. San Pedro Sula (Honduras). Julio 21 – 26. Guatemala, 1987. p. 91 – 106.
- FAO. *Guías sobre Buenas Prácticas para la Aplicación Terrestre de Plaguicidas*. [En línea]. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2002. Disponible en internet: <http://www.fao.org/docrep/006/y2767s/y2767s00.HTM> Consultado: 28/04/2010.
- FLÓREZ M., E.; ASTON, R.P.; RIVILLAS O., C.A.; LEGUIZAMÓN C., J.E. *Pruebas de cubrimiento en frutos de la Variedad Caturra con diferentes equipos y Sistemas de aspersión*. En: *Memorias XIX CONGRESO de la Sociedad Colombiana de Entomología, Socolen*. Manizales, 15-17 de julio, 1992. 105 p.
- FLÓREZ M., E.; BUSTILLO P., A.E.; MONTOYA R., E.C. *Evaluación de equipos de aspersión para el control de Hypothenemus hampei con el hongo Beauveria bassiana*. Chinchiná: Cenicafé. 48(2): 92-98. 1997.
- FRIEDRICH, T. *La actuación de la FAO con respecto a la tecnología de aplicación para agroquímicos*. [En línea]. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (s.f.). Disponible en internet: <http://www.fao.org/ag/ags/agse/pas.htm>. Consultado: 28/04/2010.
- GALINDO G., O. *La aplicación de agroquímicos en la protección de las plantas*. En: *Seminario Manejo Integrado de Mosca Blanca y Técnicas de Aplicación de Pesticidas*. Socolen, Comité Regional Cundinamarca. 1994. p. 4-28.
- GÓNGORA B., C.E.; MARÍN, P.; BENAVIDES M., P. *Claves para el éxito del hongo Beauveria bassiana como controlador biológico de la broca del café*. Chinchiná: Cenicafé, 2009. 8 p. (Avance Técnico. N° 381).
- GRISALES L., F.L.; LEGUIZAMÓN C., J.E. *Evaluación del equipo Ulvafan modificado para aplicación de fungicidas a bajo volumen en cafetales tecnificados*. In: *CONGRESO de la Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines*, 8. Manizales (Colombia), mayo 26-29 de 1987. *Memorias: Conferencias y Resúmenes*. Manizales (Colombia), Universidad de Caldas, p. 82.
- HAJEK, A. E.; ST. LEGER, R. J. *Interactions between fungal pathogens and insect hosts*. *Annual review of entomology*, 29 (1) 293-322. 1994.
- HERNÁNDEZ, P.N.; PENAGOS, H. *Evaluación del sistema de aplicación a bajo volumen en el control de la broca del café Hypothenemus hampei (Ferrari, 1867)*. *Revista cafetera ANACAFÉ (Guatemala)*. 134: 15-21. 1974.
- HEWITT, L.; PÉREZ, H. *La técnica de aplicación de agroquímicos su teoría y su práctica*. Bogotá: Ciba Geigy, 1975. 64p.
- HIMEL, C.M.; MOORE, L. *Spruce budworm mortality as a function of aerial spray droplet size*. In: *Science*. New York, American Association for the Advancement of Science. 1967 Jun 2. No. 156, (3779). 1982 p.
- ICA - INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. *Resolución No. 00375 (27 de febrero de 2004). Por la cual se dictan las disposiciones sobre Registro y Control de los Bioinsumos y Extractos Vegetales de uso agrícola en Colombia*. 2004.
- JARAMILLO, J.L. *Validación de mezclas de Beauveria bassiana (Balsamo) Vuillemin y Metarhizium anisopliae (Metschnikoff) Sorokin para el control de la broca del café en frutos infestados caídos al suelo*. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de ciencias. Maestría en ciencias - entomología. Tesis en revisión. Medellín, 2012.
- KAYA, H.K.; STOCK, S.P. *Techniques of insect nematology*. Capítulo VI. En: *Manual of techniques in insect pathology*. Lawrence Lacey. Editores. Biological Techniques Series. Academic Press, San Diego (Estados Unidos), 1997. 409 p.
- LEIVA, P.D. *Protocolo de calibración de equipo pulverizador terrestre*. [En línea]. Versión 1.0. INTA Pergamino (BA). 2008. Disponible en internet: <http://www.ciacabrera.com.ar/Documentos/PROTOCOLO%20DE%20CALIBRACION%20DE%20EQUIPO%20TERRESTRE.pdf>. Consultado 18 de marzo de 2011.
- LEIVA, P. D. *Calidad de aplicación de plaguicidas*. [En línea]. *Primera Jornada de Control Químico de Enfermedades del trigo en sistemas de manejo para alta productividad*. Bolsa de Cereales de Buenos Aires, 1996. vol. 27. Disponible en internet: <http://www.argenpapa.com.ar/img/Calidad%20aplicaci%C3%B3n%20agqcos..pdf>. Consultado 29 de diciembre de 2010.
- LEIVA, P.D. *Concepto de calidad de aplicación en pulverización agrícola*. [En línea]; 31/01/2011. EEA INTA Pergamino, Argentina Disponible en internet: <http://www.engormix.com/MA-agricultura/cultivos-tropicales/articulos/aplicacion-de-plaguicidas-t3238/078-p0.htm>. Consultado 18 de abril de 2012. A.

- LEIVA, P.D. Consideraciones generales sobre calidad de agua para pulverización agrícola. [En línea]. EEA INTA Pergamino, Argentina 10/02/2011 Disponible en internet: <http://www.engormix.com/MA-agricultura/soja/articulos/pulverizacion-agricola-t3261/415-p0.htm>. Consultado 20 de septiembre de 2012. B.
- MAGDALENA, C.; Di PRINZIO, A.; BEHMER, S. Aspectos que condicionan la correcta aplicación de agroquímicos en fruticultura. En: XII. ENFRUTE. ANAIS. [En línea]. Brasil, 2011. Disponible en internet: <http://inta.gob.ar/documentos/aspectos-que-condicionan-la-cobertura-de-aplicacion-de-agroquimicos-en-fruticultura/> Consultado 13 de diciembre de 2012.
- MARÍN, P.; BUSTILLO P., A.E. Pruebas microbiológicas y físico - químicas para el control de calidad de hongos entomopatógenos. Curso internacional teórico-práctico sobre entomopatógenos y parasitoides que atacan la broca del café. Cenicafé, Chinchiná, Caldas (Colombia). Marzo 11 al 15 de 2002. p. 72-116.
- MARTIN, J.H. An identification guide to common whitefly pest species of the world (Homoptera: Aleyrodidae). *Tropical Pest Management*. 33: 298-322. 1987.
- MATTHEWS, G.A. Pesticide application methods. 3a. ed. London (Inglaterra): Longmans, 2000. 335p.
- MEJÍA M., C.G.; ARISTIZÁBAL A., L.F; SALAZAR, H.M. Técnicas de aspersión y evaluación de *Beauveria bassiana* para el control de la broca del café. Curso internacional teórico-práctico sobre entomopatógenos y parasitoides que atacan la broca del café. Cenicafé, Chinchiná, Caldas (Colombia). Marzo 11 al 15 de 2002. p. 196-209.
- MONTOYA, D.F. Evaluación física de las aplicaciones con diferentes equipos de aspersión para el control de problemas fitosanitarios en los frutos del café principalmente la broca *Hypothenemus hampei* (Ferrari). Santa Rosa de Cabal (Colombia), Universidad de Santa Rosa de Cabal. UNISARC. Programa de Agronomía, 2005. 56 p. Tesis: Agrónomo.
- NCA. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES.. *Insect- pest management and control. Principles of plant and animal pest control*, vol. 3. Publication 1695, Washington, D. C., 1969.508 p.
- RAIMONDO, J. Mezclas de plaguicidas. Jornadas de Actualización. En: *Jornadas de actualización. Elementos fundamentales para el buen uso de fitoterapéuticos: dosis, modo de acción y prevención de deriva*. [En línea]. Sociedad Rural de Tucumán. Octubre 2 al 4. 2007. Disponible en internet: <http://www.agroconsultasonline.com.ar/documento.htm>. Consultado 19 enero de 2012.
- RAMOS C., N.H. Evaluación del equipo motorizado de espalda Maruyama Ms 056 para el control de la broca del fruto del café *Hypothenemus hampei* Ferrari 1867. Ibagué (Colombia), Universidad del Tolima. Facultad de Ingeniería Agronómica, 1997. 103 p. Tesis: Ingeniero Agrónomo.
- RIVILLAS O., C.A.; SERNA G., C.A., CRISTANCHO A., M.A.; GAITÁN B., A.L. La roya del cafeto en Colombia. Impacto, manejo y costos de control. Chinchiná: Cenicafé, 2011. 53 p. (Boletín Técnico No 36).
- RIVILLAS O., C.A.; VILLALBA G., D.A. Boquillas para la aspersión de cafetales. p. 223-228. En: *Tecnología del cultivo del café*. Chinchiná: Cenicafé, 1988. 404 p.
- SHAPIRO-ILAN, D.I.; FUXA, J.R.; LACEY, L.A.; ONSTAD, D.W.; KAYA, H.K.. Definitions of pathogenicity and virulence in invertebrate pathology. *J. Invertebr. Pathol.*, 88 (1): 1-7 2005.
- SIERRA S., C.A.; VILLALBA G., D.A. Evaluación de aplicaciones con aspersora convencional de espalda, equipada con aguilón vertical en cafetales densos. En: *Taller sobre la roya del café Hemileia vastatrix Berk y Br. Manizales (Colombia)* Chinchiná: Cenicafé, Abril 12-17. 1982. 10 p.
- TABARES C., J E.; VILLALBA G., D.A.; BUSTILLO P., A.E.; VALLEJO E., L.F. Eficacia de insecticidas para el control de la broca del café usando diferentes equipos de aspersión. *Cenicafé*, 59 (3): 227-237. 2008.
- TANADA Y.; KAYA, H. K.. Chapter 10, Fungal Infection. In: *Insect pathology*. Eds. Y, Tanada y H.K. Kaya. Academic press,. 1993.p 318-366.
- URZÚA S., F. Equipos de aplicación y su calibración. [En línea] Dpto. de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Disponible en internet: http://www.asomecima.org/Tapachula/Equipos_calibracion.pdf. Consultado 06-10-2010.
- VÉLEZ, P.; BENAVIDES G., M. Registro e identificación de *Beauveria bassiana* en Ancuya, Nariño, Colombia. *Cenicafé*, 41: 50-57. 1990.
- VERA, J.T.; MONTOYA, E.C.; BENAVIDES M., P.; GÓNGORA B., C.E. Evaluation of *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales) as a control of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) emerging from fallen, infested coffee berries on the ground. *Biocontrol Science and Technology* 21(1): 1-14. 2011.

- VILLALBA G., D.A. *Calibración de aspersoras manuales de espalda*. Chinchiná: Cenicafé, 1993. 16 p. (Boletín Técnico No 75).
- VILLALBA G., D.A. *Tecnología de aplicación y equipos de aspersión de agroquímicos*. p. 201-225. En: Bustillo P., A.E. *Los insectos y su manejo en la caficultura colombiana*. Chinchiná: Cenicafé. Editorial Blanecolor Ltda, Manizales -Colombia, 2008. 466 p.
- VILLALBA G., D.A.; RIVILLAS O., C.A. *Equipos de aspersión recomendados para el control de la roya del cafeto*. p. 217-222. En: *Tecnología del cultivo del café*. Chinchiná: Cenicafé, 1987. 404 p.

Plagas del café

Broca, minador,
cochinillas harinosas,
arañita roja y monalotion

Pablo Benavides Machado; Zulma Nancy Gil Palacio;
Luis Miguel Constantino Chuaire; Clemencia Villegas García;
Marisol Giraldo Jaramillo

El cultivo del café está sujeto al ataque de artrópodos, que de conformidad con las condiciones climáticas, sistema de cultivo o desequilibrio biológico pueden causar daños considerables perjudicando el desarrollo y producción de las plantas.

Para Colombia se destacan como plagas de este cultivo: La broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae), el minador de las hojas *Leucoptera coffeellum* (Guerin-Meneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae), las cochinillas harinosas de las raíces, en especial las especies *Puto barberi* (Cockerell) y *Pseudococcus jackbeardsleyi* Gimpel & Millar (Hemiptera: Pseudococcidae), la arañita roja *Oligonychus yothersi* McGregor (Acari: Tetranychidae) y la chinche de la chamusquina del café *Monalotion velezangeli* Carvalho & Costa (Hemiptera: Miridae). Frente a la variabilidad climática no podemos ser ajenos a la presencia de estas plagas en el cultivo del café, por lo tanto, en este capítulo se presenta la información de la importancia económica de algunas de ellas y las prácticas de manejo para controlar a tiempo las poblaciones, y así evitar que causen daño económico en la producción del café.



Manejo integrado de la broca del café

Hypothenemus hampei (Ferrari)
(Coleoptera: Curculionidae)



La broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) es la principal plaga del cultivo en Colombia y una limitante de producción en todas las zonas productoras de café en el mundo.

Es una especie monófaga, específica del género *Coffea*, que se alimenta y reproduce exclusivamente de la almendra del café, razón por la cual esta plaga está ampliamente distribuida en toda la zona cafetera del país, afectando más de 920.000 ha del cultivo, en todo el rango altitudinal favorable para el cultivo del café, que está entre los 18 a 22 °C.

La broca del café es un coleóptero negro, muy pequeño, mide 1,5 mm en longitud, todos sus estados inmaduros se desarrollan dentro de la cereza del café. El macho vive entre 50 y 75 días, mientras que la hembra puede sobrevivir de 100 a 150 días. La hembra de la broca entra en la cereza por medio de un orificio que ella perfora en lo que se conoce como el ombligo del fruto de café (Bustillo, 2008). Una vez adentro, la hembra de la broca hace túneles y deposita huevos, a razón de dos a tres por día, durante 25 días aproximadamente.

La dinámica de infestación de la broca del café está influenciada por los factores climáticos como la precipitación y la humedad relativa y el estado fisiológico de los frutos de café, siendo el período crítico para el café cuando los frutos han alcanzado un 20% de peso en materia seca, es decir, cuando han alcanzado 120 días de desarrollo (Salazar *et al.*, 1993; Ruiz, 1996). En los frutos sobremaduros y secos que quedan en el árbol y en el

suelo después de la cosecha se pueden albergar desde 10 hasta 150 adultos que se reproducen en la almendra hasta que las condiciones ambientales le sean favorables para volar. Cuando comienza el período de lluvias, los adultos emergen de las cerezas infestadas y colonizan nuevos frutos en el árbol. Este vuelo de brocas se incrementa considerablemente después de períodos prolongados de déficit hídrico ocasionados por los eventos climáticos de El Niño, dado que la reproducción se favorece.

Debido a la fenología del cultivo del café, con dos cosechas al año, en la mayoría del territorio nacional la broca tiene alimento durante todo el año. Dentro de la variación altitudinal del cultivo existe una relación entre la dinámica de infestación de la broca y la altitud, siendo mayor el desarrollo del insecto en localidades bajas, por debajo de 1.200 m, con temperaturas superiores a 21 °C, y menor en sitios por encima de 1.600 m, con temperaturas medias por debajo de 19 °C (Constantino, 2010).

Distribución de la broca del café

La broca fue introducida al continente americano por Brasil, en 1913. Se encuentra prácticamente en todos los países productores de café (Le Pelley, 1968). En Colombia se registró por primera vez en el sur del departamento de Nariño, hacia 1988, y su dispersión fue rápida, ya que encontró condiciones muy favorables debido especialmente al clima, a la continuidad de la zona cafetera y a su grado de tecnificación, que le aseguraron suministro permanente de alimento (Bustillo, 2008). Además, su dispersión se agilizó debido a la aparición simultánea del insecto en muchos sitios (Ancuyá, Nariño; La Plata, Huila; Remedios, Antioquia; Ansermanuevo, Valle del Cauca) y al movimiento de productos vegetales, desde otros países de Suramérica y Centroamérica.

Lo anterior está documentado por estudios de Benavides *et al.* (2005), quienes al analizar la distribución de la broca en el mundo, con herramientas moleculares, a partir de muestras de broca provenientes de 17 países de tres continentes (África, Asia y América), demostraron que la broca primero debió invadir Asia, y luego América, con insectos procedentes del Occidente de África Central. La distribución de las líneas genéticas identificadas, sugirió

que dos introducciones de broca en Brasil se dispersaron posteriormente por todas las Américas, y una tercera posible introducción fue evidente en Perú y Colombia.

Muchos insectos tratan de migrar como un mecanismo de supervivencia. En el caso de la broca existe una proporción de adultos que vuela y se dispersa, por consiguiente es casi imposible erradicar un insecto con aspersiones de insecticidas o control cultural, si en un momento dado parte de su población está volando y otra parte está refugiada en otros cafetales, donde no se están haciendo prácticas para reducir su población (Baker, 1984). Además, es muy difícil que los insecticidas sean efectivos cuando la broca ya ha ingresado al endospermo del fruto del café (Villalba *et al.*, 1995). **Por lo tanto, una vez la broca aparece en una zona hay que manejarla para mantener sus poblaciones a niveles que no causen daños económicos.**

Daños que ocasiona la broca en el cultivo del café

El daño lo causa la hembra al perforar los frutos de café hasta el endospermo, donde construye una cámara para depositar alrededor de 75 huevos, de los cuales emergen las larvas que destruyen la semilla, causando la pérdida parcial o total del grano, así como la pérdida de peso y la calidad del grano (Montoya *et al.*, 1999). La hembra fundadora, que tiene una longevidad de 150 días, permanece dentro del fruto de café con toda su progenie y si los frutos se caen al suelo, el insecto continúa reproduciéndose durante dos o más generaciones (Baker, 1999). Los machos de la broca son ápteros y emergen en una proporción de uno por cada diez hembras. Dado que las hembras salen fértiles de los frutos, la cópula es fraternal, es decir, ocurre entre individuos de la misma progenie (hermanos) (Benavides, 2008; Bustillo, 2008). Los frutos secos y sobremaduros que quedan después de la cosecha representan el mayor riesgo de reinfestaciones posteriores en el árbol (Cárdenas, 1991).

Biología y hábitos de la broca del café

Duración del ciclo biológico

A una temperatura base de 21°C la incubación del huevo dura 9 días, la larva 19 días, la pupa 11 días y en la melanización del adulto 7 días, el ciclo de vida desde huevo hasta adulto dura en total 45 días, aproximadamente, en cambio, si la temperatura promedio es de 18°C, el ciclo puede durar 60 días (Ruiz, 1996) (Figura 1). Dadas las fluctuaciones de temperatura entre el día y la noche en la zona cafetera de Colombia, esta duración del ciclo de vida de la broca debe relacionarse con los factores climáticos en el campo.

Las hembras fertilizadas por sus hermanos emergen y vuelan a buscar frutos de café para perforarlos, construir sus cámaras, depositar huevos e iniciar un nuevo ciclo. Se estima que solo el 65% de todos los adultos emergidos están fertilizados y sólo éstos son capaces de colonizar exitosamente los frutos de café.

Los frutos de café, de diferentes edades de desarrollo, pueden ser atacados por la broca. Sin embargo, la broca sólo coloca huevos en aquellos frutos que tienen más de 120 - 150 días de desarrollo. Si la broca ataca frutos de café menores a 90 días, ésta se queda en el canal de penetración esperando que la almendra alcance la consistencia óptima para iniciar la oviposición. Durante este tiempo puede ocurrir que el fruto se caiga o que la hembra busque otro fruto. El período crítico del ataque de la broca comienza entre los 120 y 150 días después de las floraciones principales y se extiende hasta el comienzo de la cosecha (Figura 2 y Tabla 1). Una vez la broca entra al grano de café, deposita sus huevos al cabo de 4 a 5 días. Bajo estas condiciones, la broca sólo es capaz de tener dos generaciones durante un ciclo productivo de café que dura 240 días (Bustillo, 2006).

Por lo general, la broca se dispersa involuntariamente con el personal de campo, durante las labores propias del cultivo, pero la dispersión mediante el vuelo de los adultos también es importante, ya que la broca puede mantenerse en el aire hasta por 3 horas y el viento la puede llevar a grandes distancias en corto tiempo. Para



Figura 1.

Duración del ciclo biológico de la broca del café.

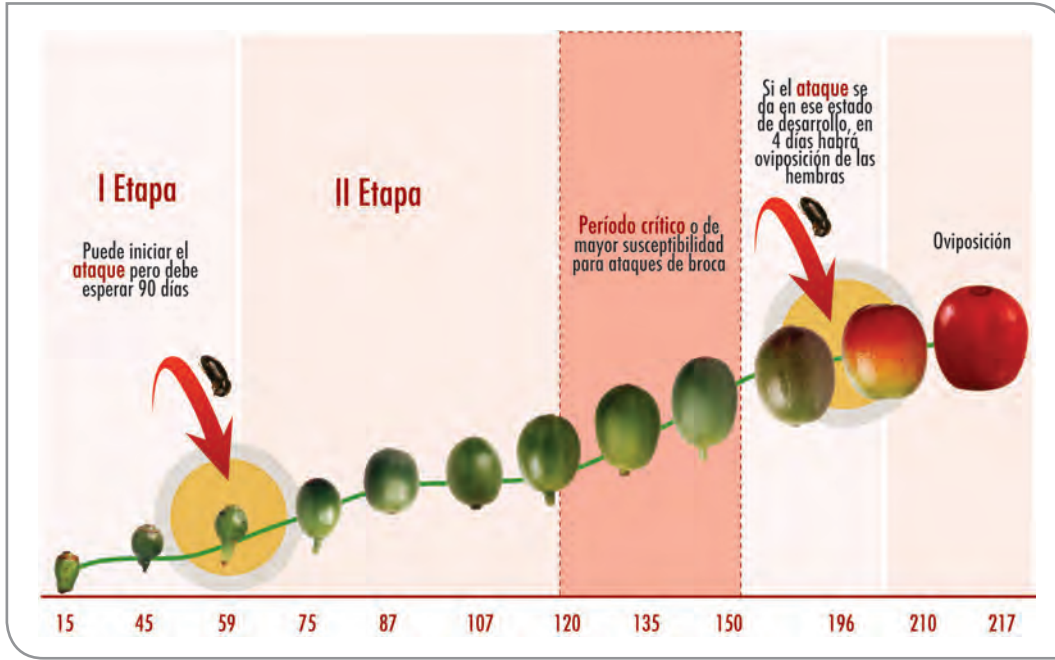


Figura 2.

Desarrollo del fruto y la relación con los períodos críticos de ataque por la broca del café.

Departamentos	Periodo de floración	Porcentaje de cosecha aproximado	Inicio del período de crítico
Nariño, Cauca, Huila, Sur del Tolima y Sur del Valle del cauca	Septiembre - Octubre	90 - 95%	Enero
Norte del valle del cauca, Quindío, Tolima y centro y sur de Cundinamarca.	Febrero - Marzo Agosto - Septiembre	40 - 60% 40 - 60%	Junio Diciembre
Risaralda, Caldas, Antioquia, Norte de Cundinamarca, Boyacá, Santander y Norte de Santander	Febrero - Marzo Agosto - Septiembre	75% 25%	Junio Diciembre
Cesar, Magdalena y Guajira	Marzo - Abril	90 - 95%	Julio

Tabla 1.

Patrones de floración y períodos críticos de ataque de broca en la zona cafetera Colombiana.

encontrar los frutos de café, la broca se guía por los volátiles emitidos desde las plantas.

precipitación, la temperatura, la humedad relativa, el brillo solar y el estado fisiológico de los frutos de café.

Condiciones que favorecen el desarrollo de la broca del café

Condiciones climáticas

La dinámica de infestación de la broca del café está influenciada por los factores climáticos como la

Temperatura. Dentro de la variación altitudinal del cultivo de café en la región andina, existe una relación entre la dinámica de infestación de la broca y la altitud, siendo más rápido el desarrollo y mayor el impacto del insecto en localidades con **temperaturas superiores a 21 ° C**, y el desarrollo es menor en sitios con temperaturas medias por debajo de 19 ° C, donde no hay impacto de la broca en la producción de café (Constantino, 2010; Constantino et al., 2011).

Estos cambios de temperatura favorecen o limitan el incremento y desarrollo de la broca del café, es así como durante una época de ocurrencia de El Niño se incrementan considerablemente los niveles de infestación en el árbol, al final del ciclo productivo.

La influencia de la temperatura sobre el proceso de reproducción y el número de descendientes es determinante en muchos casos. Por ejemplo, la duración del ciclo de vida de la broca del café demora 63 días a 19°C y sólo 20,3 días a 30°C, bajo condiciones de laboratorio (Mendes, 1949; Jaramillo *et al.*, 2009). Sin embargo, en el campo los tiempos en la duración del ciclo de vida se alargan, debido a la variación de las temperaturas máximas y mínimas que ocurren durante la noche y el día; es así como a 22 °C el tiempo generacional de la broca tarda en promedio 45 días, mientras que a una temperatura de 19°C en la zona central cafetera, tarda 60 días (Bustillo, 2006).

Humedad relativa. La humedad relativa está estrechamente relacionada con la salida de la broca de los granos. La mayor emergencia de la broca de frutos infestados se incrementa con altas humedades, entre 90% y 100%, y es menor por debajo de 80%. Igualmente, a mayor humedad (90% y 93,5% H.R) se incrementa la fecundidad (Baker *et al.*, 1992). En un estudio en la zona central cafetera se observó que los frutos que cayeron al suelo en períodos secos perduraron más tiempo, y el desarrollo de la broca fue mayor dada la mayor temperatura media; esto en comparación con un período lluvioso, donde la descomposición de los frutos fue rápida, lo cual redujo el alimento disponible y ocasionó

una alta mortalidad de los estados biológicos de la broca (Constantino *et al.*, 2011). En consecuencia, el desarrollo y emergencia de la broca fue menor durante los períodos lluviosos.

Eventos climáticos El Niño y La Niña. En un estudio realizado en la zona central cafetera de Colombia se evaluó el efecto de la variabilidad climática en la dinámica de infestación de la broca del café, en cuatro localidades ubicadas en un gradiente altitudinal entre 1.218 y 1.700 m, en la vertiente occidental de la cordillera Central, en parcelas de *Coffea arabica* de tercera cosecha, de 1 ha, con 5.000 árboles cada una. Los porcentajes de infestación promedio por árbol mostraron que, con un incremento de 1,2°C en la temperatura media entre un evento climático La Niña - El Niño, se incrementaron los niveles de infestación en el árbol al final del ciclo productivo de café (Constantino *et al.*, 2011). Este efecto es mayor en la medida que la altitud disminuye, y por ende, aumenta la temperatura. En este caso, los porcentajes de infestación por broca fueron inferiores al 15%, en temperaturas inferiores a 21,5°C, durante La Niña, pero superiores a 30% a partir de la misma temperatura durante un evento El Niño (Figura 3). **Tanto la temperatura como la humedad relativa están relacionadas con la capacidad que tienen las brocas contenidas en frutos del suelo, de infestar frutos en formación presentes en los árboles de café.**

Estos niveles de infestación en el árbol se producen en gran medida por los frutos infestados por broca, que quedan en el suelo y en el árbol después de la cosecha, los cuales son fuente de dispersión para infestaciones

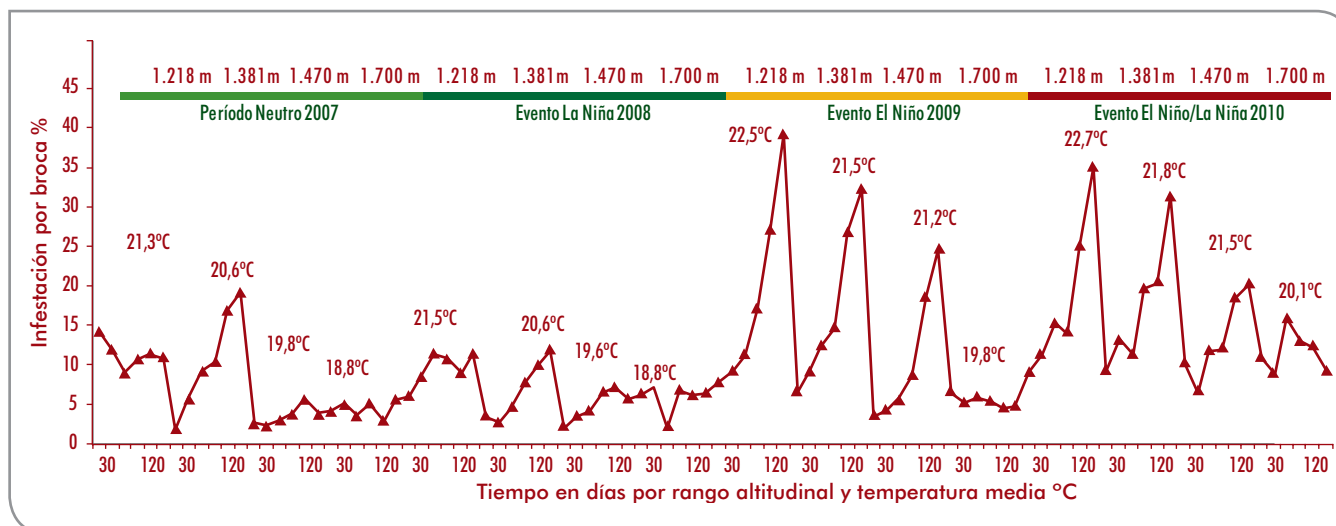


Figura 3.

Efecto de las variables de clima asociadas a los eventos El Niño y La Niña, sobre el porcentaje de infestación por broca en cuatro altitudes a través del tiempo.

posteriores en el árbol. Para corroborar esto, se colocaron dentro de jaulas entomológicas impregnadas con pegante, frutos secos conteniendo en promedio $6,5 \pm 1,5$ estados de broca por fruto. Los promedios de captura de adultos en estas trampas por altitud, indicaron que la broca continuó desarrollándose en los frutos del suelo durante 140 ± 10 días. Las mayores capturas se registraron durante períodos secos con temperaturas superiores a $22,5^\circ\text{C}$ en localidades bajas, mientras que las menores capturas ocurrieron en las localidades a mayor altitud. Los resultados del total acumulado de capturas de broca en 30 trampas a 1.218 m, 1.381 m, 1.470 m y 1.700 m fueron de 4.717, 3.427, 2.091 y 879 adultos, respectivamente, durante un período El Niño, en comparación con un período La Niña, donde el total de capturas fueron de solo 461, 331, 671 y 186 adultos en las mismas localidades (Figura 4).

Los resultados de este estudio muestran que la temperatura parece ser la variable que más influye en el desarrollo de la broca del café, ya que los ciclos de vida se aceleran produciendo mayor cantidad de progenies en menor tiempo, en comparación con las temperaturas más bajas donde el ciclo de desarrollo es más lento y prolongado.

Estos datos ilustran muy bien el efecto que tiene el incremento de la temperatura media del aire durante períodos climáticos El Niño, en la dinámica de infestación de la broca del café, a diferentes altitudes en la zona central cafetera de Colombia. Con un aumento proyectado en la temperatura media anual del aire para el territorio nacional entre 1 y 2°C y variaciones en las precipitaciones de $\pm 15\%$ para los próximos 50 años, se podría predecir un impacto severo de la broca del café en cultivos ubicados en localidades por debajo de los 1.300 m, con temperaturas superiores a 21°C .

Efecto de los frutos del suelo infestados por broca sobre la infestación en el árbol

De acuerdo con Constantino *et al.* (2010), un solo fruto con broca en el suelo permite que se infesten 559 frutos en el árbol, en 5 meses (Un ciclo productivo de café desde el período crítico de ataque de la broca, 3 meses después de floración), en un cafetal localizado a 1.200 m de altitud, en la zona central cafetera, durante un ciclo Neutro; sin embargo, su efecto se incrementa en un año con evento El Niño, y disminuye hasta en tres veces en un período La Niña (Figura 5).

De esta manera, aunque se debe procurar dejar la menor cantidad de frutos en el suelo, el efecto de éstos sobre el ataque de la cosecha, debe medirse de acuerdo a la situación de la finca, la posición altitudinal y las condiciones climáticas que imperan.

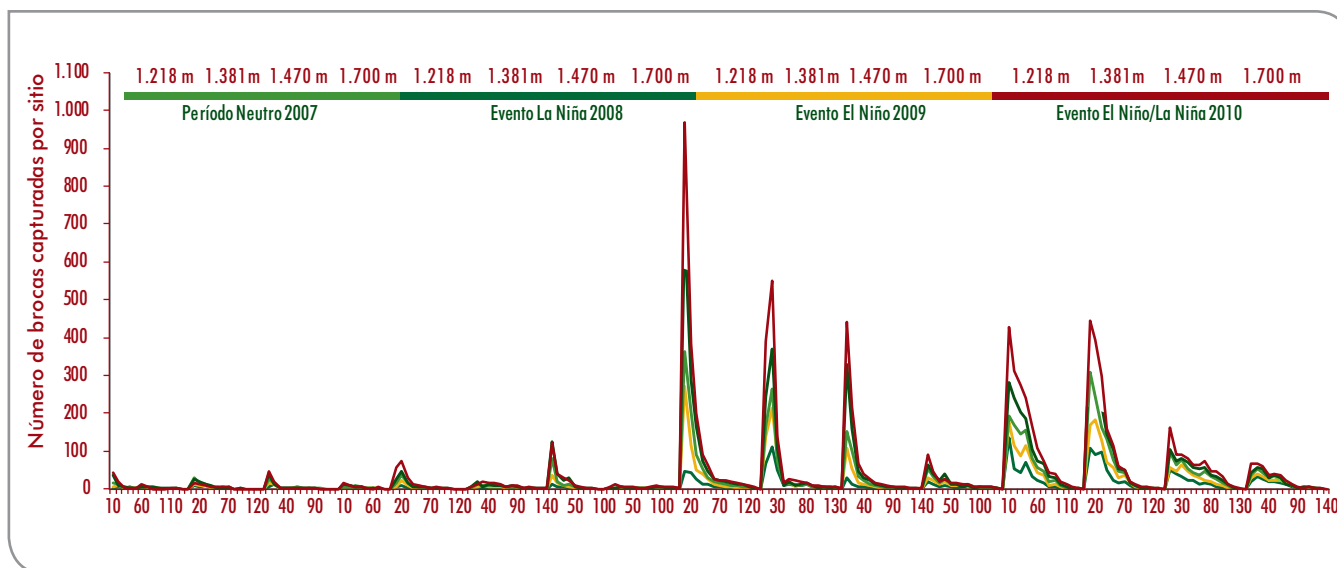


Figura 4.

Emergencia de brocas adultas de frutos del suelo, durante tres períodos climáticos diferentes, en cuatro altitudes.

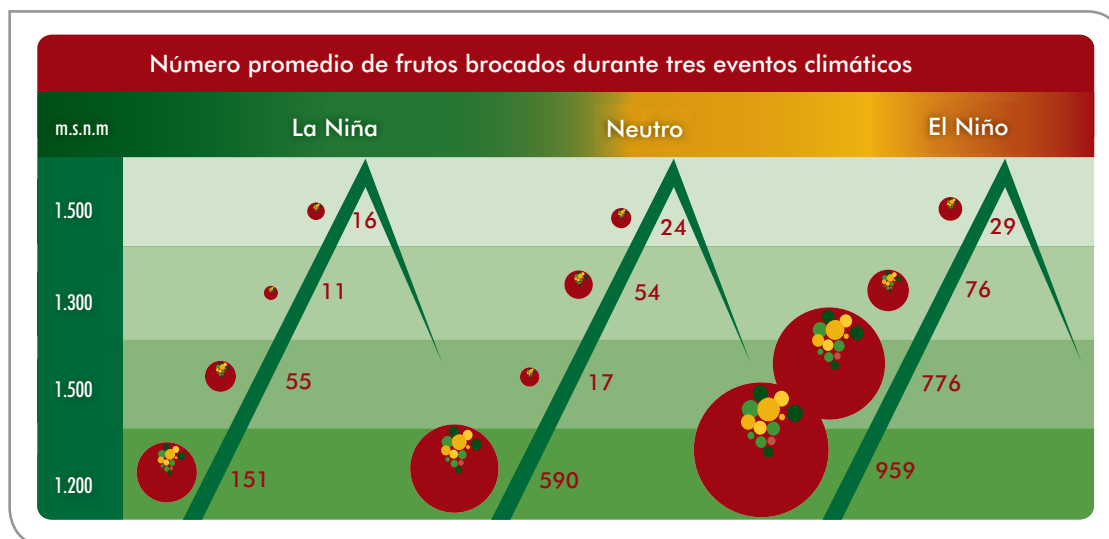


Figura 5.

Promedio de frutos brocados por árbol, a partir de un fruto infestado en el suelo durante tres eventos climáticos.

Manejo integrado de la broca del café

En Colombia se ha diseñado un programa de manejo integrado que permite reducir los niveles de daño económico; este programa de manejo está constituido por varios componentes: Control cultural, control biológico, control genético y control químico (Figura 6), acompañados por unas buenas prácticas agronómicas (Bustillo, 2008).

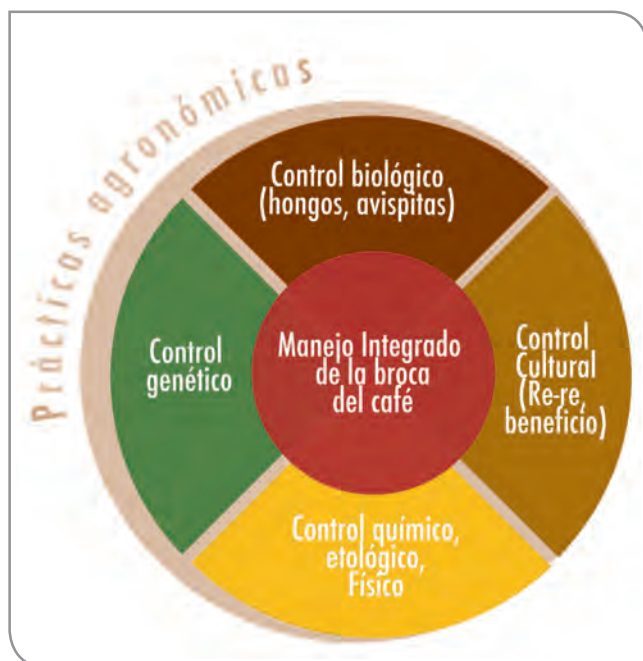


Figura 6.

Componentes del programa de manejo integrado de la broca del café.

El manejo de la broca del café está dirigido a proteger la cosecha del ataque por este insecto.

Control cultural

Al analizar el daño que la broca hace al café y al considerar la biología del insecto y su comportamiento de ataque, es fácil deducir que las labores agronómicas del cultivo, especialmente la cosecha, juegan un papel importante en la reducción de las poblaciones de esta plaga. Se ha demostrado que en los cafetales después de la cosecha, en los árboles y en el suelo, queda un 10% de la producción (Chamorro *et al.*, 1995). La presencia de la broca complica esta situación, dado que se están dejando frutos para que la plaga continúe con su reproducción. Por otra parte, aunque la broca se considera una plaga de la parte aérea del árbol, estudios han demostrado su capacidad de reproducirse en frutos sanos que han caído al suelo (Bustillo *et al.*, 1998). Los frutos que caen al suelo, estén o no infestados por broca, se constituyen en el mayor problema para el caficultor.

Los frutos que normalmente los recolectores no cosechan en el tercio inferior de los árboles, aunque pocos, también son un reservorio muy importante para la reproducción de la broca. Estudios de Cenicafe han demostrado que estos cafetales con mucho follaje en su tercio inferior, se pueden podar apropiadamente para evitar esta infestación.

Los frutos sobremaduros y especialmente los secos, constituyen el reservorio de donde salen las poblaciones de broca que van a dañar la siguiente cosecha. En los frutos secos es frecuente encontrar muchos adultos de broca, que salen tan pronto las condiciones climáticas son favorables. Si estos frutos no se recogen y benefician

inmediatamente, se le da la oportunidad a la broca para que los abandone y vuelva al cafetal.

Consideraciones prácticas

Existen muchas prácticas agronómicas que se pueden llevar a cabo durante el desarrollo del cultivo, y que son muy importantes para mantener bajos niveles de población de broca, la más determinante es la recolección oportuna de los frutos maduros, sobremaduros y secos después de culminada una cosecha. Esta práctica se denomina repase y es la práctica fundamental para mantener bajos niveles de daño por broca en la finca (Cenicafé, 1994).

En Colombia se demostró que las prácticas de cosecha oportuna y recolección de los frutos maduros dejados por los recolectores, contribuyeron a reducir los niveles de infestación de un 70% a menos del 6%, durante un ciclo de cosecha (Saldarriaga, 1994; Peralta, 1995). Estudios posteriores indican que fue factible que los recolectores redujeran el número de frutos que dejan en los árboles, después de un pase de cosecha.

Control biológico

El hongo *Beauveria bassiana* ha sido el principal enemigo natural de la broca del café, desde que esta plaga llegó a Colombia. Durante las cosechas, se recomienda aplicar el hongo en los cafetales que se encuentran en los alrededores del beneficiadero y los puntos de pesaje de café, ya que a partir de estos sitios se dispersa un alto número de brocas que colonizan frutos sanos. También se debe aplicar el hongo en la renovación de cafetales, tanto en el árbol como en el suelo, antes de eliminar las ramas, así como en las ramas de árboles dejados como trampa, ya que de estos sitios emergen altas poblaciones de broca (Góngora, 2011).

Después de la llegada de la broca del café a Colombia, se introdujeron **avispas de origen africano**: La avispa de Uganda, *Prorops nasuta*, la avispa de Costa de Marfil, *Cephalonomia stephanoderis*, y la avispa de Togo, *Phymastichus coffea*. Las cuales se liberaron con el objetivo de establecerlas en los cafetales para regular las poblaciones de la broca.

Las avispas de Uganda y de Costa de Marfil penetran los frutos brocados y depredan todos los estados biológicos de la broca, parasitando las pupas y las prepupas, en las cuales depositan un huevo, así la avispa se desarrolla sobre la broca y causa su muerte. Estas dos avispas son similares en su biología y se diferencian entre ellas porque el adulto de la avispa de Uganda tiene una protuberancia en la cabeza. Los estados inmaduros de estas avispas son difíciles de diferenciar.

Actualmente existe en Colombia un laboratorio de producción de estas avispas para el control de la broca (www.biocafeavispidas.com). Igualmente existen evidencias del establecimiento de la avispa de Uganda en la mayor parte del territorio nacional.

Control químico

El uso de insecticidas para el control de la broca sólo se debe llevar a cabo cuando técnicamente se requiera, o sea que se justifique por los niveles de infestación, en forma localizada, en el tiempo apropiado de ataque de la broca y con la tecnología de aspersión recomendada (Bustillo, 2008).

El control de la broca del café en los cafetales con el uso de insecticidas es variable. Esto se explica por la cantidad de factores que aseguran una correcta aspersión de los productos que han demostrado ser eficaces para el control de la broca. Para explicar estas fallas se han estudiado diferentes factores que lo afectan, como son: La correcta dosificación, la calibración tanto de los operarios como de los equipos, la topografía del terreno, las condiciones ambientales reinantes al hacer las aspersiones y el momento oportuno de las aspersiones, relacionado con el ataque de la broca.

Los insecticidas, independiente de la formulación, sólo son eficaces en el control de la broca cuando ésta se encuentra penetrando los frutos y su uso obedece a un esquema de Manejo Integrado de Plagas –MIP-, donde priman los criterios técnicos para evitar efectos adversos al ecosistema cafetero.

Recomendaciones prácticas de manejo de la broca

Recomendaciones durante el control cultural

Lleve registros de las floraciones. Esta información permite determinar los períodos críticos de ataque de la broca (Figura 7). Cuando el mayor porcentaje de los frutos de las cosechas principales tengan más de 120 días de formación, se debe estar atento al comportamiento de la broca en el cafetal. Se recomiendan las siguientes labores para proteger estos frutos:

- 1. Realice el repase en el momento oportuno.** El repase se define como la recolección de frutos de café secos, sobremaduros y maduros de los árboles, y si es necesario del suelo, una vez hayan finalizado los períodos de cosecha principal y mitaca, lo que indica que debe realizarse una o dos veces al año. **Esta práctica junto con la recolección oportuna es lo que se denomina el Re-Re.**

¿Cuándo debe realizarse el repase en los cafetales? Se recomienda realizar el repase dos a tres semanas después de realizada la última recolección de la cosecha principal o mitaca, momento que coincide con el período crítico del ataque de la broca (Figura 7) (Benavides, 2012).

Para las regiones cafeteras donde existen dos cosechas al año, el repase que se realiza entre los meses de diciembre-enero, protege únicamente los frutos en formación de la cosecha del primer semestre que se está formando, mientras que el

repase de mayo-julio, protege los frutos en formación del segundo semestre del año. Por lo tanto, **los mayores esfuerzos deben estar dirigidos a proteger la cosecha más abundante; es decir, para la zona central cafetera, el primer repase del año protege la mitaca, y el segundo repase protege la cosecha principal** (Benavides, 2012).

En aquellas regiones de la zona central cafetera donde la travesía es menor en volumen comparativamente con la cosecha principal (20% primer semestre, 80% segundo semestre), es más importante el repase que se hace entre los meses de mayo y julio, ya que está dirigido a proteger la cosecha principal. En las regiones del país donde solo existe una cosecha al año, la cual representa alrededor del 95% del volumen del café cosechado, se recomienda realizar un repase riguroso para eliminar la totalidad de los frutos que quedan en los árboles, una vez finalice la cosecha. De esta manera, se rompe el ciclo biológico de la broca y se aseguran cantidades mínimas que puedan infestar la cosecha siguiente (Benavides, 2012).

- 2. Evalúe el nivel de infestación en los lotes de café.** El nivel de infestación de la broca se establece para cada lote, en donde se deben seleccionar 30 árboles en un recorrido en zigzag, cruz o al azar. En cada árbol se selecciona la rama más productiva (30 a 100 frutos), en ella se cuenta el número de frutos, y de éstos, los infestados por broca. Esta actividad se recomienda realizar después de las recolecciones a partir del período crítico de ataque de la broca. El porcentaje de infestación por lote se determina de la siguiente manera:

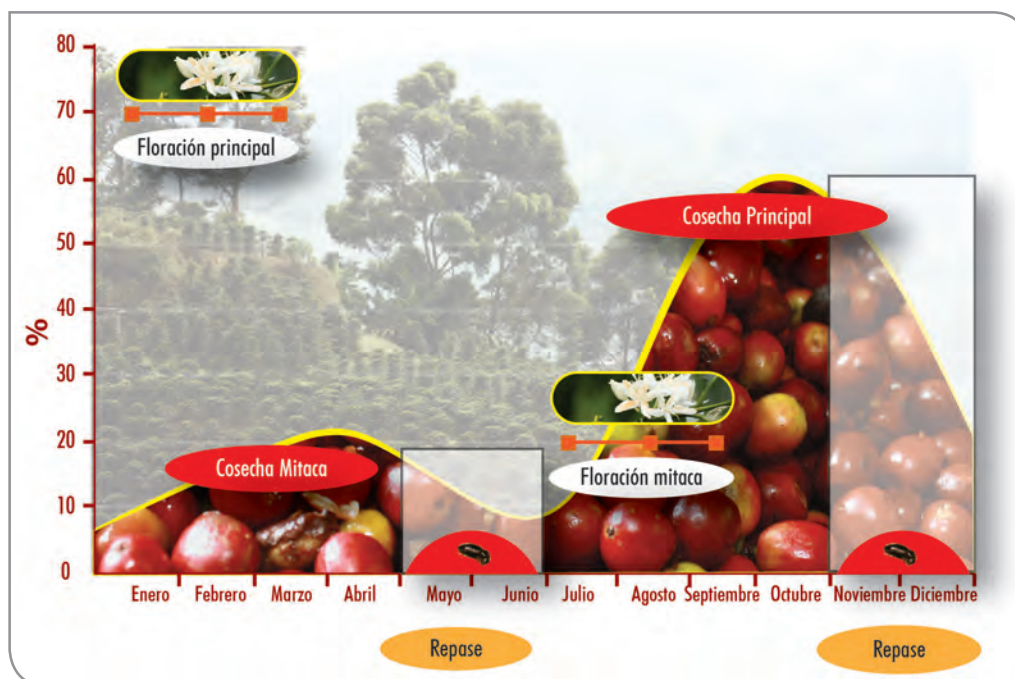


Figura 7.

Épocas de repase para el manejo de la broca del café.

$$\text{Porcentaje de Infestación (\%)} = \frac{\text{Número de frutos brocados}}{\text{Número de frutos totales}} \times 100$$

Evalúe la posición de penetración de la broca en el fruto.

Esta práctica es muy importante para tomar decisiones oportunas de manejo, en especial con insecticidas químicos y bioinsecticidas como el hongo *Beauveria bassiana*. Para obtener esta información, en el recorrido realizado durante la evaluación de infestación por broca, se deberán recolectar 100 frutos de café infestados por broca al azar. Se debe determinar la posición de la broca en cada uno de ellos (Figura 8).

- 3. Evite la dispersión de la broca durante la recolección y el beneficio del café.** En los cafetales ubicados en la zona central cafetera se estimó que durante la cosecha principal se recolecta entre 66% y 74% de toda la broca presente en los cafetales. Esta broca es depositada en los costales y sometida al proceso de beneficio del café. Durante el beneficio, muchas de estas brocas mueren, pero otra parte vuela y se dispersa nuevamente a los cafetales. Se ha demostrado que la broca regresa al cafetal a partir de los costales que permanecen en el cafetal durante la recolección y durante el secado de flotes y pasilla. La cantidad de broca que vuela de los otros procesos, como son los tanques de fermentación, el secado de café pergamino o las fosas de pulpa, son mínimas. Por estas razones se tienen las siguientes recomendaciones:

- Durante la recolección utilice costales de fibra en buen estado y manténgalos amarrados durante el tiempo que permanezcan dentro del cafetal.
- Pese dos veces el café cereza, al medio día y en la tarde.
- Deposite el café cereza en la tolva de recibo inmediatamente lo pese. Cubra la tolva con un plástico impregnado de pegante.
- Seque las pasillas y los flotes resultantes del beneficio de café en marquesinas plásticas, en el silo mecánico, o en su defecto solarice este café antes de secarlo de la siguiente manera: Deposite las pasillas y los flotes en un recipiente plástico, cubierto con plástico, durante 48 horas, o cubra con un plástico la helada de secado del café, durante 48 horas (Benavides, 2010).



Figura 8.

Posiciones de penetración de la broca del café cuando perfora los frutos.

Siguiendo estas recomendaciones se capturará el 97% de los adultos de broca que regresan al cafetal, durante la recolección y el beneficio del café.

Control químico y biológico

El control con insecticidas químicos o biológicos se recomienda siempre y cuando la infestación por broca sea igual o mayor al 2% y más del 50% de las brocas estén en posición de penetración A y B (Figura 8). Si estas dos condiciones no se cumplen, no aplique ningún producto, lo más probable es que pierda su dinero.

¿Qué insecticidas pueden aplicarse? Se recomiendan los insecticidas químicos a base de los siguientes ingredientes activos y concentraciones: clorpirifos

(6 cc.L⁻¹), fenitrotion (6 cc.L⁻¹), fentoato (6 cc.L⁻¹), un producto de chlorantraniliprole + thiamethoxam (1,4 cc.L⁻¹) y cyantraniliprole (6 cc.L⁻¹).

Igualmente, se recomiendan los insecticidas biológicos o bioinsecticidas que contengan el hongo *Beauveria bassiana*. La concentración de aplicación debe ser de 2×10^{10} esporas/L. Para la aplicación de los insecticidas y del hongo es necesario que siga las recomendaciones de tecnologías de aspersión y calibración.

Es necesario tener en cuenta que:

- La broca no llega inmediatamente a la almendra
- La broca prefiere frutos maduros
- El control de la broca en frutos maduros se hace con la recolección

Se debe de dejar un tiempo entre la aplicación de un insecticida y la cosecha. Este tiempo se conoce como período de carencia y en la etiqueta del producto lo encuentra, también puede consultar a su técnico del Servicio de Extensión.

¿Cómo manejar la broca durante el zoqueo de los cafetales? El zoqueo de cafetales infestados por la broca del café es la práctica agronómica que mayor plaga dispersa en los cafetales colombianos.

En Colombia, se evaluó la población de broca que queda en un cafetal y se dispersa a cafetales vecinos después de la renovación de cafetales infestados. Se encontró que si no se cosechan los frutos antes de la renovación, podrían quedar en el suelo al menos 5,8 millones de brocas por hectárea renovada. Estas brocas continuaron su reproducción en los frutos de café aun después de tres meses de estar en el suelo. Se calculó que volaron por hectárea entre 2,6 y 3,6 millones de hembras adultas de broca, de las cuales el 80% volaron durante los primeros 70 días. Los adultos restantes que volaron lo hicieron hasta 150 días después del corte de los árboles (Castaño *et al.*, 2005).

Se estima que entre 1,7 y 4,5 millones de brocas pueden volar a partir de un cafetal infestado en eventos La Niña y El Niño, respectivamente. Esto indica que se tiene un flujo constante de brocas hacia los cafetales vecinos, lo que dificulta su control. Esta información ratifica la necesidad de seguir las recomendaciones de Cenicafé sobre zoqueo (Benavides, 2010), las cuales son:

1. Renueve el cafetal una vez finalice la cosecha principal. No se debe prolongar más allá de febrero para regiones donde la cosecha principal ocurre en

el segundo semestre del año, ni de septiembre para las zonas donde la cosecha principal se realiza en el primer semestre del año.

2. Deje árboles con frutos en los alrededores del cafetal y en los caminos, con el fin de que actúen como árboles trampa.
3. Antes de cortar los árboles, realice la cosecha sanitaria, que consiste en la recolección manual asistida con guantes de vaqueta, carnaza o ingeniero, de los frutos verdes, maduros y secos. Utilice el recipiente recolector tradicional y no coseche los árboles trampa.
4. Aplique el hongo *Beauveria bassiana* al suelo, en una concentración de 2×10^{10} esporas/L de agua, después de la cosecha sanitaria, antes de cortar las ramas de los árboles, y 15 días después.
5. Proceda con la eliminación de las ramas de los árboles, excepto de los árboles trampa. Coseche los frutos maduros de los árboles trampa cada 15 días y elimínelos después de dos meses y medio, previa cosecha sanitaria de los mismos.
6. Evalúe el porcentaje de broca en los primeros surcos de los cafetales vecinos. Si es necesario, aplique un insecticida químico o biológico, como se recomendó anteriormente.

El minador de las hojas del cafeto

Leucoptera coffeellum (Lepidoptera: Lyonetiidae)



El minador de las hojas del cafeto *Leucoptera coffeellum* (Guerin-Meneville) es un microlepidóptero de la familia Lyonetiidae, distribuido en toda la región Neotropical, donde se cultiva café. Fue descrita originalmente de las islas de Guadalupe y Martinica en el año de 1842, con el nombre de *L. coffeella* (Guerin-Meneville), considerado por varios autores como un sinónimo (Cantor y Cárdenas, 2001).

Recientemente, se pudo esclarecer que las especies de minador del café en África eran un complejo de tres especies diferentes: *L. meyricki* Ghesquiere, 1940, *L. comma* Chesquiere, 1940 y *L. coffeina* Washbourn, 1940, y que la especie que se encuentra en Centro América y Suramérica es *L. coffeellum* Guerin-Meneville (Bradley, 1958). Esta especie se registró originaria de las Islas de la Reunión, al Este de África en el océano Índico (Green, 1984), dato que requiere corroboración.

En Colombia, el minador de las hojas del cafeto se encuentra distribuido en las tres cordilleras del país, en cafetales situados por debajo de los 1.300 m, en zonas bajas, en condiciones de humedad relativa entre 75% y 85% y temperatura entre 22 y 25 °C, afectando plantaciones de café de todas las edades, a plena exposición solar y aquellos con sombrío regulado (Cárdenas y Benavides, 1974; Cárdenas, 1991; Bustillo, 2008). Sin embargo, durante los últimos años se han venido presentando ataques de esta plaga en localidades a 1.500 y 1.700 m de altitud, en algunos municipios de Caldas, Cauca, Tolima y Valle, lo que hace suponer que las poblaciones de minador en el país se han venido desplazando por encima del rango térmico promedio altitudinal, reportado para esta especie en la literatura (Constantino *et al.*, 2011).

L. coffeellum es una especie estacional, de mayor prevalencia en períodos de verano y durante eventos climáticos El Niño. Es una especie que se presenta con mayor incidencia en localidades bajas, en cultivos de café menores de 18 meses de edad, en lotes que presentan fertilización deficiente, y en suelos desnudos, carentes de arvenses nobles, donde se han aplicado herbicidas de forma generalizada. Igualmente, es una especie muy sensible cuando se aplican insecticidas de amplio espectro de acción, para el control de otras plagas con lo

cual se generan desequilibrios ecológicos, al eliminar la fauna benéfica que regula naturalmente las poblaciones de minador.

L. coffeellum presenta una gran cantidad de **enemigos naturales** primarios en la región Neotropical que coexisten con el minador de la hoja del cafeto (55 especies), de los cuales se tienen reportados **43 especies de parasitoides y 12 especies de depredadores** (Waller, *et al.*, 2007); de éstos, 15 especies de parasitoides y 8 especies de depredadores se encuentran registrados en Colombia controlando naturalmente las poblaciones del minador (Cárdenas, 1991; Constantino *et al.*, 2011). **Este gran arsenal de enemigos naturales con los que se cuenta ha permitido mantener las poblaciones de minador del cafeto en Colombia bajo control. Esto explica el incremento las poblaciones de minador de forma desmedida cuando se presenta un desequilibrio ecológico como consecuencia del mal uso de insecticidas de amplio espectro de acción utilizados para el control de otras plagas.**

La dinámica de infestación del minador de la hoja del café está influenciada por los factores climáticos como la temperatura, la precipitación, la altitud, la humedad relativa y la edad del cultivo, aunque ataca cultivos de todas las edades, tiene preferencia por aquellos menores de 18 meses. La temperatura es una de las variables climáticas que mayor influencia tienen en el aumento poblacional de minador, es así como por cada grado que se aumente, es posible incrementar una generación más, al año. Si la temperatura promedio es de 18 °C es posible obtener seis generaciones al año, mientras que con 22 °C se obtienen diez generaciones. Por lo tanto, con el aumento de temperatura se incrementan los niveles de la plaga y, por consiguiente, el daño en el cafetal (Parra, 1985; Lomelli *et al.*, 2010).

Biología y hábitos

Desarrollo del minador de las hojas del cafeto

El adulto es una mariposa diminuta de 2,5 mm de largo, blanco plateado, con un penacho de escamas en la cabeza. Las alas en la parte apical presentan cada una un ocelo negro, con un punto plateado en el centro, bordeado de una mancha anaranjada y dos líneas paralelas de color pardo, ubicadas en el margen. Los adultos son de hábitos nocturnos y en el día permanecen ocultos en el envés de las hojas. Se les puede observar volando durante el día cuando está nublado y cuando se sacuden las ramas inferiores de las plantas de café afectadas con minas. Durante la noche la hembra puede depositar entre tres a siete huevos en la haz de las hojas. En su corta vida, que dura de 2 a 3 semanas, pone aproximadamente 70 huevos (Cárdenas, 1991).



Continúa...

...continuación

Los huevos recién puestos son cristalinos, de forma ovalada, con una ligera cavidad en la parte superior.



A los 7 días, la larva emerge por la parte inferior del huevo y empieza a consumir la parte superior de la epidermis de la hoja, penetrando el mesófilo del tejido donde empieza a minar las hojas en su interior, formando galerías de forma irregular. Estas lesiones se necrosan y se secan, tornándose de color café marrón.



Cuando hay varias posturas en una misma hoja, las minas se pueden juntar formando lesiones grandes, que pueden necrosar más del 50%-80% de la hoja. Las larvas alcanzan una longitud de 4 mm y son de color crema translúcida, con los anillos del cuerpo constreñidos en forma de tornillo. El estado de larva dura 2 semanas y pasa por cuatro mudas. Cuando la larva completa su desarrollo, ésta rompe la epidermis de la hoja haciendo un corte en forma de media luna en el margen de la mina.



Esta larva se descuelga por un hilo de seda que produce con el aparato bucal y se dirige hacia las hojas del tercio inferior del árbol de café, donde forma el capullo en el envés de las hojas del cafeto. Antes de empupar, la larva teje hilos de seda blancos en forma de "X" para cubrirse y transformarse en pupa. El estado de pupa dura entre 5 a 8 días, de los capullos emergen los adultos. Una vez se aparean la hembra empieza a depositar sus huevos a los 2 días para iniciar un nuevo ciclo. El ciclo completo desde huevo hasta adulto dura en total 32 a 45 días, con temperaturas de 27 a 20°C, respectivamente (Parra, 1985).



Daños que produce el minador de las hojas del cafeto

El daño lo ocasiona la larva cuando se alimenta de la hoja. Una sola larva puede consumir entre 1,0 y 2,0 cm² de área foliar durante su desarrollo y causar la necrosis o daño de más del 80% de las hojas, cuando varias minas se juntan (Cárdenas, 1991). La alta incidencia de minador puede ocasionar la defoliación de las hojas afectadas, la cual está directamente relacionada con la intensidad del ataque y el período en el que éste ocurre. De acuerdo con Souza *et al.* (1998), las altas defoliaciones pueden afectar la formación de botones florales y consecuentemente afectar la producción de frutos. Nantes y Parra (1977), en un estudio en el Brasil, reportan que caídas del 25%, 50% y 75% del follaje resultaron en pérdidas de producción de café del 9,10%, 23,53% y 87,24%, respectivamente.

Paliz y Mendoza (1993) indican que cuando los ataques de minador coinciden con las épocas de floración se presentan pérdidas de rendimiento en la producción de frutos, que pueden superar el 50%; sin embargo, se ha notado que las plantaciones con buena fertilización son menos propensas a la defoliación.

Acciones ante el ataque del minador en el cafetal

Determine el porcentaje de daño en el lote de café

Para esto se seleccionan 30 árboles de forma aleatoria, en el lote donde se presenta daño por *L. coffeellum*. De

cada árbol seleccionado y marcado se seleccionan tres ramas opuestas de la parte media del árbol, donde se contabiliza el número total de hojas por rama y el número de hojas con minas activas, de acuerdo a la Ecuación 1:

Ecuación 1

$$\%HM = \frac{THM \times 100}{TH}$$

Donde:

%HM: Porcentaje de hojas minadas

THM: Total de hojas minadas

TH: Total de hojas contabilizadas

Con esta información se determina el porcentaje de daño en el lote, en cada fecha de evaluación. Se considera crítico para el cultivo de café si el porcentaje de hojas minadas es mayor del 30%.

Si los porcentajes de hojas minadas son menores al 30%, se debe continuar con el monitoreo de las poblaciones en el lote, evaluando los árboles seleccionados cada 8 días. La toma de decisión de realizar una medida de control no solo dependerá del nivel de infestación, sino también del porcentaje de hojas con minas activas y el porcentaje de depredación y parasitismo, que pueden disminuir considerablemente los niveles de ataque de la plaga.

Para evitar un sesgo o error en la determinación del porcentaje de daño en el lote, es necesario contabilizar sólo las minas activas, ya que se pueden presentar lesiones o daños viejos en una misma hoja, con lo cual se estaría sobrestimando el nivel de daño en el lote al momento de hacer la evaluación.

Consideraciones prácticas

Es fundamental monitorear y revisar los cafetales de forma permanente en épocas de verano, para detectar focos cuando aparezcan las primeras minas y determinar de estas minas cuál es el porcentaje de parasitismo, para no incurrir en aplicaciones innecesarias de insecticidas de amplio espectro de acción, que finalmente agravan el problema y acaban con la fauna benéfica.

Determine el porcentaje de parasitismo del minador

Los parasitoides del minador de la hoja del café presentes en Colombia pertenecen a diferentes especies de avispas de la familia Eulophidae, que se distinguen por presentar coloraciones iridiscentes, con visos verdes o azules metalizados en todo el cuerpo. Los parasitoides usan estímulos olfativos, visuales y vibraciones como señales para la búsqueda del huésped.

Diferencie una mina activa de una mina inactiva o parasitada

Una **mina activa** se reconoce por el halo de color amarillo claro y translúcido alrededor de la lesión necrosada. Igualmente, una mina inactiva puede ser una mina que ha sido parasitada o depredada, es decir, que la larva ya no está en condición de hacer más daño en la hoja y es incapaz de convertirse en adulto.

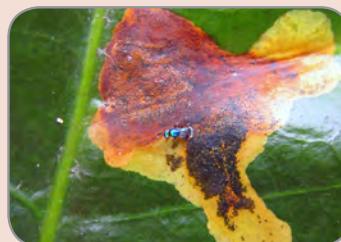


Una **mina inactiva o con daño viejo**, no presenta halo amarillo alrededor de la lesión necrosada y el tejido de la lesión es reseco y quebradizo al tacto, con presencia de grietas o cortes en forma de media luna, lo que indica que la larva ya emergió de ésta y se convirtió en pupa.



Desarrollo de parasitoides sobre el minador de las hojas

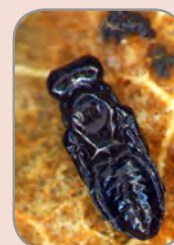
Una vez la avispa se posa sobre las hojas afectadas y detecta la larva del minador, introduce su ovipositor, en forma de aguja, que perfora la epidermis de la hoja hasta alcanzar la larva para introducirle un huevo.



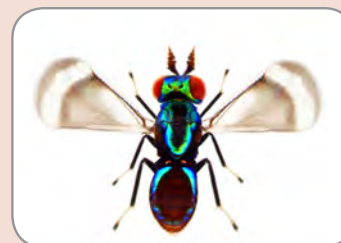
Del huevo eclosiona una larva que vive como ectoparásito o endoparásito según la especie, es decir, se desarrolla sobre el hospedante o dentro del mismo. De esta forma se desarrollan sobre el hospedante durante su ciclo larval, paralizando la presa de la cual succiona los fluidos corporales lentamente hasta desecarla y matarla.



Los parasitoides empupan dentro de la mina y se reconocen por su tono negro brillante y la forma de pupa de tipo exarata, que muestran claramente las partes del futuro adulto.



Al cabo de unos 20-25 días después de haber completado su ciclo, las avispas emergen perforando con sus mandíbulas, orificios circulares pequeños, en la superficie de la mina.



El parasitoide adulto es un animal de vida libre que se alimenta del néctar de las flores de arvenses que se encuentran en las calles del cafetal.

Para obtener el porcentaje de parasitismo del minador de las hojas del cafeto, es necesario levantar la dermis de la mina con la punta de un alfiler, para determinar el número de larvas que no están parasitadas y el número total de larvas parasitadas, a partir de un total de 100 hojas con minas activas examinadas. Estas hojas son tomadas de los árboles durante la evaluación del porcentaje de infestación del lote. A estas minas se les contabiliza el número de larvas totales y el número de larvas parasitadas, para determinar el porcentaje de parasitismo.

Las larvas parasitadas se reconocen porque están paralizadas e inmóviles al tacto por la presencia de larvas y pupas de parasitoides.

Otra forma de determinar el porcentaje de parasitismo, aunque tarda más tiempo, es mediante la recolección de 100 hojas con minas activas de forma aleatoria del lote afectado, para lo cual es necesario recortar la mina con una tijera y depositarla dentro de un recipiente con ventilación a temperatura ambiente, tapado con tela muselina de poro fino, para evitar que los adultos de las avispas escapen. Al cabo de 20-30 días, dependiendo de la temperatura, emergen los parasitoides, con lo cual se puede estimar el porcentaje de parasitismo, contabilizando el número total de avispas en el recipiente.

Estudios realizados en Cenicafe determinaron el efecto del control biológico natural con los parasitoides *Closterocerus coffeellae* y *Horismenus cupreus* sobre las poblaciones de minador en el municipio de Neira (Caldas), evaluando el porcentaje de parasitismo, cada 15 días, donde se logró una reducción del 67% del nivel de daño del minador, al cabo de 3 meses y que permitieron mantener las poblaciones de *L. coffeellum* por debajo del umbral de daño económico, sin aplicaciones de insecticidas químicos (Constantino *et al.*, 2011).

Recomendaciones para el manejo integrado del minador de la hoja del cafeto

El manejo del minador debe contemplar un conjunto de prácticas de control integrado:

Control biológico

Las poblaciones de minador en Colombia son reguladas naturalmente por 15 especies nativas de parasitoides, por lo tanto, es importante mantener la fauna benéfica en la finca, evitando el uso indiscriminado de insecticidas. Se recomienda hacer un control selectivo de arvenses nobles, de manera que el suelo mantenga cobertura de plantas nectaríferas y melíferas, que sirvan de albergue y sustrato alimenticio para los parasitoides y depredadores.

En la Tabla 2 se relacionan las especies de parasitoides y depredadores del minador reportados para Colombia (Cárdenas, 1991; Lomelli, 2007; Waller *et al.*, 2007). De todas las especies de parasitoides halladas en la zona central cafetera, la principal y más abundante es *Closterocerus coffeellae*.

Las larvas de minador son depredadas por avispas del género *Polistes* sp. y *Polybia* sp. (Hymenoptera:Vespidae),

sin embargo, la acción de éstos es mucho menor en comparación a los parasitoides. Las minas depredadas se reconocen por el corte bilacerado que hacen las avispas con sus mandíbulas, para extraer y devorar las larvas de minador. Igualmente, las larvas de *chrysopa* depredan las larvas de minador.

Las poblaciones del minador en todos sus estados biológicos son altamente susceptibles al ataque del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae*, según experimentos realizados en Brasil (Villacorta, 2003). También se tiene reportado el posible ataque del hongo *Beauveria bassiana* sobre pupas de minador (Cárdenas, 1991).

Control etológico

La principal forma de comunicación entre los insectos es a través de los olores, la hembra adulta de minador es capaz de avisar al macho, mediante señales químicas, cuando está lista para ser copulada, con la emisión de una feromona sexual. Las feromonas son señales químicas volátiles que son recibidas por otro insecto de la misma especie y pueden causar un comportamiento como la cópula (Jones, 1998). En el caso del adulto macho del minador, éste percibe la feromona de la hembra y emprende su búsqueda hasta encontrarla y fertilizarla. Francke *et al.* (1988), identificaron los componentes principales de la molécula de esta feromona. Una vez conocida la molécula química fue posible sintetizarla y producirla masivamente para usarla como cebo en trampas para monitoreo de la plaga o también para utilizarla en la técnica de confusión sexual (Ambrogi *et al.*, 2006).

Esta técnica consiste en saturar el ambiente con la feromona para que los machos no puedan distinguir las señales enviadas por las hembras, siguiendo falsas pistas emitidas por los liberadores de la feromona sintética, porque quedaría con su sistema olfativo saturado o porque simplemente los machos quedarían perdidos por la cantidad de señales enviadas en el campo. Con el perfeccionamiento de esta técnica se podría controlar esta plaga evitando el uso de insecticidas químicos que han causado problemas de resistencia y desequilibrios en el agroecosistema en Brasil.

La utilización de monitoreo de adultos de *L. coffeellum* utilizando trampas fue probada y validada en Brasil (Bacca *et al.*, 2006), donde es considerada la principal plaga de café. Es posible monitorear las poblaciones de machos adultos de *L. coffeellum* existentes en 4 ha de café (Topografía plana y distancia de siembra de 2,5 x 5,0 m) con una sola trampa conteniendo la feromona sintética.

Familia/Taxón	Estado de desarrollo utilizado del hospedante	Comportamiento
Hymenoptera: Eulophidae		
<i>Achrysocharoides</i> sp.	Larva del minador	Endoparasitoide
<i>Aprostocetus</i> sp.	Larva del minador	Ectoparasitoide
<i>Cirrospilus</i> sp.	Larva del minador	Ectoparasitoide
<i>Chrysocharis</i> sp.	Larva del minador	Endoparasitoide
<i>Chrysocharis livida</i>	Larva del minador	Endoparasitoide
<i>Closterocerus coffeellae</i>	Larva del minador	Endoparasitoide
<i>Closterocerus lividus</i>	Larva del minador	Endoparasitoide
<i>Eulophus</i> sp.	Larva del minador	Ectoparasitoide
<i>Elachertus</i> sp.	Larva del minador	Ectoparasitoide
<i>Horismenus cupreus</i>	Larva del minador	Ectoparasitoide
<i>Pnigalio sarasolai</i>	Larva del minador	Ectoparasitoide
<i>Tetrastichus</i> sp.	Larva del minador	Ectoparasitoide
<i>Zagrammosoma multilineatum</i>	Larva del minador	Ectoparasitoide
<i>Zagrammosoma zebrilineatum</i>	Larva del minador	Ectoparasitoide
<i>Proacrias coffeae</i>	Larva de parasitoide	Hiperparasitoide
Hymenoptera: Braconidae		
<i>Allobracon primus</i>	Larva	Endoparasitoide
Hymenoptera: Vespidae		
<i>Polistes</i> sp.	Larva	Depredador
<i>Polybia</i> sp.	Larva	Depredador
Neuroptera: Chrysopidae		
<i>Chrysoperla</i> sp.	Larva	Depredador

Tabla 2.

Lista de parasitoides y depredadores de *L. coffeellum*, de acuerdo al estado de desarrollo que parasitan y el tipo de comportamiento (ectoparasitoide/ endoparasitoide/ depredador) reportados para Colombia.

Control químico



En Colombia no se justifica el uso de insecticidas químicos para el control del minador del café, debido a que en la mayoría de los casos las poblaciones de esta plaga son controladas por los enemigos naturales nativos.

Antes que comience la época seca de verano, especialmente cuando se anuncia la llegada de un evento El Niño, se recomienda limpiar únicamente los

platos de los árboles de los cafetales en crecimiento vegetativo (menores de 2 años), y dejar las calles con arvenses de hoja ancha, que florezcan, las cuales atraerán y mantendrán las poblaciones necesarias de avispa enemiga natural del minador, de tal manera que la plaga estará bajo control.

En Brasil, esta plaga se tiene reportada desde 1851 y sólo hasta 1970 empezó a causar pérdidas de importancia económica, debido al cambio de las condiciones agroecológicas en las cuales la plaga se mantenía en equilibrio con los controladores biológicos (Souza et al., 1988). El aumento del área de café condujo a la modificación de las distancias de siembra y al uso masivo de herbicidas, los cuales afectaron los enemigos naturales, posiblemente por la eliminación de plantas que sirven de refugio y alimento a los enemigos naturales, con lo cual se produjeron explosiones de la plaga que han sido manejadas con control químico (Souza et al., 1988). Esta dependencia a los insecticidas, la cual ha aumentado

los costos de producción en Brasil, ha conllevado a la aparición de insectos resistentes, lo cual además ha creado una alta dependencia al uso de pesticidas, hasta contar con alrededor de 83 productos comerciales para el control de esta plaga, que corresponde a más de 30 ingredientes activos (Ministerio de Agricultura de Brasil, 2011).

Consideraciones prácticas

Es necesario proteger al máximo los enemigos naturales del minador del café en Colombia, para evitar la dependencia de insecticidas y contribuir con la economía del caficultor y la protección del agroecosistema cafetero.

Resistencia varietal

Otra estrategia de manejo del minador es a través de la resistencia varietal, la que consiste en obtener o seleccionar variedades de café que tengan algún metabolito secundario o compuesto químico que cause detrimento en el desarrollo del insecto (antibiosis), o a través de plantas que produzcan barreras de tipo físico como el espesor de la hoja, o químico, con el que eviten que el insecto deposite sus huevos o se alimente (antixenosis).

Para el caso del minador se han identificado diferentes niveles de resistencia en el género *Coffea* (Guerreiro, 2006). Las especies *C. stenophylla*, *C. salvatrix*, *C. liberica* var *liberica*, *C. brevipes*, *C. jasminoides* y *C. farafaganensis* de origen africano, han sido consideradas resistentes, debido a la alta mortalidad de las larvas, y como consecuencia, se da la reducción del área foliar lesionada. *Coffea kapakata*, *C. eugenioides*, *C. racemosa*, *C. liberica* var. *dewevrei*, *C. humilis*, *C. tetragona*, *C. tsirananae*, *C. resinosa*, *C. millotii*, *C. bertrandii*, *C. dolichophylla* y *C. bonnierii* son consideradas moderadamente resistentes, y *C. congensis*, *C. sessiliflora*, *P. travancorensis* y *C. perrieri*, moderadamente susceptibles a *L. coffeellum*.

Otra forma de obtener plantas de café con resistencia al minador es mediante el uso de la biotecnología, a través de la incorporación de genes de organismos diferentes al café como es el caso del gen cry1Ac, de la bacteria entomopatógena *Bacillus thuringiensis*, que es específica para el control de larvas de lepidópteros. Perthuis et al. (2005), desarrollaron plantas de café modificadas genéticamente con la incorporación de un gen sintético

cry1Ac, las cuales presentaron una resistencia estable al minador en el campo, durante 4 años, en la Guayana Francesa.

Cochinillas harinosas de las raíces del cafeto



Las cochinillas harinosas de las raíces del cafeto son consideradas una plaga endémica, es decir, son habitantes naturales que siempre han estado en poblaciones constantes, alimentándose de varias especies de plantas; sin embargo, cuando son dispersadas y se presentan condiciones favorables en el suelo, pueden convertirse en plaga del café, afectando su producción. Estos insectos se localizan en las raíces de los árboles de café, tanto en almácigos como en plantaciones establecidas.

En estudios realizados en Colombia, en los departamentos de Caldas, Cauca, Cundinamarca, Norte de Santander, Quindío, Risaralda, Santander y Tolima, se identificaron las especies de cochinillas harinosas más limitantes de la producción de café en el país (Tabla 3). *Puto barberi* (Cockerell) la que predomina (Figura 9a); *Pseudococcus jackbeardsleyi* Gimpel & Miller y *Dysmicoccus texensis* (Tinsley), que han tomado importancia, debido a que son cochinillas que se enquistan en las raíces y en el cuello del árbol (Figura 9b); así como *Dysmicoccus* spp. (Figura 9c) y *Neochavesia caldasiae* (Balachowsky) (Figura 9d) (Villegas et al., 2008, Villegas et al., 2009a y Villegas et al., 2009b).

En menor importancia y prevalencia se encuentran *Rhizoecus* sp. (Figura 10a) y *Geococcus coffeae* Green

Departamento	<i>Puto</i> sp.	<i>Dysmicoccus</i> sp.	<i>Neochavesia</i> sp.	<i>Geococcus</i> sp.	<i>Rhizoecus</i> sp.	<i>Pseudococcus</i> sp.
Caldas	85,29	2,69	3,34	1,02	1,03	0,52
Cauca	100,00	2,33	0,0	2,00	0,00	0,00
Cundinamarca	94,86	1,79	0,94	0,00	0,09	1,52
N. de Santander	93,48	1,83	9,24	0,41	0,00	2,90
Risaralda	64,64	2,84	23,67	0,74	0,70	9,60
Santander	87,6	1,53	13,00	0,34	0,28	1,80
Tolima	76,17	2,44	0	7,3	2,5	1,50
Promedio	86,00	2,20	7,17	1,60	0,66	2,54

Tabla 3.

Géneros de cochinillas registrados en los departamentos de Caldas, Cauca, Cundinamarca, Norte de Santander, Risaralda, Santander y Tolima (N=30) y porcentaje de árboles afectados por lote evaluado (N=30).

(Figura 10b), las cuales son muy pequeñas (menor de 3 mm) y difíciles de observar en el campo.

El diagnóstico fitosanitario realizado en los ocho departamentos de Colombia, donde se han reportado mayores problemas de cochinillas harinosas de las

raíces, permitió identificar varias especies de cochinillas asociadas a los daños; sin embargo, los mayores esfuerzos de control deben enfocarse a la especie más prevalente *P. barberi*. Las cochinillas *P. jackbeardsleyi* y *D. texensis*, también merecen atención por enquistarse en las raíces haciendo difícil el control una vez se ha establecido en el cafetal.

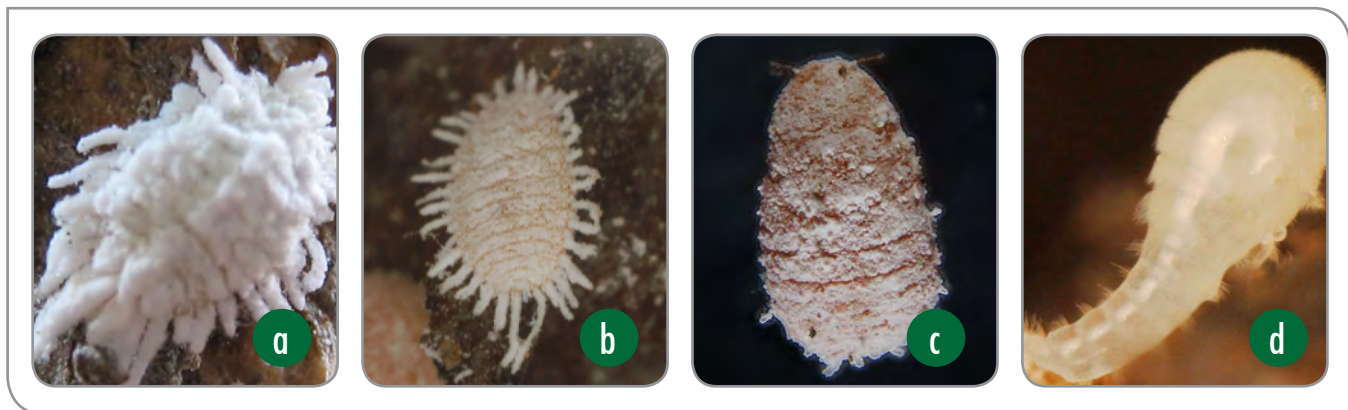


Figura 9.

Cochinillas harinosas más limitantes para la producción de café en Colombia. **a.** *Puto barberi*; **b.** *Pseudococcus jackbeardsleyi*; **c.** *Dysmicoccus* spp.; **d.** *Neochavesia caldasiae*.



Figura 10.

Especies de cochinillas harinosas con menor prevalencia y menos limitantes para la producción de café en el país. **a.** *Geococcus coffeae*; **b.** *Rhizoecus* sp.

Igualmente, en este estudio se reportó por primera vez en Colombia una nueva especie de escama ocasionando daños a las raíces del café. Esta especie fue reportada en los municipios cafeteros de Cucutilla, Arboledas, Labateca y Los Patios (Norte de Santander). Fue identificada como un insecto del género *Toumeyella* sp. (Hemiptera: Coccidae) (Figura 11). Esta escama también se encuentra asociada con las cochinillas harinosas de la raíz.

Ciclo de vida de la cochinilla harinosa *Puto barberi*

El ciclo de vida de la cochinilla harinosa *P. barberi*, se estudió por primera vez en Colombia a una temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ y $70 \pm 10\%$ de humedad relativa. En este estudio no se determinó la duración del estado de huevo, dado que este insecto es una especie ovovivípara, es decir, la cochinilla pone huevos, pero éstos permanecen dentro del cuerpo de la hembra hasta que el embrión está completamente desarrollado. La eclosión se produce inmediatamente antes del nacimiento. Solo unos pocos huevos salen al exterior sin eclosionar, pero son inviables.

Las cochinilla *P. barberi* presenta metamorfosis incompleta, pasando por los estados de huevo, ninfa (estados inmaduros) y adulto. En el laboratorio se determinó que la duración de ninfa a adulto es de $141 \pm 0,99$ días (Villegas *et al.*, 2013) (Tabla 4).

En este estudio no se encontraron machos, lo cual sugiere que esta especie puede presentar reproducción partenogenética del tipo telitoquia, o posiblemente no se presentó la temperatura requerida para el desarrollo de machos.

Cochinillas harinosas que se enquistan en la raíz

Estas cochinillas harinosas revisten importancia ya que los síntomas en ciertas ocasiones son confundidos con daños ocasionados por nematodos, lo que conlleva a un manejo errado de esta plaga.

Síntomas ocasionados por los daños de las cochinillas harinosas que se enquistan en la raíz. A nivel foliar se

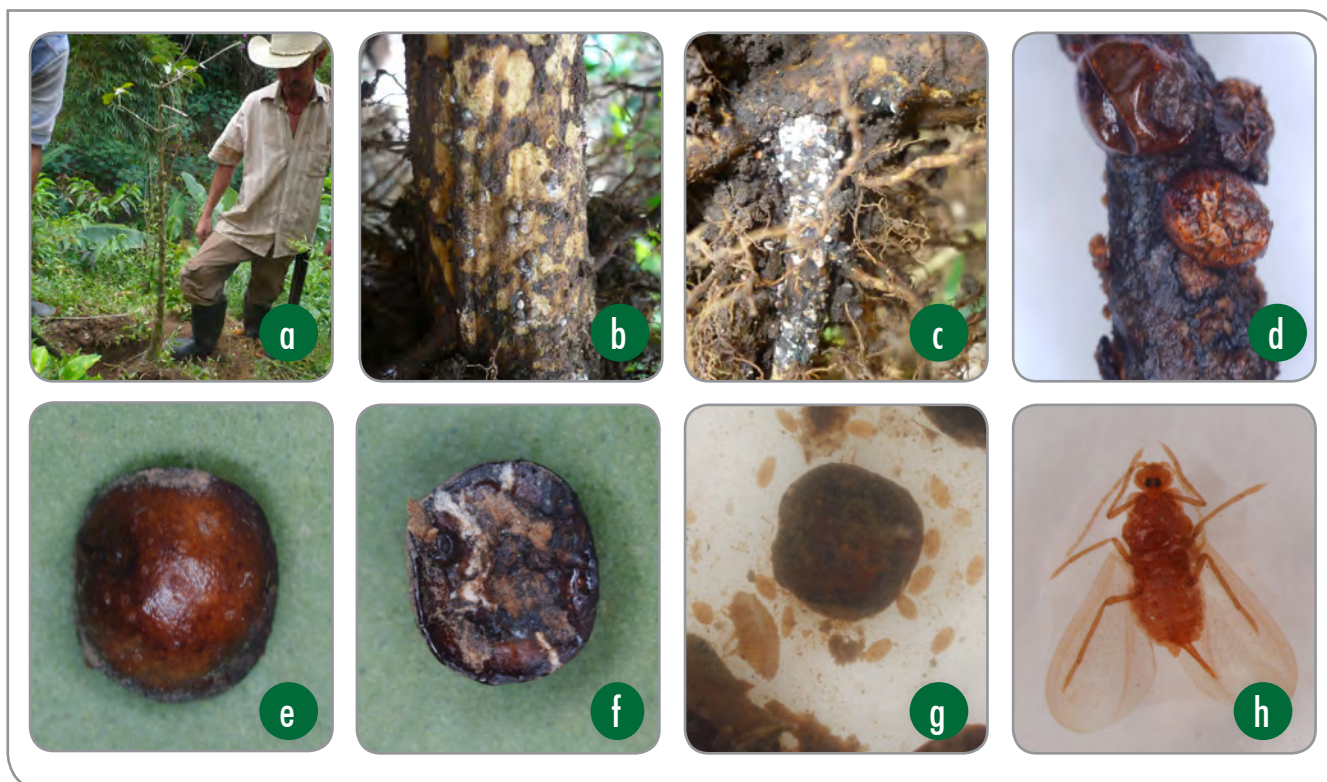


Figura 11.

Síntomas del daño producido por la escama *Toumeyella* sp. **a.** Síntoma del daño en árbol de café; **b.** Presencia en la raíz principal; **c.** Presencia en la raíz secundaria; **d.** Detalle de la escama en la raíz; **e y f.** Vista anterior y posterior en el estereoscopio; **g.** Hembras; **h.** Macho.

Estado desarrollo		Desarrollo promedio (Días)	No. de individuos
Ninfa	Ninfa I	17,8±0,17	99
	Ninfa II	24,4±0,77	97
	Duración etapa (-) Ninfa I	42,2±0,46	97
Adulta	Pre-deposición	42,2±2,74	40
	Deposición de ninfas	51,4±6,80	30
	Post-deposición	5,3±0,82	30
	Duración etapa adulta	98,9±1,61	30
Ciclo biológico		141±0,99	40

Tabla 4.

Ciclo biológico de *Puto barberi*, en el laboratorio (25±2 °C y 70±10% de H.R) Cenicafé, Colombia, 2011.

observa amarillamiento y caída de hojas, siendo más acentuado en resiembras (Figura 12a). En árboles en producción se observa amarillamiento de hojas (Figura 12b); sin embargo, es frecuente observar árboles con ataque de cochinillas con follaje verde (Figura 12c).

Se han identificado dos especies de cochinillas (Figura 13) ocasionando estos daños:

- A nivel externo se observa la presencia de un hongo, tanto en el cuello como en la gotera (Figuras 14a y 15a) y en el plato del árbol (Figuras 14b y 15c); en algunos casos, el hongo ya se encuentra descompuesto (Figura 15c). Este hongo que tiene la forma de una seta o champiñón, característico de ciertos hongos basidiomicetos, que para el caso de *D. texensis* es

rosado (Figura 14) y para el caso de *P. jackbeardsleyi* es entre blanco y café (Figura 15).

- Al destapar las raíces se observan enquistamientos (Figura 16), los cuales se confunden con daños por nematodos. *D. texensis* presenta una especie de tumores (Figura 16), a diferencia de *P. jackbeardsleyi*, donde se observa una hiperplasia, es decir, se observaban las raíces abultadas o hinchadas (Figura 16).
- Al realizar un corte de las raíces donde se encontró *D. texensis* (Figura 17) como en aquellas donde se observó *P. jackbeardsleyi* (Figura 18), se registró la presencia de un micelio blanco (hongo) acompañado por cochinillas harinosas de color rosado (Figuras 17b y 18b). La literatura reporta al hongo como *Septobasidium* sp., el cual se encuentra en simbiosis con cochinillas de la familia Pseudococcidae.



Figura 12.

Síntomas ocasionados por los daños de las cochinillas harinosas que se enquistan en la raíz. **a.** Resiembra de árbol con síntomas de cochinillas; **b.** Árbol en producción con síntomas; **c.** Árbol atacado por cochinillas sin síntomas a nivel foliar.



Figura 13.

Especies de cochinillas que se enquistan en la raíz del árbol de café.
a. *Dysmicoccus texensis*;
b. *Pseudococcus jackbeardsleyi*.



Figura 14.

Hongos basidiomicetos asociados a las cochinillas *D. texensis*.



Figura 15.

Presencia en el árbol del hongo basidiomiceto, blanco y café, asociado a la especie *P. jackbeardsleyi*.

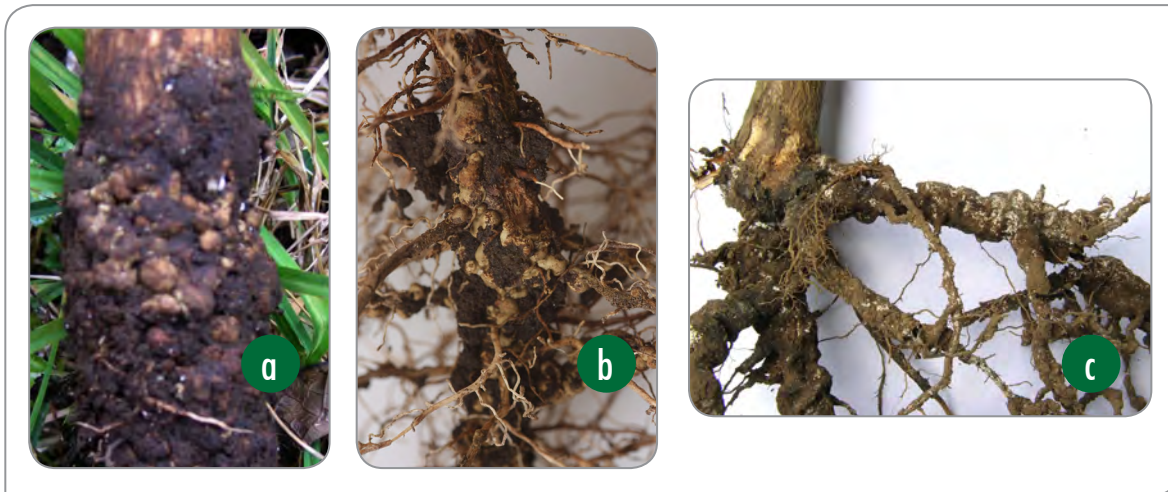


Figura 16.

a. Enquistamientos en el cuello de la raíz; **b.** Síntomas en raíces ocasionados por *D. texensis*; **c.** Síntomas en raíces ocasionados por *P. jackbeardsleyi*.

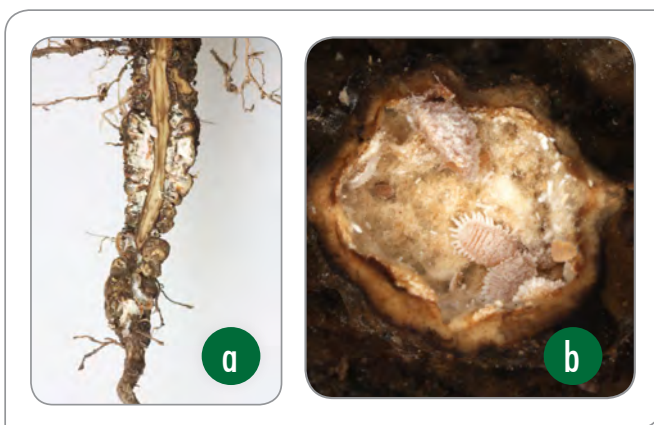


Figura 17.

Corte de la raíz donde se observa micelio blanco. **a.** Corte de la raíz de un árbol con presencia de *D. texensis*; **b.** Presencia de cochinillas harinosas de color rosado.

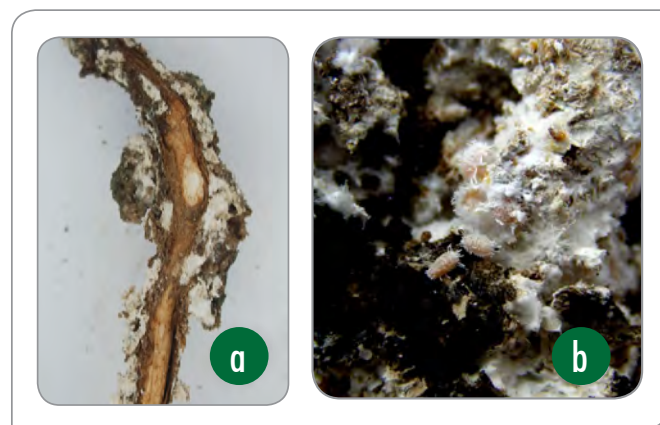


Figura 18.

a. Corte de la raíz de un árbol con presencia de *P. jackbeardsleyi*; **b.** Presencia de cochinillas harinosas de color rosado.

Consideraciones prácticas

Actualmente se adelantan trabajos en el campo con moléculas de insecticidas para observar su efecto sobre estas cochinillas. El manejo debe ser preventivo, con un diagnóstico y manejo antes de que éstas se enquisten. Así mismo, se requiere de un manejo especial en aquellos sitios en donde se presentó la plaga y en los cuales se tenga que hacer resiembras.

Daños que ocasionan las cochinillas harinosas

Al alimentarse de la savia de las plantas, las cochinillas harinosas ocasionan necrosis y pérdida del sistema de raíces (Figura 19a). Igualmente, las lesiones pueden permitir la entrada de hongos fitopatógenos habitantes naturales del suelo, como es el caso de *Ceratocystis fimbriata* (Figura 19b) (Villegas et al., 2009b).

Los síntomas que permiten identificar un daño causado por cochinillas harinosas son:



Figura 19.

Daños producidos por *P. barberi* a las raíces del café **a**. Necrosis y pérdida de raíces; **b**. *P. barberi* asociado con el hongo fitopatógeno *C. fimbriata*.

Síntomas foliares

Tanto en plantas de almácigo como en plantaciones establecidas, se puede presentar amarillamiento, acompañado por necrosis y pérdida de hojas, síntomas que se pueden confundir con daños ocasionados por llagas radicales, llaga macana, nematodos, deficiente nutrición o deformación en el sistema de raíces, razón por la cual es necesario realizar un muestreo destructivo, con el fin de hacer un diagnóstico preciso y poder realizar un plan de manejo acertado (Villegas *et al.*, 2008; Villegas *et al.*, 2009a).

Raíces y cuello del tronco

Los síntomas pueden presentar diferencias de acuerdo con la especie que esté realizando el daño. En el caso de *P. barberi*, se observa la plaga en la raíz principal, acompañada por pérdida de raíces (Figura 19). Para *P. jackbeardsleyi* y *D. texensis*, en el cuello del árbol o cerca se observa la presencia del hongo *Septobasidium* (Figuras 14 y 15), al destapar el cuello del árbol se evidencian unos nódulos y en la raíz, se observan tumores o hiperplasia o ensanchamiento de raíces, con la presencia del hongo, como se observa en las Figuras 17 y 18 (Villegas *et al.*, 2008, Villegas *et al.*, 2009a y Villegas *et al.*, 2009b).

En lo que se refiere a las cochinillas *Neochavesia* sp., *Geococcus* sp. y *Rhizoecus* sp. (Figura 20), por lo general, éstas se localizan en raicillas o pelos absorbentes. Es muy frecuente observar la presencia de *Rhizoecus* sp. en raíces de plantas de almácigo (Figura 20b). A



Figura 20.

a. Presencia de *Neochavesia* sp. en raicillas de árboles de café; **b**. Aproximación de *Rhizoecus* sp., en raíces.

la fecha no se han encontrado árboles que presenten altas poblaciones de estos géneros, por lo tanto, no se han evidenciado síntomas o daños importantes en los árboles de café.

Asociación con hormigas

Existe una relación muy estrecha entre el desarrollo de las cochinillas harinosas de la raíz y las actividades de varias especies de hormigas dentro del cafetal. Las cochinillas al no alcanzar a digerir la savia que toman de las plantas, la excretan por el ano, en forma de sustancia azucarada llamada comúnmente “miel de rocío”, de la cual se alimentan las hormigas; en beneficio, las hormigas transportan a las cochinillas y las protegen de sus depredadores (Figura 21) (Villegas *et al.*, 2008; Villegas *et al.*, 2009a).

Consideraciones prácticas

Las hormigas que se encuentran asociadas a las cochinillas no ocasionan daño a las raíces del árbol de café, es decir, no tienen un aparato bucal capaz de alimentarse de raíces; las hormigas solamente van en busca de la sustancia azucarada para alimentarse. Las hormigas, tanto en almácigos como en el campo, podrían ser indicadoras de presencia de cochinillas harinosas.



Figura 21.

Hormiga del género *Acropyga* sp. transportando a *Neochavesia* sp.

En estudios realizados en Cenicafé se registraron 19 géneros de hormigas asociados a las cochinillas harinosas: *Solenopsis*, *Pheidole*, *Brachymyrmex*,

Tranopelta, *Wasmania*, *Acropyga*, *Hypoponera*, *Prionopelta*, *Crematogaster*, *Linepithema*, *Odontomachus*, *Paratrechina*, *Cyphomyrmex*, *Monomorium*, *Heteroponera*, *Strumigenys*, *Carebara*, *Mycocepurus* y *Typhlomyrmex* (Villegas et al., 2009b).

Dispersión de la plaga

Las plántulas de almacigos de café se constituyen en la principal fuente de dispersión de las cochinillas harinosas, ya que con una sola planta que tenga presencia de cochinillas, al llevarla al campo se convierte en un foco de dispersión.

El material vegetal usado para las resiembras y durante las renovaciones de los cafetales, puede ocasionar la dispersión de la plaga si no se tienen medidas preventivas. En este caso hay que tener en cuenta lo siguiente:

- En resiembras se debe determinar la causa de la muerte de las plantas. Si la muerte fue por presencia de cochinillas harinosas, una vez se realice la resiembra iniciar un plan de manejo con un insecticida (Tabla 5).

Producto comercial	Ingrediente activo	Categoría Toxicológica*	Modo de acción	Concentración/litro de agua	Permitido-restricciones	Registro ICA (para Cochinillas)
Engeo	tiametoxan + lambdacialotrina	II (NNA)	Contacto Ingestión Repelencia Sistémico	0,5 cc	Rainforest Alliance	Sí
Látigo	clorpirifos + cipermetrina	II	Contacto Ingestión Sistémico	3 cc	Rainforest Alliance 4C	No
Lorsban 4EC	clorpirifos del 48%	III	Contacto Ingestión	5 cc	Rainforest Alliance 4C UTZ	No
Proteus	tiacloprid + deltametrina	II	Contacto Ingestión Sistémico	1 cc	Rainforest Alliance	No
Regent	fipronil	II (NNA)	Contacto Ingestión	1cc	Rainforest Alliance C4 UTZ	No
Silex	clorpirifos del 75%	III (NNA)	Contacto Ingestión	3 g	Rainforest Alliance 4C UTZ	Sí
Sumithion	fenitotrión	II (NNA)	Contacto Ingestión	2 cc	Rainforest Alliance 4C UTZ	No
Cal apagada	hidróxido de calcio		Contacto	40 g	Caficultura orgánica	

Tabla 5.

Insecticidas e ingredientes activos que causan mortalidad de *Puto barberi* en plantas de almacigo, en evaluaciones experimentación en Colombia.

* NNA. Nueva Norma Andina: peligrosidad

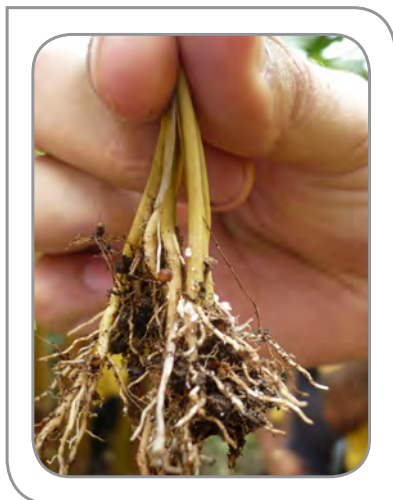


Figura 22.

Chapolas de café con presencia de cochinillas harinosas.

- En la renovación de cafetales por siembra nueva a pesar de contar con un almácigo libre de cochinillas harinosas, una vez se siembran las plantas, éstas pueden ser atacadas por cochinillas harinosas que se encontraban en el lote previamente. Por tal motivo se sugiere realizar un muestreo de las chapolas que se encuentran debajo del cafetal un mes antes de iniciar el proceso de renovación (Figura 22). La presencia de cochinillas en estas chapolas indicaría que se debe iniciar un plan de manejo de esta plaga una vez se establezca el cultivo.

Manejo de las cochinillas harinosas

Muestreo de cochinillas en lotes establecidos

Tanto el muestreo como la aplicación de productos se debe realizar en épocas de lluvias, ya que por lo general en épocas secas las cochinillas se entierran buscando humedad.

Para el muestreo es necesario tener en cuenta los siguientes pasos:

- Ubicar el lote en la finca que presente más ataque por cochinillas harinosas, por los síntomas aéreos como son: Amarillamiento o caída de hojas.
- Realizar el muestreo sistemático de 1 en K (Cada cuántos árboles se muestrean), de 30 árboles (Ecuación 2).

Ejemplo:

Si el lote tiene 500 árboles y se deben muestrear 30

Ecuación 2

$$K = 500/30 = 17$$

K, indica que cada 17 árboles se evalúa uno (Figura 23).

- El muestreo se inicia en el primer surco del lote, y allí se escoge un árbol al azar. En los primeros 30 árboles.
- Una vez ubicado el árbol, éste se destapa con la ayuda de un palín hasta sacar las raíces. Nunca se debe jalar el árbol en el lote.
- Ubicar las cochinillas harinosas y las hormigas en las raíces, raicillas o en el suelo.
- Con la ayuda de un pincel guardar las cochinillas y las hormigas en frascos con alcohol al 70%.
- Como mínimo se deben de tomar muestras de cinco individuos de cochinillas y hormigas por árbol.
- Rotular cada frasco con la siguiente información: Departamento, municipio, finca, lote, No. del árbol.

Continuar el muestreo recorriendo cada surco hasta ubicar el siguiente árbol a muestrear, hasta completar los 30 árboles (Figura 23).

Muestreo de cochinillas en germinadores y almácigos

Germinadores. Revise periódicamente el germinador. Si encuentra la presencia de hormigas, éstas podrían indicar que hay cochinillas en las raíces y amerita un muestreo para determinar un plan de manejo.

Almácigos. Revise los almácigos después de 1,5 meses de sembrada la chapola, tenga o no síntomas foliares de amarillamiento.

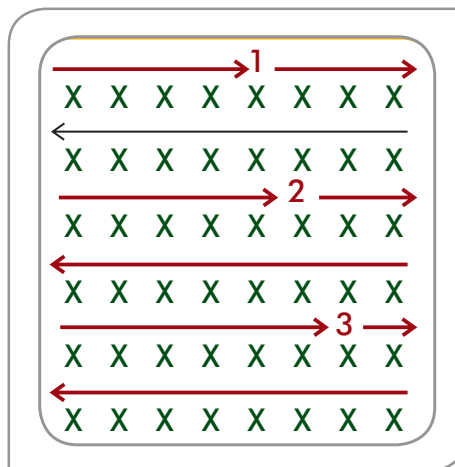


Figura 23.

Diagrama para ubicar los árboles a muestrear en el lote.

El muestreo debe ser destructivo con el fin de revisar el sistema de raíces. La presencia de cochinillas en al menos una planta amerita un plan de manejo (Figuras 24a y 24b) (Tabla 5). Si se observan hormigas en los almácigos podrían indicar la existencia de cochinillas en la raíz; sin embargo, se debe confirmar la presencia en las raíces.

Plantas indicadoras para el muestreo de cochinillas harinosas

Con el fin de no afectar la población inicial de plantas en el lote y teniendo en cuenta que el muestreo debe ser destructivo, actualmente se viene validando una metodología que consiste en la siembra de plantas indicadoras (Plantas de café del mismo almácigo), con el fin de realizar los muestreos sobre ellas, en los primeros 18 meses de establecido el cultivo. Las plantas indicadoras se siembran en el medio de las calles (Figura 25) en el mismo momento de la siembra del lote.

Para llevar a cabo esta metodología se hace necesario realizar una evaluación en la plantación que se va a renovar, al menos un mes antes de su erradicación. Si el porcentaje de árboles infestados por cochinillas es mayor del 80%, se recomienda muestrear 30 plantas indicadoras mensualmente; para esto se deberán sembrar 540 plantas indicadoras en el lote. Si el porcentaje de infestación es menor, se considerará un número mayor de plantas (Tabla 6). En ningún caso se deberán tomar menos de 30 plantas por hectárea. La distribución de las plantas en los lotes dependerá de las condiciones de campo; sin embargo, se debe garantizar una distribución de las plantas que permita la representación de todo el lote.

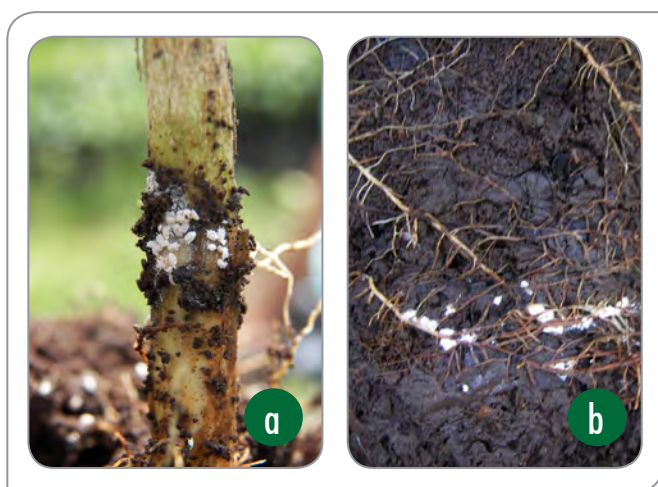


Figura 24.

- a. Presencia de cochinillas en el cuello de la raíz;
- b. Presencia de cochinillas en las raíces.

Consideraciones prácticas

La presencia de cochinillas en al menos una de las plantas indicadoras amerita un plan de manejo con insecticidas. El producto se aplicará en todas las plantas del lote, inclusive las plantas indicadoras, teniendo la precaución de que haya muy buena humedad en el suelo para que el producto pueda penetrar.

El manejo de las cochinillas harinosas de la raíz en plantaciones establecidas debe ser preventivo, es decir, se debe de realizar en los primeros 12 a 18 meses de establecido el cultivo y en la totalidad de las plantas, ya que muchas de ellas pueden estar infestadas y no presentar síntomas foliares.

Se recomienda rotar productos con diferentes modos de acción, una vez se decida la aspersión de insecticidas químicos, para controlar las cochinillas harinosas.

En Cenicafé también se han evaluado diferentes productos naturales y biológicos (Hongos entomopatógenos), para el control de las cochinillas harinosas; sin embargo, dado el comportamiento y la composición química de la cutícula de estos insectos, no se encontró efecto sobre sus poblaciones. Igualmente se ha realizado un monitoreo permanente de controladores biológicos en el campo y hasta la fecha no se han registrado especies que regulen las poblaciones en condiciones naturales.



Figura 25.

Siembra de plantas indicadoras para el muestreo de cochinillas.

Incidencia	Plantas por mes	Plantas a sembrar
>80%	30	540
50 - 80%	50	900
<50%	60	1.080

Tabla 6.

Número de plantas indicadoras de acuerdo a los porcentajes de infestación de árboles.

Aplicación de insecticidas en el almácigo y en el campo

Almácigos. La dosis para plantas de almácigo (Bolsa de 17 x 23 cm) de producto comercial + agua debe ser de 50 cc. El suelo de la bolsa debe estar húmedo antes de la aplicación. Si no lo está, se debe regar a capacidad de campo, con el fin de lograr que el producto llegue hasta el fondo de la bolsa y tenga contacto con la plaga.

Plantaciones establecidas menores a 6 meses. La dosis para árboles ya establecidos va desde 50 cc para el primer mes hasta 100 cc para los meses 3 a 6. Aplicar el producto sólo si hay humedad en el campo. Es preferible no aplicar en tiempo seco, debido a que difícilmente llega el producto a las raíces.

Consideraciones prácticas

Para el manejo integrado de las cochinillas harinosas se recomienda tener en cuenta lo siguiente:

- Tener almácigos sanos y proceder con muestreos mensuales. Si se lleva suelo de regiones desconocidas o con conocimiento previo de estar infestado por cochinillas harinosas, éste se debe solarizar, al menos 15 días.
- Revisar el material vegetal antes de llevarlo al sitio definitivo, para garantizar que las plántulas estén sanas. Si encuentra cochinillas harinosas, descarte el material y consiga plantas sanas con un adecuado desarrollo radical.
- Si el sitio definitivo tiene historial de infestaciones por cochinillas harinosas de las raíces, proceda con la siembra de plantas indicadoras para muestrear mensualmente y asperjar insecticidas solamente cuando detecte presencia de la plaga en las raíces.
- Para el control químico de las cochinillas harinosas de las raíces, Cenicafé ha evaluado de manera experimental algunos productos y moléculas presentes en el mercado colombiano.

La araña roja del café *Oligonychus yothersi* (Acari: Tetranychidae)



Oligonychus yothersi (McGregor, 1914) es un ácaro de hábito fitófago y polífago, de distribución mundial, conocido en Colombia como araña roja del café. Es una plaga endémica de algunas zonas cafeteras colombianas, es decir, es un habitante natural que siempre ha estado presente en poblaciones constantes; sin embargo, cuando se presentan condiciones favorables para su desarrollo puede convertirse en una plaga que afecta la producción (Benavides, 1972).

La araña roja del café es una **especie estacional**, sus poblaciones se incrementan notoriamente durante períodos prolongados de sequía y altas temperaturas, pero tan pronto llegan las épocas lluviosas, se reducen las poblaciones.

Las infestaciones iniciales se presentan en lotes de café cercanos a carreteras o caminos destapados, donde el polvo se deposita sobre el follaje (Bustillo, 2008). Generalmente, los estados de larva, ninfa y adulto de *O. yothersi* se alimentan sobre la haz de las hojas, rompiendo células epidermales, lo cual causa una coloración parda del follaje y en altas poblaciones causan defoliación (Mesa et al., 2011). Estos ácaros

viven tanto por la haz como por el envés de las hojas, y son protegidos por una delicada telaraña tejida por ellos



Figura 26.

Telaraña tejida por los propios ácaros que le sirve de protección y transporte.

mismos, donde adhieren detritos, polvo y las exuvia, y a la vez se depositan cientos de huevos, larvas, ninfas y adultos; por la acción del viento esta tela es transportada de un lugar a otro dispersando la plaga (Figura 26).

Los ácaros o arañas que atacan al café pertenecen al género *Oligonychus*, pero sólo tres especies se encuentran con frecuencia asociadas al cafeto, en diferentes partes del mundo, *O. coffeae* (Nietner) registrada en África Occidental, *O. ilicis* (McGregor) en Brasil, y *O. yothersi* (McGregor) en Colombia (Crowe, 1960). *Oligonychus yothersi* es la única registrada en Colombia (Benavides, 1972; Cárdenas 1983; ICA, 1989) y existen registros de sus ataques desde 1928, en cafetales de Antioquia (Murillo, 1931).

Descripción e historia de vida

Este ácaro presenta metamorfosis incompleta, pasa por los estados biológicos de huevo, larva, ninfa y adulto. Mesa *et al.* (2011) describen morfológicamente los estados de la siguiente manera:

Huevo. El huevo recién puesto es de forma esférica, hialino, con un filamento en la cara superior (Figura 27), y son difíciles de visualizar a simple vista. Por lo general, las hembras ubican los huevos por la haz de las hojas, cerca de la nervadura central; en café en algunas ocasiones se observan posturas por el envés de las hojas, especialmente en los pliegues que se forman en éstas.



Figura 27.

Huevo de *O. yothersi* con el filamento en la cara superior.

Larva. Recién emergen son amarillas, con dos puntos rojos sobre el gnatosoma o región anterior y uno sobre el dorso del podosoma, que es la región donde se encuentran las patas. Se diferencian de otros estados por tener tres pares de patas (Figura 28).



Figura 28.

Larva de *O. yothersi* con los puntos rojos sobre el dorso y tres pares de patas.

Ninfas. Hay dos estados ninfales (Protoninfa y deuteroninfa), cada uno con cuatro pares de patas, son más ovaladas que las larvas y similares a los adultos pero más pequeños (Figura 29). Los estados ninfales y el adulto son móviles, precedidos por estados de quietud llamados protocrisalida, deutocrisalida y teliocrisalida, en estos estados no se alimentan.



Figura 29.

Ninfa de *O. yothersi*, donde se diferencian los cuatro pares de patas.

Adulto. Los machos se diferencian de la hembra porque son de color rojo más claro, con forma más alargada y un poco más pequeños, las patas son más largas que la hembra. La hembra es de mayor tamaño que el macho, tiene un cuerpo ovalado y subgloboso, de aproximadamente 0,5 mm de largo, de color anaranjado en el tercio anterior y rojo negruzco en el resto del cuerpo. La cópula ocurre inmediatamente llegan al estado adulto; la hembra puede ovipositar huevos fértiles mediante partenogénesis (Figura 30).



Figura 30.

Hembra de *O. yothersi* en estado adulto.

Ciclo de vida

La arañita roja del café puede reproducirse sexual o asexualmente; en la reproducción sexual ocurre la cópula entre machos y hembras, mientras que en la reproducción asexual las hembras producen huevos viables mediante partenogénesis, es decir, las hembras originan progenie sin necesidad de cópula.

El ciclo de vida de *O. yothersi* es muy corto y es más rápido en sitios más cálidos. A temperaturas de 20 °C, el ciclo de vida de huevo a adulto es de 15,7 días. Todos los estados tienen la siguiente duración: Huevo 7,8 días, larva 1,9 días, y ninfa 5,9 días; la longevidad del adulto es de 15,7 días y durante este período la hembra puede depositar entre 32 y 36 huevos y dependiendo de la temperatura cada hembra puede producir entre 9 y 12 generaciones en un año. La proporción de sexos hembra:macho es de 4,8:1 a favor de las hembras (Mesa et al., 2011).

Factores de mortalidad

Los factores climáticos como la temperatura, la humedad, la lluvia, la sequía y el viento tienen una alta influencia sobre el comportamiento, abundancia y distribución de las poblaciones de arañita roja. Dado que este ácaro no tiene alas, su movilidad depende del viento, el cual es el principal factor de dispersión de un lote a otro y entre fincas. El hombre puede actuar como agente de dispersión cuando se desplaza por el lote, y la locomoción propia del ácaro facilita el movimiento entre plantas.

La temperatura es uno de los factores ambientales más importante que afecta las poblaciones de la araña roja. La temperatura estimula la fecundidad, la reproducción, la tasa de desarrollo, la tasa de emergencia y la longevidad de la araña roja (Orozco *et al.*, 1990). La lluvia es un factor de mortalidad natural de araña roja, este ácaro habita principalmente la haz de las hojas, que es de textura lisa en el café, dada esta condición las larvas, ninfas y adultos son lavados fácilmente durante las lluvias (Benavides, 1972). Ésta es una de las razones que explican las bajas poblaciones de este ácaro en café durante épocas de lluvias. Adicional a estas condiciones climáticas, se presentó un evento de erupción del volcán Nevado del Ruiz, el 29 de mayo de 2012, con fuerte emisión de ceniza que posiblemente favoreció el desarrollo y crecimiento poblacional de la araña roja, especialmente en la zona central cafetera. La ceniza que cae sobre las hojas se deposita sobre la tela que teje el ácaro y le sirve de barrera defensiva contra el ataque de enemigos naturales, también lo favorece de condiciones climáticas adversas para su establecimiento (Wille y Fuentes, 1975) (Figura 31).

Daños en café

El daño lo ocasionan las larvas, ninfas y adultos, cuando se alimentan sobre la cara superior de las hojas. Con el

aparato bucal tipo raspador-chupador el ácaro perfora las células de la epidermis y del mesófilo, y absorben el contenido celular (Bustillo, 2008), en consecuencia las hojas pierden el brillo natural y toman un color bronceado (Figura 32), con reducción del área foliar y de la capacidad fotosintética de la planta hasta en un 30%, por lo general, las hojas infestadas se caen prematuramente. En ataques severos se puede observar desde lejos una coloración pardo rojiza en el cafetal afectado.

El ataque ocurre generalmente en focos, sin embargo, si las condiciones son favorables y el control no es realizado al inicio de la infestación, el ataque por este ácaro puede afectar todo el lote y causar defoliación de la planta y atraso en el desarrollo de las plantas jóvenes (Figura 33).

Registros históricos

El primer reporte para Colombia de la presencia de Araña Roja en café fue en 1928, en el municipio de Fredonia (Antioquia) (Murillo, 1931). Después de 44 años, Benavides (1972) reportó daños graves por ataque de *O. yothersi* en los municipios cafeteros de los departamentos de Caldas, Risaralda, Quindío, Tolima, Cundinamarca, Valle del Cauca, Huila y Antioquia. La incidencia de esta plaga con carácter alarmante en



Figura 31.

Capa de ceniza depositada sobre las hojas de café después de la erupción del volcán Nevado del Ruiz, mayo 29 de 2012.



Figura 32.

Hoja y árbol de color bronce como una consecuencia del ataque de araña roja.



Figura 33.

Árbol con defoliación por el ataque de araña roja del café.

estas localidades se atribuyó a las fuertes sequías que se presentaron durante los meses de junio a octubre de 1972, y por aumento de la temperatura.

Un año después, Durán (1973) reportó ataques severos en el departamento del Tolima, en las regiones de Líbano, Anzoátegui, Rovira y Ortega, especialmente en cafetales sin sombra o con sombrío deficiente; posteriormente Urueta (1975) reportó un ataque en cafetales del departamento de Antioquia, y para el segundo semestre de 1986, Betancour (1989) registró un ataque de araña roja en Chinchiná, Palestina y Manizales, en el departamento de Caldas, como consecuencia de un período prolongado de sequía. Desde entonces y hasta junio de 2012 no se habían registrado nuevos ataques de carácter alarmante para la caficultura Colombiana.

Áreas afectadas en el año 2012

Entre los meses de junio y septiembre de 2012 se presentaron ataques severos de araña roja en cultivos de café, de diferentes edades, en los departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda. Esta situación de incremento poblacional no se había reportado desde 1986. De

acuerdo con el Servicio de Extensión de la FNC, el primer ataque fuerte en el 2012 se presentó en el municipio de Manizales, en las veredas La Siria y La Violeta, localidades que históricamente han sido un foco de araña roja, sin embargo, los ataques siempre se presentaban en densidades poblacionales bajas. No obstante, entre los meses de mayo y agosto se presentaron condiciones climáticas que favorecieron el incremento poblacional de la araña roja en estas áreas, como fue un período seco prolongado con bajas precipitaciones de menos de 10 mm y temperaturas máximas y promedios que superaron los 29 y 23°C, respectivamente, y adicional a estas condiciones climáticas, se presentó un evento de erupción del volcán Nevado del Ruiz, el día 29 de mayo, con fuerte emisión de ceniza, condiciones que favorecieron el desarrollo y crecimiento poblacional de la araña roja.

A través del Servicio de Extensión Rural de la FNC se registraron las áreas en café más afectadas (Tabla 7).

Manejo de la araña roja del café

Depredadores de la araña roja del café

Las poblaciones de araña roja son reguladas naturalmente por varias especies de depredadores, siendo *Stethorus* sp. (Coleoptera: Coccinellidae) el enemigo natural más abundante encontrado en asociación con las poblaciones de este ácaro. Este coleóptero negro y de tamaño pequeño se observa consumiendo todos los estados biológicos (Huevos, larvas, ninfas y adultos) de *Oligonychus yothersi*, y es frecuente encontrar en una hoja de café hasta cinco estados entre larvas y adultos, de este depredador (Figura 34).

En los cafetales también se han registrado otras especies de depredadores nativos de araña roja, la gran mayoría pertenecen a la familia Coccinellidae como *Azya orbígera*, *Cycloneda* sp., *Harmonia* sp., *Scymnus* sp., *Propylea* sp.

Departamento	Número de predios	Hectáreas afectadas
Risaralda	2.489	2.881
Caldas	1.196	1.469
Valle	470	285
Tolima	211	184
Quindío	121	62
Huila	111	88
Cundinamarca	30	15
Total	4.628	4.984

Tabla 7.

Áreas de café (ha) afectadas por araña roja en el año de 2012.

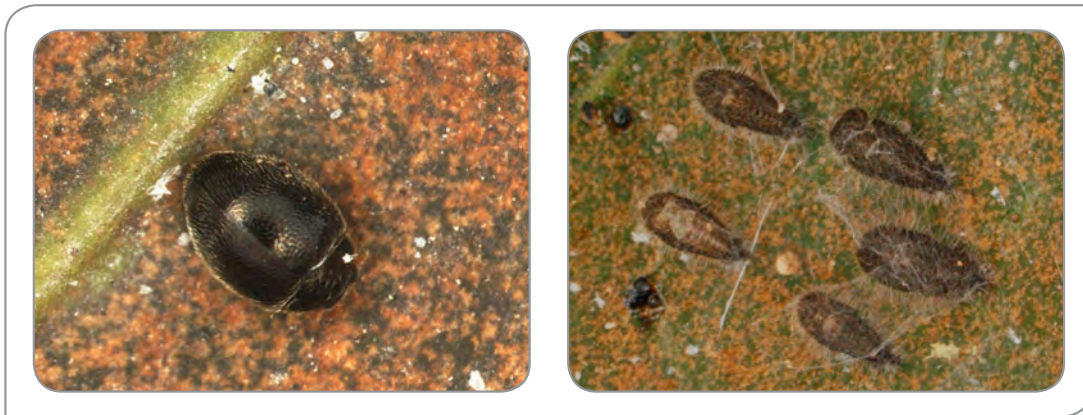


Figura 34.

Adulto y pupas de *Stethorus* sp. depredador de estados de araña roja.

y *Coleomegilla* sp. (Figura 35). Las larvas y adultos de *Chrysopa* sp. (Neuroptera: Chrysopidae) también fueron observados ejerciendo control natural sobre las poblaciones de este ácaro y otros insectos de la familia Staphylinidae y Diptera, como depredadores. En Brasil se explora el control de *O. yothersi* con el uso de hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* (Oliveira et al., 2002, 2004).

Control químico

Cuando las poblaciones de araña roja son muy altas es necesario tomar medidas de choque con la aplicación de acaricidas selectivos para controlar los focos.



La araña roja es un ácaro y, por lo tanto, los insecticidas de contacto no ejercen ningún control; por el contrario, se empeora la situación al causar un desequilibrio ecológico ya que eliminan los enemigos naturales y sirven como estimulantes a la oviposición del ácaro incrementando las poblaciones.



Figura 35.

Depredadores nativos de araña roja. **a.** *Azya orbigera*; **b.** *Cycloneda* sp.; **c.** *Harmonia* sp.; **d.** *Propylea* sp.; **e.** *Stethorus* sp.; **f.** *Harmonia* sp.

Un mal manejo inicial de la problemática agudiza la situación, ya que el uso de fungicidas cúpricos e insecticidas de amplio espectro de acción, pertenecientes a los piretroides y organofosforados, causan aumento de las poblaciones de araña roja por inducir el incremento en el número de huevos por hembra (Reis *et al.*, 1974; D'Antonio *et al.*, 1981, Reis *et al.*, 1997) y la acción de estos productos causa detrimento sobre las poblaciones de los enemigos naturales (Reis y Souza, 1986; Reis y Teodoro, 2000). Los resultados experimentales obtenidos en Cenicafé indican que los acaricidas con los ingredientes activos spiromesifen, propargite, propargite + tetradifon, etoxazol, milbemectina, piridaben y el aceite agrícola citroemulsión tienen una alta eficacia a los 4 y 10 días después de la aplicación y no afectan la fauna benéfica (Tabla 8).

Recomendaciones de manejo

Para el control de ácaros de la familia Tetranychidae, se recomienda realizar aplicaciones de acaricidas selectivos a la fauna benéfica.

1. El momento oportuno para manejar esta plaga es a partir de la aparición de los primeros "focos". De esta manera, se puede ejercer control localizado en las áreas afectadas, a menor costo, y se evitaría la dispersión de la plaga dentro del cafetal y hacia áreas vecinas. Se recomienda no esperar a que caigan las lluvias, porque la población de este ácaro crece de forma exponencial y puede causar daño económico.
2. Al realizar la aplicación de un acaricida, se recomienda comenzar con un producto con efecto ovicida, si a los 15-20 días después de la primera aplicación existen estados vivos en la planta aplique nuevamente, pero usando otro acaricida con diferente modo de acción, porque la aspersion generalizada y continuada del mismo ingrediente activo crea resistencia en el ácaro.
3. Cuando comienza la cosecha, se recomienda no iniciar las recolecciones de café por los lotes más afectados, debido a que se llevará la plaga a los lotes sanos.

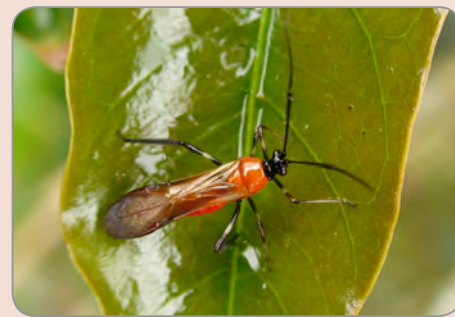
4. Realizar un control selectivo de arvenses, de manera que el suelo mantenga cobertura de plantas que sirvan de albergue y alimento para la fauna benéfica.

Consideraciones prácticas

La vigilancia sanitaria y el manejo de poblaciones en "focos" son la clave en el manejo de la araña roja.

Agente causal de la chamusquina del café

Monalonion velezangeli Carvalho & Costa, 1988



Monalonion velezangeli es una plaga de irrupción, es decir, es una plaga que se origina en cultivos vecinos o en otros hospedantes silvestres, y pueden moverse a cultivos aledaños, generalmente en la misma época del año. Este insecto es de hábitos polífagos y es comúnmente conocido como "La chinche de la chamusquina del café", pertenece al orden Hemiptera, familia Miridae (Ramírez *et al.*, 2008).

Nombre comercial	Ingrediente activo	Dosis (cc.L ⁻¹)
Oberon	spiromesifen	1,5
Omite	propargite	1,5
Vulcano	propargite + tetradifon	2,0
Milbeknock	milbemectina	0,6
Sanmite	piridaben	1,0
Borneo	etoxazol	0,4
Citroemulsion		3,0

Tabla 8.

Acaricidas químicos selectivos a la fauna benéfica y evaluados para el control de araña roja (*Oligonychus yothersi*) mostrando su eficacia a los 4 y 10 días después de la aplicación.

Esta plaga se encontró por primera vez en café en el año de 1998, en los municipios de la Plata, la Argentina, Paicol y Pital (Huila), y desde entonces su presencia se ha ido expandiendo a las regiones cafeteras de los departamentos de Cauca, Nariño y Valle del Cauca, en cafetales localizados en altitudes superiores a 1.500 m, zonas con baja luminosidad (Inferior a 1.400 h.año⁻¹) un promedio de temperatura inferior a 20 °C y humedad relativa superior a 80%.

Por varios años *M. velezangeli* probablemente se alimentó de plantas nativas como el aguacate (*Persea gratissima*), guayaba (*Psidium guajava*) y cacao (*Theobroma cacao*), de tal manera que la aparición de esta plaga en el cultivo del café se podría atribuir a la eliminación de sus hospedantes primarios (Giraldo y Benavides, 2012) (Figura 36).



Figura 36.

Daños ocasionados por *M. velezangeli* en las plantas nativas hospedantes primarios. **a.** Aguacate; **b.** Guayaba; **c.** Cacao.

Ciclo de vida y descripción morfológica de *M. velezangeli*

La chinche de la chamusquina del café presenta metamorfosis incompleta, es decir, pasa por los estados de huevo, ninfa (Estados inmaduros) y adulto. Los estados visibles en el campo son las ninfas y los adultos. En café, se determinó que la duración de huevo a adulto es de $56,13 \pm 2,43$ días.

Daños en café ocasionado por *M. velezangeli*

Las ninfas y adultos de *M. velezangeli* presentan aparato bucal tipo picador-chupador y se alimentan succionando los contenidos celulares de las hojas, tallos, flores y frutos de las plantas donde habitan. De acuerdo con Wheeler (2000), los hemípteros inyectan enzimas digestivas dentro del hospedante, esto lo realizan a

Ciclo de vida

Huevo. Las posturas son endofíticas, esto es, que los huevos son depositados dentro del tejido de las plantas; en café los sitios de oviposición se localizan en tallos no lignificados y en el vértice de los pedúnculos de las hojas. El huevo es translúcido, alargado y ligeramente curvo, y a medida que avanza el desarrollo embrionario es posible observar en su interior la ninfa; poseen dos filamentos que tienen función respiratoria y están en contacto en el ambiente (Figura 37). En café se determinó que el período de incubación es de $15,52 \pm 0,29$ días (Giraldo et al., 2010).



Figura 37.

Huevo de *M. velezangeli*, se observan dos filamentos que tienen función respiratoria.

Ninfa. El insecto pasa por cinco instares ninfales, todos son de color anaranjado; la cabeza, el tórax y el abdomen están atravesados y bordeados por finas bandas rojizas. El instar I se caracteriza por presentar tonalidad rojiza a anaranjado rojiza, poco definida, y la movilidad es limitada; en el instar II se incrementa el tamaño y la movilidad está concentrada en la rama donde eclosionó el huevo; el instar III se desplaza a lo largo de la planta de café, aumentando su actividad alimenticia, e inicia la diferenciación externa de los primordios alares; las ninfas del instar IV presentan sus primordios alares de mayor tamaño y coloración rojiza; el instar V tiene los primordios alares negros, y a medida que se acerca el proceso de la muda a adulto cesa la actividad de alimentación y el abdomen se alarga, tomando la forma de adulto (Figura 38). La duración de todos los instares ninfales es de $26,66 \pm 0,29$ días (Giraldo et al., 2010).



Ninfa I



Ninfa II



Ninfa III



Ninfa IV

Figura 38.

Ninfas de *M. velezangeli*, desde el instar I hasta el instar V, todos los instares son visibles en el campo.



Ninfa V

Adultos. Los adultos presentan diferentes coloraciones, tanto en machos como en hembras varía entre rojo y negro, pasando por amarillo. En esta especie se presenta un marcado dimorfismo sexual, con mayor tamaño en las hembras. Generalmente, ambos sexos presentan la cabeza negra y brillante, las patas son negras, con fémures engrosados hacia la parte distal y con presencia de una franja blanca cremosa hacia el medio. Este insecto posee un par de alas de textura membranosa, de color crema claro a transparente, con hemiélitros de coloración variable de café claro a negro, y con dos o más manchas de color rojo (Figura 39). En café, la longevidad de los adultos se estima en $13,75 \pm 1,05$ días (Giraldo et al., 2010).

**Figura 39.**

Hembra y macho de *M. velezangeli*, estado visible en el campo.

través del aparato bucal picador-chupador, luego aspiran el tejido digerido por las enzimas; las piezas bucales de estos insectos contienen dos canales, uno a través del cual bombean el fluido salivar en la planta (Para la digestión externa, para interrumpir tejidos y células), y el otro a través del cual los fluidos son succionados hacia el insecto, con este proceso de alimentación causan cambios fisiológicos y bioquímicos en los tejidos de las plantas hospedantes.

Las lesiones mecánicas (Ruptura de células y tejidos con el estilete) son el primer paso en la incidencia del

daño a la planta hospedante, el segundo paso o daño químico (Degradación de las células por las enzimas), es dado por la inyección de la saliva que puede contener fenolasas, auxinas y pectinasas, las cuales desencadenan una necrosis localizada. Además, la inyección de enzimas digestivas puede producir semillas de baja calidad, alteración del crecimiento vegetativo y necrosis localizada; el paso final es dado por la reacción del sistema fenol-fenol oxidasa de las plantas al ataque por insectos, desencadenando un desbalance hormonal y fisiológico, caracterizado por mal formación de frutos y tejidos, abscisiones en los órganos reproductivos, alteración del crecimiento vegetativo, crecimiento



Los síntomas específicos producidos por estos insectos pueden explicarse por la destrucción de los componentes celulares o por el desequilibrio hormonal en las plantas como el resultado de la infestación; sin embargo, un síntoma del daño no puede ser producido por un solo factor, sino que resulta de una combinación compleja de varios factores y el grado de importancia difiere con los diferentes tipos de daño.

y *Fusarium* (Abreu, 1977). En café, el daño lo hacen las ninfas y los adultos que se alimentan principalmente de los brotes nuevos de la planta (Figura 40).

El insecto cuando se alimenta, provoca manchas semejantes a quemaduras, por eso el nombre de “chamusquina”. Las lesiones pueden variar en la forma y en el tamaño y dependen principalmente del estado ninfal que las ocasiona. Las lesiones frescas son de consistencia húmeda y café claro (Figura 41a), mientras que las lesiones viejas son secas, de color oscuro y en los brotes se observa necrosis y enroscamiento de las hojas (Figura 41b y c). Cuando la mayoría de las lesiones son viejas indica que el ataque por *M. velezangeli* ya pasó y las ninfas y adultos ya no deben estar en la planta (Ramírez et al., 2008).

acelerado de los brotes de las plantas, enroscamiento foliar y, por ende, caída en la producción (Wheeler, 2000). En casos de alta infestación, las lesiones pueden permitir la entrada de hongos fitopatógenos como *Colletotrichum*

Como una consecuencia del daño, se presenta crecimiento acelerado de los brotes, enroscamiento, perforaciones y distorsión de las hojas (Figura 42), la planta toma una apariencia de achaparramiento, con reducción de las floraciones y, por ende, de la producción,



Figura 40.

Daños causados por las ninfas y adultos de *M. Velezangeli* a los brotes nuevos de la planta de café.



Figura 41.

Lesiones en las hojas de café después de un ataque de *M. velezangeli*. **a.** Lesiones frescas; **b.** y **c.** Lesiones viejas.

por la escasa formación de frutos. Los adultos también se alimentan de las flores, las cuales se necrosan y caen prematuramente (Figura 43) (Ramírez et al., 2008).

Una sola chinche por árbol puede causar hasta diez lesiones en 30 minutos en una sola hoja, y se ha observado que en un período de 24 horas puede atacar todos los brotes tiernos del árbol. De tal manera, que una baja población de *M. velezangeli* es capaz de producir una cantidad considerable de lesiones, por lo que sólo basta un insecto para dañar todos los brotes tiernos de un árbol (Ramírez et al., 2008).

Plantas hospedantes de la chinche de la chamusquina del café

M. velezangeli se registró por primera vez en el municipio de Jardín (Antioquia), en 1984, en aguacate y su presencia se fue extendiendo a otros municipios del suroeste de Antioquia (Arango y Arroyave, 1991). Hasta el año 2008 se creía que esta especie era de hábitos monófagos y que estaba restringida a cultivos de aguacate; investigaciones realizadas en el departamento del Huila por Ramírez et al. (2008), han permitido asociar el daño de la “chamusquina del café” con la chinche *M. velezangeli*, y posteriormente, Giraldo y Benavides (2012) confirmaron el hábito polífago de *M. velezangeli*, el cual se encontró alimentándose en café, cacao, aguacate y guayaba; los mismos autores también reportan el daño de este mirido en cultivos de té y eucalipto. Londoño y Vargas (2010), adicionalmente confirmaron el daño de *M. velezangeli* en mora, en guayaba limón *Psidium littorale*, guayaba fresa *Psidium littorale* cv. *Cattleianum*, guayaba feijoa *Acca sellowiana*, eugenia o arrayán de Manizales *Syzygium oleosum*, guayacán de Manizales *Lafoensia acuminata*, camelia *Camellia* sp. y laurel de cocina *Laurus nobilis*.



Figura 42.

Síntomas ocasionados por el ataque de *M. velezangeli*, se observa crecimiento acelerado de los brotes, enroscamiento y distorsión de las hojas.



Figura 43.

Flores de café necrosadas por el ataque de *M. velezangeli*.

Consideraciones prácticas

¿Cómo encontrar las ninfas y los adultos en el árbol?

La presencia de este insecto es más frecuente durante los períodos lluviosos, porque prefiere temperaturas menores a 20 °C y un promedio de humedad relativa superior a 80%, días con poco brillo solar y alta nubosidad, por lo tanto, es frecuente observar que las poblaciones disminuyen durante los períodos prolongados de sequía y altas temperaturas.

Los sitios preferidos para la alimentación son los brotes tiernos de la planta, especialmente los ubicados en la parte superior, las ninfas se observan generalmente por el envés de las hojas, las lesiones frescas son un buen indicador de la presencia de la ninfa o adulto que ocasionó o está ocasionando el daño, por esto, es importante aprender a diferenciar los daños frescos de los daños viejos (Ramírez et al., 2008). La hora del día juega un papel muy importante en la actividad de alimentación del insecto, el horario más indicado para encontrar ninfas y adultos de *M. velezangeli* es entre las 6:00 y 10:00 am y después de las 3:00 pm.

Manejo de la chinche de la chamusquina del café

Controladores biológicos

Dentro de los cafetales se pueden observar otras **chinches de la familia Reduviidae, llamadas “las chinches asesinas”** (Giraldo et al., 2011) (Figura 44). Son muy similares a la chamusquina del café, especialmente en el color y en la forma, pero de mayor tamaño.

Estas chinches asesinas son depredadoras, es decir, se alimentan de las ninfas y adultos de *M. velezangeli* hasta causarles la muerte (Figura 45), por lo tanto, aprender a reconocerlas es muy importante para protegerlas, ya que contribuyen al control natural de la plaga.

Control químico

Un control químico inadecuado agudiza la situación, ya que el uso generalizado de insecticidas pertenecientes a los piretroides y organofosforados causa aumento de las poblaciones porque matan a otros insectos que se alimentan de la chamusquina del café, como es el caso de “las chinches asesinas”.

Resultados experimentales indican que los insecticidas de categoría toxicológica III, con los ingredientes activos imidacloprid, en una dosis de 157,5 g.ha⁻¹ de i.a y thiamethoxan en una dosis de 50 g.ha⁻¹ de i.a, fueron

eficaces para el control de *M. velezangeli* en el cultivo del aguacate (Montilla, 2012).

Recomendaciones de manejo

El plan de manejo para la chinche de la chamusquina del café debe seguir los siguientes pasos:

1. Revisar la finca periódicamente para detectar oportunamente la presencia de *M. velezangeli*.
2. Ubicar los daños frescos en los brotes nuevos de la planta (Figura 46).
3. En las primeras horas de la mañana y en las últimas de la tarde, realice una búsqueda de ninfas y adultos de la chinche, revisando las hojas, tanto por la haz como por el envés. Las ninfas se desplazan caminando entre las ramas del tercio superior del cafeto y se ocultan en el envés de los brotes nuevos cuando se están alimentando (Figura 47).
4. Realice una recolección manual de las ninfas y adultos siempre y cuando el área sea pequeña y el ataque de la plaga se encuentre agregado (Por focos).
5. Mantenga la vegetación nativa (Aguacate, cacao y guayaba) en los lotes, como fuente primaria de alimentación de la chinche de la chamusquina del café (Figura 48).
6. Realice Manejo Integrado de Arvenses – MIA- para mantener la fauna benéfica en el lote (parasitoides y depredadores), ya que estas plantas les suministran refugio y posibles fuentes de alimento alterno.

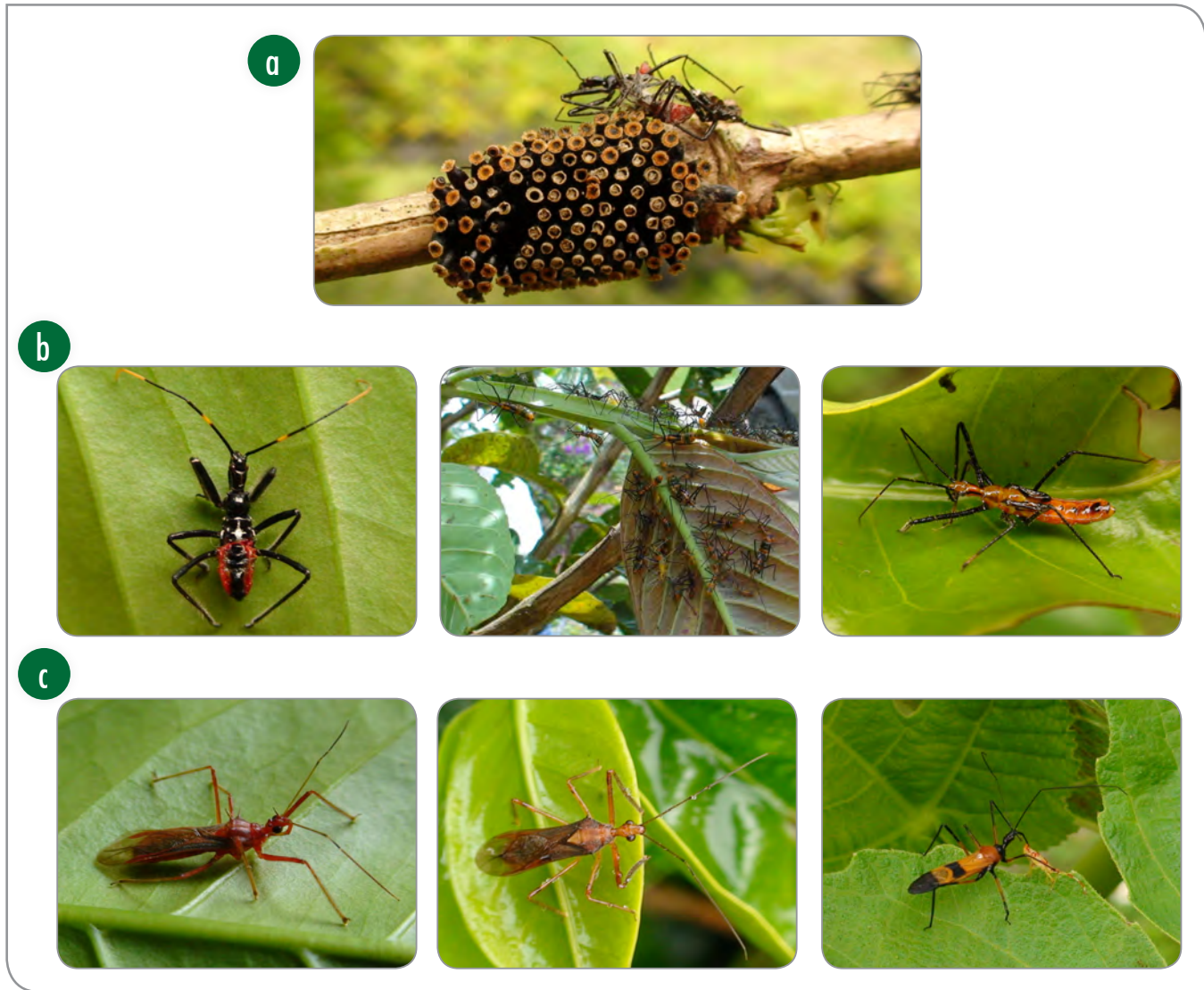


Figura 44.

Estados biológicos de “las chinchas asesinas”, que se comen y matan las ninfas y adultos de *M. velezangeli*.
a. Huevos; **b.** Ninfas; **c.** Adultos de diferentes especies.



Figura 45.

Ninfas y adultos de las chinchas asesinas depredando ninfas de *M. velezangeli*.

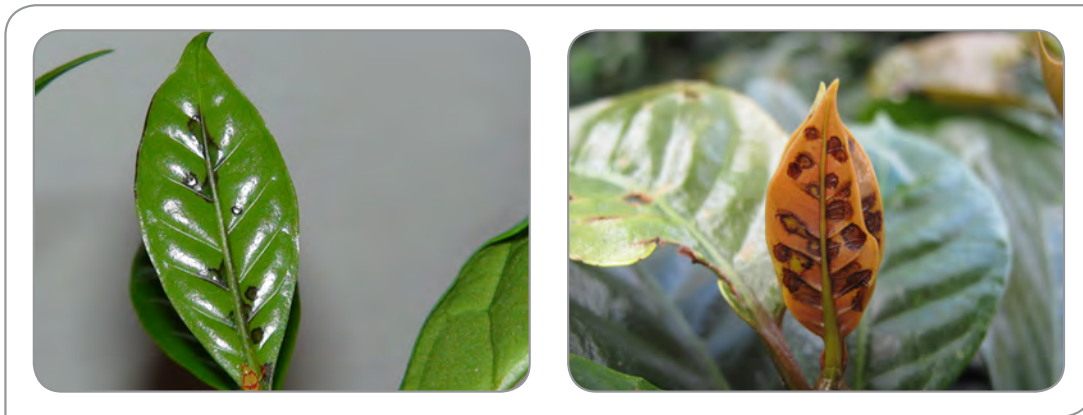


Figura 46.

Daños frescos ocasionados por *M. velezangeli* en los brotes nuevos de las plantas de café.



Figura 47.

Estados de *M. velezangeli* que hacen el daño en la planta de café. **a.** Ninfas; **b.** y **c.** Adultos.

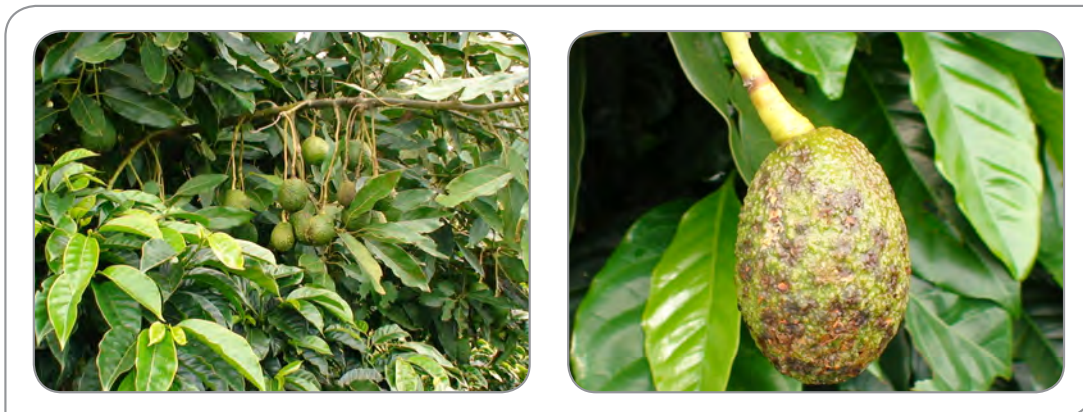


Figura 48.

Asociación de café con aguacate, los árboles de café se observan sanos y los de aguacate se observan con daño por *M. velezangeli*.

7. El control químico se recomienda para proteger una floración o la fase de crecimiento vegetativo de la planta. Al decidir aspersiones con productos químicos es necesario seleccionar insecticidas de contacto y de categoría toxicológica III y IV (II y III de la norma Andina).
8. Los ataques iniciales de *M. velezangeli* son de forma agregada, por tal razón se recomienda asperjar exclusivamente los focos afectados de

manera localizada, sobre los árboles con daños frescos únicamente. Las aspersiones deben de ser realizadas en las primeras horas de la mañana y en las últimas de la tarde, tiempo en que el insecto está en mayor actividad. Así mismo, deben seguirse las recomendaciones del manejo seguro de plaguicidas y los principios sobre la tecnología y la calibración de equipos de aspersión y operarios.



Recuerde: Al eliminar los hospedantes primarios como la guayaba, el aguacate y el cacao, las poblaciones de la chinche son obligadas a alimentarse de otras especies como el café.

Recomendaciones prácticas

Existe un gran número de insectos y artrópodos que se alimentan del cultivo del café; sin embargo, muy pocos son considerados plagas. Para esto debe saber:

1. La única plaga clave del café en Colombia es la broca, pues se presenta en todo el país, daña los frutos y afecta la economía del caficultor.
2. Las cochinillas harinosas de las raíces, conocidas también como palomillas, afectan las plantas durante su crecimiento, por lo tanto, su manejo debe realizarse durante el almácigo y los primeros 12 a 18 meses de establecimiento en el campo.
3. El minador de las hojas, la arañita roja y la chinche de la chamusquina del café, son plagas esporádicas, que se presentan de manera localizada en algunas regiones cafeteras de Colombia, las cuales poseen avispas parasitoides y depredadores que las controlan naturalmente. Antes de aplicar un insecticida, debe conocer el momento oportuno y la forma correcta para no afectar los enemigos naturales.

Literatura citada

- ABREU, J.M. *Mirídeos tropicais associados ao cacauero*. p. 85-106. En: LAVABRE, E. *Les mirides du cacao*. Paris: Institut français du café et du cacao, 1977. 336 p.
- AMBROGI, B.G ; LIMA, E.R.; SOUTO, L. *Efficacy of mating disruption for control of the coffee leaf miner*. *Bio Assay* 1:1-5. 2006.
- ARANGO A., A.E.; ARROYAVE R., H.D. *Ciclo de vida y hábitos de la chinche del aguacate *Monalonion velezungeli* Carvalho & Costa (Hemiptera: Miridae) en Antioquia*. Medellín : Universidad Nacional de Colombia. Facultad de ciencias agropecuarias, 1991. 53 p. Tesis: Ingeniero agrónomo.
- BACCA, T.R.; LIMA, E.; PICANÇO, M.C.; GUEDES, R.N.; VIANA, J.H. *Optimum spacing of pheromone traps for monitoring the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella**. *Entomologia experimentalis et applicata* 119:39-45. 2006.
- BAKER, P.S. *Some aspects of the behavior of the coffee berry borer in relation to its control in southern Mexico (Coleoptera: Scolytidae)*. *Folia entomológica mexicana*, 62:9-24. 1984.
- BENAVIDES G., M. *La arañita roja del cafeto*. Chinchiná : CENICAFÉ, 1972. 4 p. (Avance Técnico No. 22).
- BENAVIDES M., P. *¿Cuándo debe realizarse el repase en los cafetales?* Chinchiná : CENICAFÉ, 2012. 1 p. (Brocarta No. 47).
- BENAVIDES M., P. *Aspectos genéticos relacionados con la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari)*. p. 284-297. En: Bustillo P., A.E. *Los insectos y su manejo en la caficultura colombiana*. Chinchiná: CENICAFÉ,. Editorial Blanecolor Ltda, Manizales -Colombia, 2008. 466 p.
- BENAVIDES M., P. *Cómo se dispersa la broca a partir de cafetales zoqueados infestados*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2010. 2 p. (Brocarta No. 38).
- BENAVIDES M., P.; VEGA, F.E.; ROMERO S., J.; BUSTILLO P., A.E.; STUART, J. *Biodiversity and biogeography of an important inbred pest of coffee, coffee berry borer (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae)*. *Annals of the entomological society of America* 98(3):359-366. 2005.
- BETANCOURTH E., G. *Estudios sobre la arañita roja del cafeto *Oligonychus yothersi* (McGregor) en Cenicafe*. Armenia : SENA, 1989. 68 p. Tesis: Tecnólogo Administrador Agropecuario.
- BRADLEY, J.D. *Taxonomic notes of *Leucoptera meyricki* Ghesq. and *Leucoptera coffeella* (Guer-Men.) (Lepidoptera: Lyonetiidae)*. *Bulletin of entomological research* 49:417-419. 1958.
- BRASIL. *Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. Agrofit: Sistema de agrotóxicos fitossanitários*. [En línea]. Brasília : El Ministerio, 2011. Disponible en internet: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. (Consultado en 12/08/2011).
- BUSTILLO P., A.E. *Aspectos sobre la broca del café, *Hypothenemus hampei*, en Colombia*. p 388-418. En: Bustillo P., A.E. *Los insectos y su manejo en la caficultura colombiana*. Chinchiná: CENICAFÉ,. Editorial Blanecolor Ltda, Manizales -Colombia, 2008. 466 p.
- BUSTILLO P., A.E. *El minador de la hoja del cafeto, *Leucoptera coffeellum* (Lepidoptera: Lyonetiidae)*. p. 360-363. En: Bustillo P., A.E. *Los insectos y su manejo en la caficultura colombiana*. Chinchiná: CENICAFÉ,. Editorial Blanecolor Ltda, Manizales -Colombia, 2008. 466 p.
- BUSTILLO P., A.E. *La arañita roja del café, *Oligonychus yothersi* (McGregor) (Acari: Tetranychidae)*. p. 330-331. En: Bustillo P., A.E. *Los insectos y su manejo en la caficultura colombiana*. Chinchiná: CENICAFÉ,. Editorial Blanecolor Ltda, Manizales -Colombia, 2008. 466 p.
- BUSTILLO P., A.E. *Una revisión sobre la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) en Colombia*. *Revista colombiana de entomología* 32(2):101-116. 2006.
- BUSTILLO P., A.E.; CÁRDENAS M., R.; VILLALBA G., D.A.; BENAVIDES M., P.; OROZCO H., J.; POSADA F., F.J. *Manejo integrado de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en Colombia*. Chinchiná : CENICAFÉ, 1998. 134 p.
- CANTOR, F.; CÁRDENAS M., R. *Aclaraciones sobre el nombre científico del minador del café*. *Revista colombiana de entomología* 27(1/2):87-88. 2001.
- CÁRDENAS M., R. *La broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari 1867)*. En: Seminario sobre broca del café. Socolen, Medellín, 21 de mayo de 1990. Miscelánea No.18. p. 1-13.

- CÁRDENAS M., R. *El minador de las hojas del cafeto*. Chinchiná : CENICAFÉ, 1991. 31 p. (Boletín Técnico No. 14).
- CÁRDENAS M., R. *La arañita roja del cafeto, Oligonychus yothersi*. Chinchiná : CENICAFÉ, 1983. 2 p. (Avance Técnico No. 110).
- CÁRDENAS M., R.; BENAVIDES G., M. *El minador de las hojas del cafeto (Leucoptera coffeella)*. Chinchiná : CENICAFÉ, 1974. 4 p. (Avance Técnico No. 35).
- CASTAÑO S., A.; BENAVIDES M., P.; BAKER, P.S. *Dispersión de Hypothenemus hampei en cafetales zoqueados*. Cenicafé 56(2):142-150. 2005.
- CENICAFÉ. *Recomendaciones para manejar el grano cosechado en el Re - Re de los lotes más infestados con broca*. Chinchiná: CENICAFÉ, 1994. 1 p. (Brocarta No. 25).
- CHAMORRO T., G.E.; CÁRDENAS M., R.; HERRERA H., A. *Evaluación económica y de la calidad en taza del café proveniente de diferentes sistemas de recolección manual, utilizables como control en cafetales infestados de Hypothenemus hampei*. Cenicafé 46(3):164-175. 1995.
- CONSTANTINO CH., L.M. *La broca del café. un insecto que se desarrolla de acuerdo con la temperatura y la altitud*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2010. 2 p. (Brocarta No. 39).
- CONSTANTINO CH., L.M.; GIL P., Z.N.; JARAMILLO R., A.; BENAVIDES M., P.; BUSTILLO P., A.E. *Efecto del cambio y la variabilidad climática en la dinámica de infestación de la broca del café, Hypothenemus hampi en la zona central cafetera de Colombia*. Manizales : SOCOLEN, 2011. p. 106-121.
- CONSTANTINO CH., L.M.; FLÓREZ V., J.C.; BENAVIDES M., P.; BACCA I., R.T. *Minador de las hojas del cafeto: Una plaga potencial por efectos del cambio climático*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2011. 12 p. (Avance Técnico No. 409).
- CROWE, T.J. *Mites as coffee pests*. Kenya coffee 29:504-505. 1960.
- D´ANTONIO, A.M.; PAULA, V. de; GUERRANETO, E.G. *Estudo do comportamento de diversos inseticidas piretróides sobre a população de ácaro vermelho do cafeeiro, Oligonychus (O.) ilicis (McGregor, 1919) e sobre bicho mineiro*. Rio de Janeiro: IBC-GERCA, 1981. BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 9., 1981, São Lourenço. Resumos. p. 250-253.
- DURÁN M., A. *Arañita roja en cafetales*. Notas y noticias entomológicas 1(3). 1973.
- FRAGOSO, D.B.; GUEDES, R.N.C.; PICANÇO, M.C.; ZAMBOLIM, L. *Insecticide use and organophosphate resistance in the coffee leaf miner Leucoptera coffeella (Lepidoptera: Lyonetiidae)*. Bulletin of entomological research 92:203-212. 2002.
- FRANCKE, W.; TÓTH, M.; SZÖCS, G.; KRIEG, W.; ERNEST, H.; BUSCHMANN, E. *Identifizierung and synthese von dimethylalkanen als sexuallockstoffe weiblicher Miniermotten (Lyonetiidae)*. Zeitschrift für naturforschung 43:787-789. 1988.
- GIRALDO J., M.; BENAVIDES M., P. *Conozca los hospedantes, sitios de alimentación y oviposición de la chinche de la chamusquina del café*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2012. 8 p. (Avance Técnico No. 418).
- GIRALDO J., M.; BENAVIDES M., P.; VILLEGAS G., C. *Aspectos morfológicos y biológicos de Monalonion velezangeli Carvalho & Costa (Hemiptera: Miridae) en café*. Cenicafé 61(3):195-205. 2010.
- GIRALDO J., M.; GALINDO L., L.A; BENAVIDES M., P. *Aprenda a conocer las chinches depredadoras de plagas del café*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2011. 8 p. (Avance Técnico No. 412).
- GÓNGORA B., C.E. *Hongos patógenos; biocontroladores de Hypothenemus hampei*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2011. 2 p. (Brocarta No. 42).
- GREEN S., D.A *proposed origin of the coffee leaf-miner, Leucoptera coffeella (Guérin-Méneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae)*. Bulletin of the entomological society of America 30:30-31. 1984.
- GUERREIRO, F.O. *Coffee leaf miner resistance*. Brazilian journal of plant physiology 18(1):109-117. 2006.
- ICA. *Lista de insectos dañinos y otras plagas en Colombia*. Bogotá : ICA, 1989. 662 p. (Boletín Técnico No. 43).
- IDEAM. *Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático*. Bogotá D.C. 2007. 97 p.
- JARAMILLO S., J.; CHABI O., A.; KAMONJO CH.; JARAMILLO R., A.; VEGA, F.E. *Thermal tolerance of the coffee berry borer Hypothenemus hampei: Predictions of climate change impact on a tropical insect pest*. PLoS one 4(8). 2009.

- JONES, O.T. Practical applications of pheromones and other semioquímicos. p. 261-355. En: HOWSE, P.E.; STEVENS, I.; JONES, O. *Insect pheromones and their use in pest management*. London : Chapman & Hall, 1998. 369 p.
- LE PELLEY, R.H. *Pests of coffee*. London : Longmans, 1968. 590 p.
- LOMELLI, R.J. *Natural enemies and mortality factors of the coffee leafminer *Leucoptera coffeella* (Guerin-Meneville) (Lepidoptera:Lyonetiidae) en Chiapas, Mexico*. Texas : A&M University, 2007. 203 p. PhD Tesis
- LOMELLI, R.J.; BARRERA, J.F.; BERNAL, J. *Impacts of weather, shade cover and elevation on coffee leaf miner *Leucoptera coffeella**. *Crop protection* 29:1039-1048. 2010.
- LONDOÑO Z., M.E.; VARGAS M., H.H. *Monalonion velezangeli* Carvalho & Costa (Hemiptera: Miridae), ¿Porqué es una plaga de importancia en cultivos de aguacate?. Medellín: Seminario internacional de frutas tropicales, 2010. 74 p.
- MENDES, L. *Determinação do potencial biótico da broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) e considerações sobre o crescimento de sua população*. *Bragantia* 9(12):215-226. 1949.
- MONTILLA P., J. *Evaluación de insecticidas para el manejo de la chinche del aguacate, *Monalonion velezangeli* Carvalho & Costa (Hemiptera: Miridae)*. Medellín : Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, 2012. 84 p. Tesis: Magister en ciencias – Entomología.
- MONTOYA R., E.C. *Caracterización de la ingestación de café por la broca y efecto del daño en la calidad de la bebida*. *Cenicafé* 50(4):245-258. 1999.
- MURILLO, L.M. *Los parásitos del café en el departamento de Antioquia*. *Revista cafetera de Colombia* 3(26):943-949. 1931.
- NANTES, J.F.D.; PARRA, J.R.P. *Avaliação de danos causados por *Perileucoptera coffeella* (Guérin – Méneville, 1842) (Lepidoptera-Lyonetiidae), em três variedades de café (*Coffea* spp.)*. *O solo* 69(2):26-29. 1977.
- OLIVEIRA, R.C. de; ALVES, L.F.A.; NEVES, P.M.O.J. *Susceptibility of *Oligonychus yothersi* (Acari: Tetranychidae) to the fungus *Beauveria bassiana**. *Science. agriculture*. 59(1):87-189. 2002.
- OLIVEIRA, R.C. de; NEVES, P.M.O.J.; ALVES, L.F.A. *Entomopathogenic fungi selection to control *Oligonychus yothersi* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) in paraguay tea crops (*Ilex paraguariensis* St. Hill.)*. *Neotropical entomology* 33(3):347-351. 2004.
- OROZCO H., J.; DUQUE E., M.C.; MESA, N.C. *Efecto de la temperatura sobre la tabla de vida de *Oligonychus yothersi* en *Coffea arabica**. *Cenicafé* 4(1):5-18. 1990.
- PALIZ, V.; MENDOZA, J. *Plagas del cafeto*. p. 144-166. En: SOTOMAYOR, H. I. *Manual del cultivo del café*. Quevedo: Estación experimental Pichilingue, 1993. 166 p.
- PARMESAN, C. *Ecological and evolutionary responses to recent climate change*. *Annual review of ecology, evolution and systematic* 37:637- 669. 2006.
- PARRA, J.R.P. *Biología comparada de *Perileucoptera coffeella* (Guérin-Menéville, 1842) (Lepidoptera, Lyonetiidae) visando ao seu zoneamento ecológico no estado de São Paulo*. *Revista brasileira de entomologia*. 29:45-76. 1985.
- PERALTA, J. *Diagnóstico de la labor de recolección y repase para el manejo de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) por agricultores*. Palmira : Universidad Nacional de Colombia. Facultad de ciencias agropecuarias, 1995. 71 p. Tesis: Ingeniero agrónomo.
- PEREIRA, E.J.; PICANÇO, M.C.; BACCI, L.; CRESPO, A.L.; GUEDES, R.N.C. *Seasonal mortality factors of the coffee leafminer, *Leucoptera coffeella**. *Bull. entomol. res.* 97:421-432. 2007.
- PERTHUIS, B.; PRADON, J.L.; MONTAGNON, C.; DUFOUR, M.; LEROY, T. *Stable resistance against the leaf miner *Leucoptera coffeella* expressed by genetically transformed *Coffea canephora* in a pluriannual field experiment in French Guiana*. *Euphytica* 144:321-329. 2005.
- RAMÍREZ C., H.J.; BUSTILLO P., A.E.; GIL P., Z.N., BENAVIDES M., P. *La chinche de la chamusquina del café *Monalonion velezangeli*, una nueva plaga del café en Colombia*. p. 374-380. En: Bustillo P., A.E. *Los insectos y su manejo en la caficultura colombiana*. Chinchiná: CENICAFÉ., Editorial Blanecolor Ltda, Manizales -Colombia, 2008. 466 p.
- RAMIRO, D.A.; GUERREIRO, O.; QUEIROZ, R.B.; MATTHIESEN, S.C. *Caracterização anatômica de folhas de cafeeiros resistentes e suscetíveis ao bicho-mineiro*. *Bragantia* 63:363-372. 2004.

- REIS, P.R.; ALVES, E.B.; SOUSA, E.O. *Biología do ácaro-vermelho do cafeeiro Oligonychus ilicis* (McGregor, 1917). *Ciência e agrotecnologia* 21(3):260-266. 1997.
- REIS, P.R.; SILVA, C.M. da; CARVALHO, J.G. de. Funguicida cúprico atuando como fator de aumento da população do ácaro *Oligonychus* (O.) *ilicis* (McGregor, 1919) (Acari: Tetranychidae) em cafeeiro. *Fitopatologia* 9(2):67. 1974.
- REIS, P.R.; SOUZA, J.C. Pragas do cafeeiro: IN: RENA, AB MALAVOLA, E. ROCHA M. YAMADA, T. (Eds) *Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade*. POTAFOS, Piracicaba, 1986. p. 323-378.
- REIS, P.R.; TEODORO, A.V. Efeito do oxiclreto de cobre sobre a reprodução do ácaro-vermelho do cafeeiro, *Oligonychus ilicis* (McGregor, 1917). *Ciência e agrotecnologia* 24(2):347-352. 2000.
- REYES B., J.C., MESA C., N.C. *Biología de Oligonychus yothersi* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) sobre aguacate *Persea americana* Mill. Cv. Lorena (Lauraceae). *Caldasia* 33(1):211-220. 2011.
- RUIZ C., R. Efecto de la fenología del fruto del café sobre los parámetros de la tabla de vida de la broca del café; *Hypothenemus hampei* (Ferrari). *Manizales : Universidad de Caldas. Facultad de ciencias agropecuarias*, 1996. 87 p. Tesis: Ingeniero agrónomo.
- SALAZAR G., M.R.; ARCILA P., J.; RIAÑO H., N.M.; BUSTILLO P., A.E. Crecimiento y desarrollo del fruto del café y su relación con la broca. *Chinchiná : CENICAFÉ*, 1993. 4 p. (Avance Técnico No. 194).
- SALDARRIAGA, G. *Evaluación de prácticas culturales en el control de la broca del café Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). *Medellín : Universidad Nacional de Colombia. Facultad de ciencias agropecuarias*, 1994. 57 p. Tesis: Ingeniero agrónomo.
- SOUZA, J.C.; REIS, P.R.; RIGITANO, R.L. O bicho mineiro do cafeeiro: *Biología, danos e manejo integrado*. EPAMIG, 1998. 48 p. (Boletim Técnico No. 54).
- URUETA, E.J. Arañas rojas (Acarina: Tetranychidae) del departamento de Antioquia. *Revista colombiana de entomología* 1(2):1-14. 1975.
- VILLACORTA, A. Ovicidal activity of *Metarhizium anisopliae* isolate CM-14 on the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). *Entomophaga* 28:179-184. 1983.
- VILLALBA G., D.A.; BUSTILLO P., A.E.; CHAVES C., B. *Evaluación de insecticidas para el control de la broca del café en Colombia*. *Cenicafé* 46(3):152-163. 1995.
- VILLEGAS G., C.; BENAVIDES M., P.; ZABALA E., G.; RAMOS P., A.A. *Cochinillas harinosas asociadas a las raíces del café: descripción y biología*. *Chinchiná: CENICAFÉ 2009ª*. 8 p. (Avance Técnico No. 386).
- VILLEGAS G., C.; ORTÍZ, A. *Identificación de ácidos grasos de las cochinillas harinosas Hemiptera: Putoidae y Pseudococcidae asociadas a las raíces del café*. *Congreso de entomología. Socolen. Bogotá, Colombia*. 2010.
- VILLEGAS G., C.; PEÑA M., H.D.; MUÑOZ H., R.I.; BENAVIDES M., P.; MARTÍNEZ, C.H.E. *Ciclo biológico de la cochinilla harinosa de la raíz del cafeto Puto barberi Cockerell (Hemiptera: Putoidae)*. Sin Publicar.
- VILLEGAS G., C.; BUSTILLO P., A.E.; ZABALA E., G.; BENAVIDES M., P.; RAMOS P., A.A. *Cochinillas harinosas en cafetales colombianos*. p. 342 - 354. En: *Bustillo P., A.E. Los insectos y su manejo en la caficultura colombiana*. *Chinchiná: CENICAFÉ, Editorial Blanecolor Ltda, Manizales -Colombia*, 2008. 466 p.
- VILLEGAS G., C.; ZABALA, G.A.; RAMOS, A.A.; BENAVIDES M., P. *Identificación y hábitos de cochinillas harinosas asociadas a raíces del café en Quindío*. *Cenicafé* 60(4):354-365. 2009 b.
- WALLER, J.M.; BIGGER, M.; HILLOCKS, R.J. *Coffee pests, diseases and their management*. Wallingford : CABI, 2007. 434 p.
- WALTHER, G.R.; POST, E.; CONVEY, P.; MENZEL, A.; PARMESAN, C.; BEEBEE, T.J. *Ecological responses to recent climate change*. *Nature* 416:389-395. 2002.
- WHEELER, A.G. Jr. *Plant bugs (Miridae) as plant pests*. p. 37-84. En: *SCHAEFFER, C.W.; PANIZZI, A.R. Heteroptera of economic importance*. New York : Panizzi, eds, 2000. 828 p.
- WILLE, A.; FUENTES, G. *Efecto de la ceniza del volcán Irazú (Costa Rica) en algunos insectos*. *Biología tropical* 23(2):165-175. 1975.
- WILSON, R.; DAVIES, Z.G.; THOMAS, C. *Insects and climate change: Processes, patterns and implications for conservation*. p. 245-278. En: *STEWART, A.J.A.; NEW, T.R.; LEWIS, O.T. Insect conservation biology*. Wallingford : CABI, 2007. 350 p.

Otros habitantes naturales del cafetal

Luis Miguel Constantino Chuaire; Zulma Nancy Gil Palacio;
Pablo Benavides Machado; Harol Martínez; Marisol Giraldo Jaramillo;
Clemencia Villegas García

En Colombia, el cultivo de café presenta una gran diversidad de artropofauna endémica asociada, que se alimenta de éste y que coexiste en el agroecosistema cafetero en equilibrio con la fauna benéfica.

Sin embargo, este equilibrio se puede romper por efecto de ciertas condiciones como la aplicación indiscriminada de insecticidas de amplio espectro de acción que afectan o eliminan a los enemigos naturales, o por el uso de herbicidas de forma generalizada en los lotes, que destruyen las arvenses nobles, las cuales proporcionan alimento y refugio a la fauna benéfica, o por efectos del cambio en las condiciones climáticas, las cuales pueden ocasionar un incremento en las poblaciones de insectos y producir daños económicos en el cultivo.

En los últimos años se han presentado varias consultas por parte del Servicio de Extensión de la Federación Nacional de Cafeteros y de los caficultores, relacionadas con algunos habitantes naturales de plagas potenciales del cultivo de café, las cuales se describen en este capítulo. Como complemento a esta gran diversidad de artropofauna se anexa una lista de las principales especies de artrópodos asociadas al cultivo de café en Colombia dando su nombre científico, nombre común y el órgano de la planta de café que afectan (Raíz, tallo, rama, flor y fruto).



El perforador de las ramas del cafeto

Xylosandrus morigerus (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae)

El perforador de las ramas del cafeto cuyo nombre científico es *Xylosandrus morigerus* es un coleóptero micetófago, que se alimenta del hongo *Ambrosiaemyces zeylanicus*, es decir, que vive en estrecha relación o simbiosis con el hongo del cual depende para alimentarse y subsistir (Vélez, 1997). Es una especie de hábitos polífagos, se alimenta de varias especies de árboles y plantas, incluido el café.

Esta especie es originaria del sureste asiático y se encuentra distribuida en todas las regiones tropicales donde se cultiva café.

En Colombia, se reportó por primera vez atacando cafetales viejos en el año de 1957, en los municipios de Dagua, Bitaco y La Cumbre en el Valle del Cauca (Benavides, 1961); posteriormente, reportó en los departamentos de Cauca, Caldas, Tolima, Norte de Santander, Antioquia (Cárdenas y Posada, 2001), más recientemente en Nariño, Risaralda y Huila (Constantino y Benavides, 2009), y nuevamente en Dagua, Valle (Giraldo y Galindo, 2010).

Biología y hábitos

El adulto es un coleóptero muy pequeño, de color castaño brillante. La hembra mide 1,7 mm de largo por 0,5 mm de ancho, en tanto que los machos son más pequeños, de 1,0 mm de largo por 0,5 mm de ancho (Figura 1).

Los machos son ápteros, es decir, que carecen de alas membranosas y son incapaces de volar. Los orificios de penetración que hace la hembra son circulares, de 1 mm



Figura 1.

Macho (arriba) y hembra (abajo) de *Xylosandrus morigerus*.

de diámetro, los hace en los entrenudos de las ramas verdes para construir las galerías (Figura 2). Los machos nunca emergen de las galerías, éstos copulan con las hembras de su misma progenie antes de que salgan al exterior a colonizar nuevas ramas (Vélez, 1997).

Una vez la hembra fundadora perfora el interior de la rama, realiza una galería horizontal a lo largo de la rama, donde construye una cámara de cría, hacia la parte media. Sobre esta cámara de cría la hembra deposita las conidias del hongo simbiote *Ambrosiaemyces zeylanicus*, el cual crece y forma una masa algodonosa que invade toda la cámara y las galerías de la rama del cafeto.

Daños causados al café

Una característica de las ramas afectadas por *X. morigerus* es que se quiebran con facilidad.



Figura 2.

a. Orificio de entrada circular de *Xylosandrus morigerus*.
b. Galería mostrando las larvas y pupas en el interior de las ramas

Igualmente, las ramas afectadas se marchitan en la medida que las galerías del insecto aumentan de tamaño, notándose un marchitamiento ascendente desde la base de la rama hasta la parte apical (Figura 3). El daño que el pasador de las ramas causa al árbol es pequeño comparado con el del hongo; éste no penetra muy profundo en la madera, pero puede interferir el transporte del agua en la rama y causar su muerte (Vélez, 1997).

Plantas hospedantes

X. morigerus tiene como hospedantes a varias plantas, de las cuales las principales son *Coffea arabica* y *Coffea canephora*, y como hospedantes secundarios utiliza varias especies de árboles de sombrío como el aguacate *Persea americana*, cedro *Cedrela odorata*, guamo santafereño *Inga edulis*, cacao *Theobroma cacao*, leucana *Leucaena leucocephala*, cucharo *Clusia* sp., achioté *Bixa orellana*, teca *Tectona grandis*, y varias arvenses como el sauco *Sambucus nigra*, verbena *Verbena litorales*, escoba *Malvastrum* sp., chilca *Baccharis* sp. y venturosa *Lantana cámara* (CABI, 2006).

Recomendaciones de manejo

Es necesario identificar los focos del insecto en el lote, revisando detenidamente ramas secas y quebradizas con presencia de orificios circulares de 1 mm de diámetro y aserrín sobre las hojas y ramas.

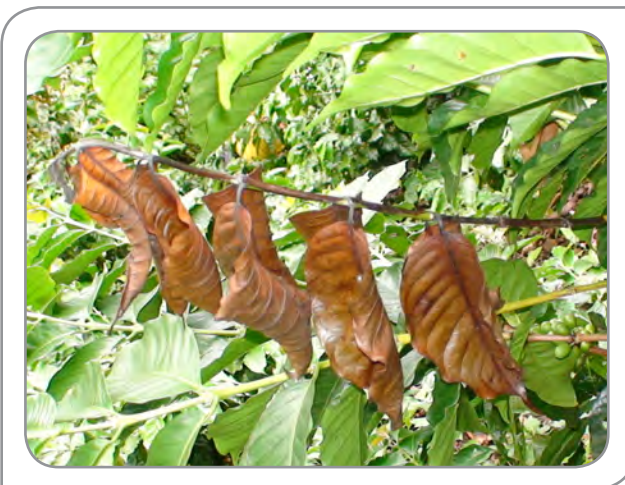


Figura 3.

Daño del perforador en ramas de café.

El uso de trampas para el monitoreo de la broca del café *Hypothenemus hampei*, cebadas con metanol:etanol en una proporción de 3:1, son útiles para capturar las hembras adultas y conocer las épocas de vuelo del pasador de las ramas del cafeto, además, ayudan a reducir las poblaciones (Figura 4).

Igualmente, las aplicaciones con el hongo *Beauveria bassiana* en los árboles afectados y en los focos

Debido a su comportamiento reproductivo, el método más eficaz es el control cultural, mediante podas sanitarias. Esta práctica consiste en:

- Cortar las ramas afectadas y revisar la presencia de adultos y larvas de *X. morigerus*.
- Destruir las ramas afectadas y sacarlas fuera del lote.
- En cultivos de café bajo sombra se recomienda mantener sombrío moderado, para evitar ramas débiles y delgadas.
- Una adecuada fertilización mantiene ramas gruesas y fuertes, que las hacen menos susceptibles al marchitamiento y taponamiento de los haces vasculares.
- Es conveniente revisar los árboles de sombrío donde se detecten focos de *Xylosandrus*, ya que generalmente los focos se inician de éstos hacia el cafetal.
- En los árboles de sombrío con presencia de ramas secas y perforaciones de *X. morigerus* es necesario hacer podas y raleos de ramas viejas, para cortar el ciclo del insecto.



Figura 4.

Trampa de embudo múltiple, cebadas con alcohol, para la captura de adultos.



Figura 5.

Adulto del escarabajo barrenador del tallo y la raíz del café.

infestados son importantes, ya que es una especie que se encuentra naturalmente parasitando a *X. morigerus*. Aunque en América no se conocen parasitoides de *X. morigerus*, para el sudeste Asiático se reportan a *Prorops nasuta* y *Tetrastichus xylebororum* (Vélez, 1997). Barrera *et al.* (2001) y Barrera (2007) reportan las hormigas *Crematogaster* spp., *Leptothorax* spp., *Pheidole* spp., *Pseudomyrmex* spp. y *Solenopsis* como depredadores de las larvas y adultos de *X. morigerus*.

El uso de insecticidas sistémicos y de ingestión son ineficaces para el perforador de las ramas porque el insecto no come madera (Xilófago) sino que consume hongos (Micetófago).

El barrenador del tallo y la raíz del café

Plagiohammus colombiensis (Coleoptera: Cerambycidae)

Es un escarabajo longicornio, de 2,5 cm de longitud, de color marrón con numerosas manchas amarillas sobre el cuerpo. Presenta las antenas más largas que el cuerpo, siendo el doble de largo en los machos (Figura 5).

La larva mide de 5 a 6 cm de largo, es blanco crema, carente de patas torácicas y con los segmentos abdominales constreñidos en forma de tornillo. La larva barrena el tallo y la raíz principal del cafeto, destruyéndola completamente, por lo cual los árboles se tornan cloróticos y se secan.

El daño que causa el barrenador del tallo y la raíz del café, es más severo en árboles de menos de 18 meses, mientras que árboles mayores de 3 años toleran el ataque, pero se debilitan y no producen. La presencia del barrenador del tallo en el cultivo de café se reconoce por los montículos de aserrín en la base del tallo afectado, que la larva evacúa cuando está barrenando el tallo principal.

En Colombia solo se tenía un reporte de cafetos atacados por este insecto en la localidad de El Carmen, Santander, en el año 2000 (Cárdenas y Posada, 2001). Posteriormente, en el año 2012 se presentaron ataques del barrenador del tallo en las localidades de Aguachica (Cesar) a una altitud de 1.200-1.300 m, luego en Maripí (Boyacá) y más recientemente en el municipio de Girón (Santander), en el mes de enero de 2013, donde se reportaron 3.000 árboles de café afectados.

Antecedentes

El género *Plagiohammus* Dillon & Dillon, 1941, pertenece al orden Coleoptera, familia Cerambycidae (subfamilia Lamiinae), conocidos comúnmente como escarabajos longicornios, que se caracterizan por poseer antenas tan o más largas que el cuerpo, presentan el cuerpo alargado y cilíndrico y patas alargadas. Las larvas de estos escarabajos son cilíndricas y alargadas, con cabezas redondas y carentes de patas. Los segmentos del cuerpo son constreñidos en forma de tornillo. La mayoría de las larvas taladran el cambium o la parte central del tronco de los árboles. Unos pocos taladran en las raíces y los tallos, a la altura del nivel del suelo, como acontece con *Plagiohammus*. La mayoría de especies de cerambycidos son plagas de árboles forestales, ciertas especies son de considerable importancia económica.



De las muestras de adultos del barrenador del tallo recolectadas en Colombia y comparadas con material tipo, depositado en museos entomológicos en el exterior, se pudo confirmar que la especie de Colombia no es *P. maculosus* sino una nueva especie similar a *P. emanon* y *P. thiodes*, la cual se encuentra en proceso de descripción.

Descripción

El adulto de *Plagiohammus colombiensis* es un escarabajo longicornio de 2,5 cm de largo por 0,75 cm de ancho, con el cuerpo alargado y cilíndrico, de color pardo claro, con 12 manchas grandes de forma irregular, de color amarillo intenso, con puntos amarillos pequeños esparcidos sobre los élitros. Pronoto con una banda lateral continua y una banda dorsal interrumpida de color amarillo. Antenas del doble de largo del cuerpo y de color pardo oscuro. Cabeza con frente de color amarillo y ojos compuestos, grandes y negros. Posee sexos similares, pero la hembra presenta las antenas más cortas y cuerpo más ancho (Figura 6).

Con base en observaciones del daño en el campo se pudo determinar que la hembra oviposita sobre la corteza del tallo principal, cerca de su base. Cuando la larva emerge empieza a barrenar la parte central del tallo hacia la raíz principal. El barrenador del tallo ataca árboles de café de todas las edades, cuando afecta tallos entre los 18 y 36 meses, causan marchitamiento. Las larvas son blanco-crema, con el pronoto de la cabeza redondeado y grande, cubierto con una placa torácica blanco-crema. La cabeza es negra y presenta un par de mandíbulas esclerotizadas, el cuerpo presenta diez segmentos abdominales, cada segmento está fuertemente constreñido, en forma de tornillo. La larva madura alcanza una longitud de 5,5 a 6,0 cm (Figura 7).

Daños en tallos y raíces de café

La larva barrenar y destruye la médula del tallo y los haces vasculares del tallo central y la raíz principal, ocasionando la interrupción del flujo de savia (Figura 8). Los árboles afectados se reconocen por la presencia de montículos de aserrín en la base del tallo de café (Figura 9). Cuando

la larva llega hasta el cuello de la raíz barrenar toda la raíz principal y luego se devuelve hacia arriba por el tallo central, a una altura de 10 cm del suelo, donde empupa

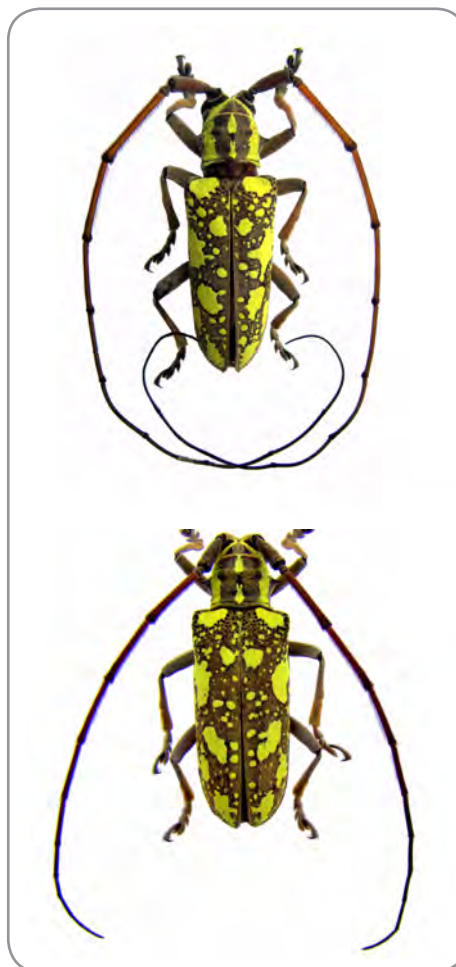


Figura 6.

Adulto macho (Izquierda) y hembra (Derecha) del barrenador del tallo y la raíz del café.



Figura 7.

Larva de *Plagiohammus colombiensis* en tallo de café.



Figura 8.

Daño en el cuello y raíz principal de un tallo de café.



Figura 9.

Aserrín en la base de un tallo de café, indicador de presencia del barrenador del tallo.

en una cámara construida dentro de la galería. La pupa está cubierta con un capullo construido con fibras de madera. La pupa es de color crema oscuro y se asemeja en su morfología al futuro adulto.

Biología y hábitos

El ciclo de vida de *Plagiohammus maculosus* fue estudiado en México por Barrera (2004), quien reporta una duración de 18 meses desde la etapa de huevo hasta la emergencia del adulto. Los adultos del género *Plagiohammus* son de hábitos nocturnos. Cuando la larva ha completado su ciclo de desarrollo, construye una cámara pupal al interior de la galería principal cerca del orificio de entrada. Una vez ha completado el desarrollo, la pupa eclosiona y emerge un adulto. El orificio de salida del adulto mide 0,8 cm de

diámetro, es de forma circular y lo construye a una altura de 10 cm del suelo (Figura 10). Es una especie que se ha encontrado en cafetales contiguos a zonas boscosas y húmedas, por lo que se presume que el hospedante principal puede ser una especie forestal.

Recomendaciones de manejo

El barrenador del tallo y las raíces del café se presenta por focos, con distribución agregada en los lotes. La presencia de montículos de aserrín en la base de los tallos afectados es el indicador de presencia de larvas, por lo tanto, el monitoreo y la determinación del nivel de infestación en el lote es necesario realizarlo cuando aparezcan los primeros ataques.

- Se recomienda realizar control cultural mediante poda sanitaria y solarización de árboles infestados secos o marchitos, con presencia de orificios de entrada del insecto.
- En los árboles afectados que no presentan síntomas de marchitamiento, se puede aplicar un insecticida de contacto, inyectado en el orificio de entrada de la larva, taponando el orificio con barro o cera.
- El control etológico, mediante el uso de trampas de luz para la captura de adultos, podría ser otra opción que debe ser explorada. Su uso se realizaría con el fin de ocasionar interrupción de la cópula.

Hasta el momento no se conocen enemigos naturales ni hongos entomopatógenos para el control del barrenador del tallo del cafeto. Es importante considerar que siendo los cerambícidos barrenadores de plantas arbóreas, los cafetales que estén contiguos a zonas boscosas estarán más propensos al ataque de este insecto habitante natural del bosque. Se deben conservar las especies forestales que hospedan naturalmente a este insecto.



Figura 10.

Orificio de salida del adulto en la base del tallo, a una altura de 10 cm del suelo.

Escarabajo gregario del follaje de café

Ancistrosoma rufipes
(Coleoptera: Melolonthidae)

El adulto de *Ancistrosoma rufipes* (Latreille, 1833) es un escarabajo negro, de unos 4 cm de longitud, con estrías a lo largo de los élitros del cuerpo, presenta patas largas de color anaranjado, que lo caracterizan (Figura 11). Esta especie fue reportada por primera vez atacando cultivos de café en Pitalito (Huila) (Cárdenas y Posada, 2001), y más recientemente en Tolima (Constantino y Benavides, 2009). En el Museo Entomológico Marcial Benavides de Cenicafé, se cuenta con 11 ejemplares adultos recolectados en Pitalito (Huila), en cafetales bajo sombra.

Esta especie es de hábitos polípagos, se alimenta de una gran cantidad de hospedantes. Los registros en el cultivo de café son escasos y aislados.

Biología y hábitos

Esta especie presenta dos vuelos nupciales en los meses de abril y noviembre, con la llegada de las primeras lluvias. Los adultos se congregan en grupos hasta de 100 ó más individuos, donde ocurre el apareamiento sobre la planta hospedante o sitios de congregación.

Las larvas conocidas comúnmente como chisas, son de tipo escarabaeiforme, con su característica forma de

“C”, la cual pasa por tres estadíos; el cuerpo es blanco cremoso, robusto, con la cabeza esclerotizada y de color café. Presenta tres pares de patas torácicas de color café y no posee pseudopatas. Durante el estado larval, las chisas se encuentran en el suelo a diferentes profundidades, dependiendo de la humedad y del tipo de cultivo. En Colombia esta especie está reportada en cultivos de yuca, fríjol, frutales y hortalizas.

Daño. El daño lo ocasiona el adulto sobre el follaje del cafeto, causando perforaciones y esqueletización, dejando las nervaduras principales; también mastican las flores y roen el epicarpio de los frutos de café (Cárdenas y Posada, 2001) (Figura 12).

Recomendaciones de manejo

- Los adultos de *A. rufipes* son atraídos a la luz ultravioleta, por lo que el uso de trampas con este tipo de luz es útil para hacer monitoreo y conocer las épocas de vuelo de los adultos. Igualmente, es fácil distinguir la presencia de hojas con daños frescos y adultos sobre el follaje en época de apareamiento.
- Las larvas presentan muchos enemigos naturales como los hongos entomopatógenos *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*. También la bacteria *Bacillus popilliae* y entomonematodos del género *Hexameris* atacan las larvas en el suelo, de ahí que **el manejo de esta plaga debe ser integrado**, complementado con la aplicación de productos biológicos, dirigidos a los adultos sobre el follaje, solamente en los focos de infestación y en las épocas del vuelo, cuando las poblaciones son muy altas.



Figura 11.

Ancistrosoma rufipes masticando hojas de café.



Figura 12.

Adultos de *Ancistrosoma rufipes* masticando flores de café.

La hormiga arriera

Atta cephalotes

(Hymenoptera: Formicidae)

Las hormigas arrieras están representadas en Colombia por diez especies pertenecientes a los géneros *Atta* y *Acromyrmex*, de las cuales la que presenta mayor distribución en la zona cafetera y genera mayor impacto económico es *Atta cephalotes* (Madrigal y Yepes, 1997).

Las hormigas arrieras pertenecen a la subfamilia Myrmicinae y a la tribu Attini, caracterizada por ser las únicas hormigas que cultivan hongos simbiotes de los que se alimentan (Vélez, 1997), es decir, cortan las hojas no para alimentarse sino para utilizarlas como sustrato de cultivo del hongo simbiote *Attamyces bromatificus*, dentro de las cámaras de cría en el hormiguero.

La hormiga arriera, *A. cephalotes*, se encuentra distribuida en las tres cordilleras del país y en los valles interandinos, en un rango altitudinal desde los 800 hasta los 2.000 m, donde se ha registrado atacando la mayoría de cultivos forestales y agrícolas como café, yuca, maíz, cítricos, mango, almendros, eucaliptos, nogal, pino pátula, cedro, guamo y ornamentales, entre otros (Madrigal, 2003). Es una de las especies más limitantes en los programas de reforestación, ya que pueden causar la defoliación parcial o total de las plantas.

Biología y hábitos

Las hormigas arrieras son insectos sociales, es decir, la población de cada colonia está conformada por individuos morfológicamente diferentes y su tamaño está relacionado con la función que cada uno de ellos cumple en el hormiguero. Las castas que componen un hormiguero son la reina alada (hembra fértil), el macho alado y las obreras estériles, conformadas por las hormigas cortadoras, las cargadoras, las jardineras, las escoltas y los soldados.

La reina tiene como función la multiplicación de la colonia, puede vivir hasta 15 años, durante los cuales pone aproximadamente un millón de huevos por año. La fecundación de la reina ocurre durante el vuelo nupcial y puede aparearse hasta con ocho machos. Durante todo el año, la reina coloca huevos que darán origen a obreras estériles y sólo durante un corto período del año produce huevos que darán origen a hembras fértiles aladas y a machos, los cuales se encargarán de la fundación de nuevas colonias (Figura 13).

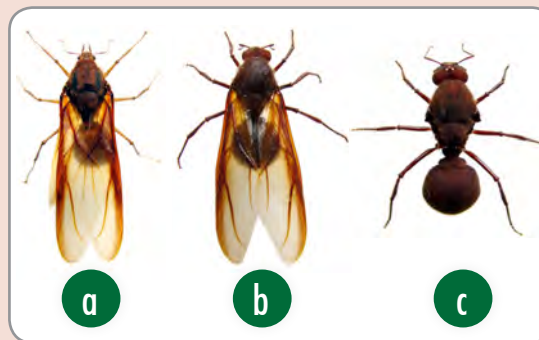


Figura 13.

a. Macho alado; b. Hembra alada;
c. Reina sin alas permanente de *Atta cephalotes*.

Las obreras constituyen la mayor proporción del hormiguero y son las responsables de la alimentación y el cuidado de toda la colonia. Cada casta cumple una función específica. Los soldados son la última casta en aparecer en el hormiguero, al cabo de 6 meses de su iniciación; los soldados pueden vivir hasta 2 años (Jaffé y Howse, 1979; Wilson, 1986; Jaffe y Vilela, 1989).

Cuando el nido está bien desarrollado la reina empieza a producir huevos que darán origen a machos y hembras aladas, con el inicio de las lluvias éstos realizan el vuelo nupcial, que marcará para algunas hembras el inicio de su vida como reina madre de un nuevo hormiguero. El vuelo nupcial ocurre en las épocas de invierno, entre abril - mayo y octubre - noviembre (Madrigal y Yepes, 1997).

Una vez la reina se aparee busca un sitio adecuado para iniciar una nueva colonia y construir un hormiguero (Figura 14), generalmente en los claros de la vegetación, sitios abiertos y taludes, donde el suelo está blando y húmedo. Una vez en el suelo, se deshace de las alas con las mandíbulas y abre un orificio, de unos 20-30 cm de profundidad, al final del cual construye una cámara en donde regurgita una pequeña bola del hongo simbiote, que recolectó en su hormiguero de origen y que guarda

en el aparato bucal. Este primer jardín del hongo lo abona con gotas de materia fecal.

En esta esponja de hongo la reina empieza a colocar dos tipos de huevos, unos fértiles que darán origen a las primeras obreras y otros infértiles pero más grandes, que servirán de alimento a la reina y las primeras larvas. Al cabo del tercer mes, aparecen las primeras obreras cortadoras y cargadoras, que salen al exterior y que se encargarán del mantenimiento y del cuidado del nido. Éstas empiezan a forrajear cortando pedacitos de hojas y las llevan hasta la cámara donde son recogidas y trituradas por las jardineras, que se encargan de formar una especie de colcha o esponja donde cultivan el hongo *Attamyces bromatificus*, que se constituye en el único alimento de la hormiga arriera (Figura 15). Se considera un hongo simbiote, porque las hormigas dependen de él para alimentarse, y a su vez, el hongo depende de las hormigas para vivir y crecer (Quinlan y Cherrett, 1979).



Figura 14.

Nido de *Atta cephalotes*.

Las hormigas arrieras presentan metamorfosis completa, es decir, pasan por los estados de huevo, larva, pupa y adulto. El ciclo de vida de una obrera tarda 22 días en estado de huevo, 25 días en estado de larva, 10 días en estado de pupa y 120 días en estado adulto. Las reinas por el contrario, son muy longevas y pueden llegar a vivir hasta 15 años (Madrigal y Yepes, 1997).

Se estima que un hormiguero para alcanzar su máximo desarrollo tarda aproximadamente entre 10 y 15 años, y para entonces puede abarcar una superficie de más de 200 m². De acuerdo con el área del hormiguero se pueden clasificar en pequeños (< 5 m²), medianos (5 - 100 m²) y grandes (> 100 m²). Un hormiguero se mide multiplicando las bocas más extremas a lo largo, por las bocas más extremas a lo ancho, lo cual da el área en metros cuadrados (Wilson, 1986; Wetterer, 1990; Madrigal, 2003).

Durante los primeros 6 a 7 meses, la profundidad del nido, con apenas una cámara, es de 20 - 30 cm (primer nivel). Al cabo de 8 meses, cuando ya la cámara está completamente llena, la reina abre una nueva cámara interconectada con la primera y se profundiza entre 1 a 3 m (segundo nivel), donde construye nuevas cámaras durante los tres primeros años, y así sucesivamente, hasta alcanzar una profundidad de 4 - 6 m (tercer nivel), donde amplía el número de cámaras. En este lapso, el nido puede alcanzar una área mayor de 100 m².

Daños

Las hormigas arrieras son una de las principales plagas limitantes de la producción agrícola en toda la región andina del país, en un rango altitudinal entre los 800 y 2.000 m, donde se han registrado afectando cultivos de pancoger, agrícolas, forestales y ornamentales, causando la defoliación total de las plantas, lo cual incide en la baja producción, reducción de crecimiento y hasta la muerte, cuando la incidencia del ataque es continuo. Con frecuencia se observan atacando viveros

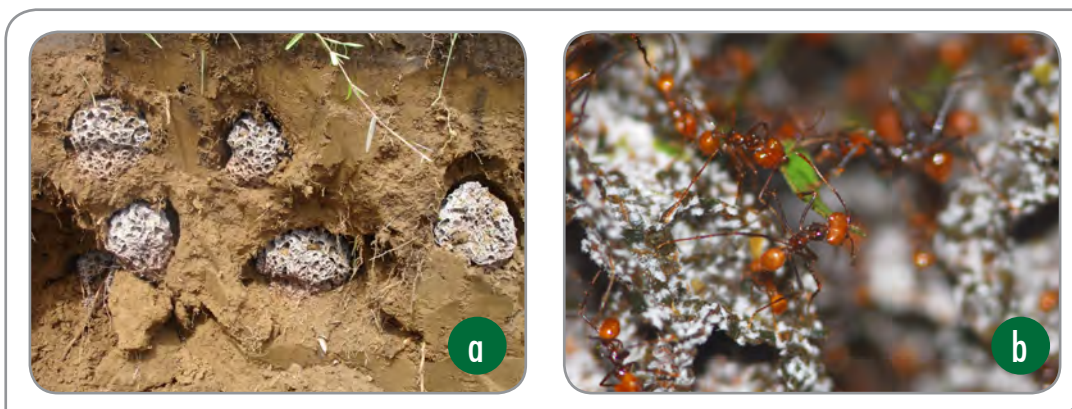


Figura 15.

a. Nido de *Atta cephalotes* mostrando las cámaras de cultivo del hongo simbiote que les sirve de alimento; b. Hormigas jardineras cultivando el hongo *Attamyces bromatificus* en un nido.

de cafetos y plantas jóvenes en cafetales, ocasionando una defoliación considerable y retraso en su desarrollo (Figura 16).

Consideraciones prácticas

La gran mayoría de los agricultores no controlan el insecto, debido en muchos casos al desconocimiento biológico de la plaga y a que no se tiene conciencia de la dimensión del problema. Para que el control de la hormiga arriera sea exitoso en una región determinada, se debe hacer de manera participativa entre toda la comunidad, mediante la implementación de un sistema de manejo integrado de la plaga, que incluya diferentes técnicas de control manual, cultural, biológico y químico, para lo cual es necesario que los productores y vecinos de diferentes predios se organicen y trabajen conjuntamente controlando esta plaga (Constantino y Bonilla, 2004).

Para que un programa de control en la vereda o en la región sea exitoso se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

Recomendaciones de manejo

Conformación de las brigadas de control

Se deben conformar brigadas de control de unas 15 personas de la zona por vereda/corregimiento, previamente capacitadas en técnicas de control, quienes deben hacer el **inventario y control de hormigueros**, de manera participativa con la comunidad. La actividad que

realizan los brigadistas es la de ubicar los nidos por zonas de trabajo, una vez ubicados se deben limpiar y desyerbar, así como contabilizar el número de bocas de cada nido, ubicar la entrada principal de forrajeo y que esté activa, marcar los nidos con una estaca (Bandera roja para nidos inventariados, bandera amarilla para nidos tratados y bandera blanca para nidos controlados), y medir los nidos (Área en metros cuadrados) contabilizando el número total de bocas a lo largo y el número total de bocas a lo ancho, según su tamaño (Grandes, medianos, pequeños). Luego, es necesario dibujar a mano alzada el croquis del predio, con la ubicación de los nidos en cada finca o terreno a intervenir.

La medición de los hormigueros es fundamental para determinar el tipo de control más adecuado a realizar y calcular la cantidad de producto necesario.

Georeferenciación y eficacia de los controles

Cada hormiguero inventariado y localizado se puede georeferenciar por medio de un sistema de posicionamiento global GPS, para determinar las coordenadas geográficas de la ubicación exacta en un mapa regional. Los registros se deben llevar en una ficha técnica, donde se anota el punto o número de nido, propietario del predio, tamaño del nido, número de bocas, tipo de control, fecha de control y coordenadas de ubicación. Con este formato se puede hacer el seguimiento de la actividad del nido, para determinar la efectividad del tratamiento empleado (Químico, biológico, manual o cultural), el cual se determina midiendo el número de obreras forrajeras activas que entran al nido por minuto, antes y después del tratamiento. Para esto se puede diseñar una escala de valores (Alta, media, baja o nula), después de realizado el tratamiento, debido a que algunos tratamientos, como los biológicos, tienen un efecto de acción patogénica más lenta y los resultados se ven al cabo de la tercera a la sexta semana (Constantino y Bonilla, 2004).

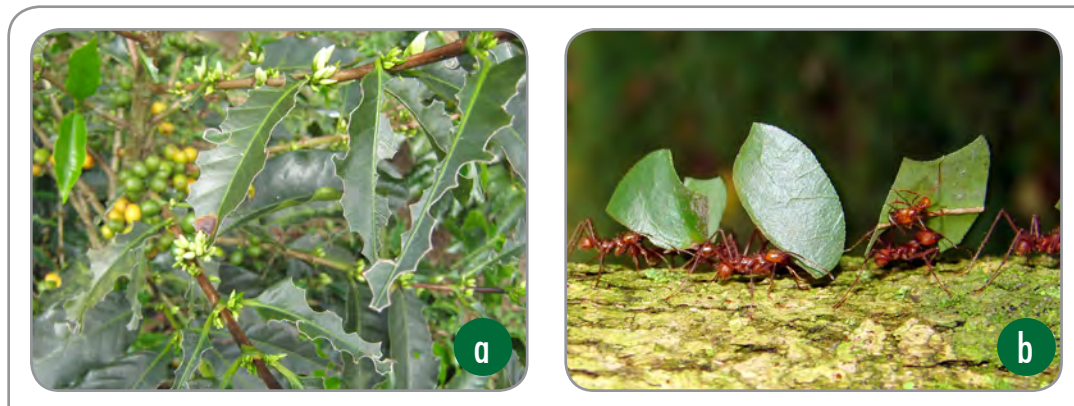


Figura 16.

a. Daño de hormiga arriera en follaje de café. **b.** Obreros transportando pedazos de hojas al hormiguero.

Control manual

Empleado sólo para nidos pequeños dentro de los primeros 3 meses, entre el vuelo nupcial y la apertura del primer orificio. La destrucción manual del hormiguero y de la reina se hace mediante el uso de una pala o palín, ya que la cámara se encuentra a sólo 20 - 30 cm de profundidad. Este método de control manual de hormigueros es una medida preventiva fundamental y efectiva para evitar la proliferación de futuros nidos en un predio y se debe programar durante las lluvias de marzo - abril y octubre - noviembre, época en la cual se produce el vuelo nupcial.

Control físico

- **No se recomienda el uso de gasolina y fuego para explotar los nidos, por los riesgos para el agricultor y por su baja eficacia, además porque es una práctica que contamina el suelo.**
- La aplicación de agua debe hacerse en terrenos planos y nidos pequeños, para evitar la erosión del suelo.
- Se recomienda el uso de barreras a base de plástico, con grasa alrededor de los troncos de árboles, para evitar que las hormigas suban (Madrigal y Yepes, 1997; Constantino y Bonilla, 2004).

Control etológico

El conocimiento del calendario del vuelo nupcial es fundamental para iniciar el control oportuno de hormigueros. Este comportamiento se da durante dos épocas al año, que generalmente coinciden con el inicio de las lluvias, en el cual las hormigas salen masivamente de los nidos para aparearse, emigrar y formar nuevos nidos. Este evento puede ser aprovechado para capturar las hembras y evitar así que formen nuevos nidos. Para la captura de las reinas, durante el vuelo nupcial, se pueden emplear lámparas de luz negra. También mallas metálicas de agujeros pequeños, construidas en forma de jaulas cuadradas de 20 x 20 cm, ubicadas sobre las bocas de los nidos, para capturar las reinas antes del vuelo nupcial, cuando emergen y salen de los nidos en grandes cantidades. Estas hormigas se pueden aprovechar para consumo humano o como alimento para las gallinas (Constantino y Bonilla, 2004).

Control biológico

Mediante el uso de hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, y hongos micopatógenos como *Trichoderma lignorum* aplicados en forma de cebos atrayentes, que son hechos

manualmente, utilizando hojuelas de avena o salvado de trigo impregnado con jugo de naranja como atrayente (Ortiz et al., 1999; López et al., 1999; Constantino y Bonilla, 2004).

Los hongos entomopatógenos *B. bassiana* y *M. anisopliae*, se encuentran normalmente en el ambiente, como un enemigo natural de insectos y son inofensivos para el hombre, las aves y los animales domésticos.

El modo de acción es muy específico, la acción patogénica ocurre cuando las esporas entran en contacto con el tejido vivo del huésped y éstas se hidratan. Las hifas penetran la cavidad hemocélica por medio de la cutícula, por acción mecánica y efectos enzimáticos. Las enzimas y toxinas que libera el hongo digieren y penetran el hemocelo o torrente sanguíneo de los insectos, invadiendo todos sus tejidos, lo cual causa la parálisis y muerte del insecto. La invasión del hemocelo y los tejidos ocurre entre las 24 y 48 horas siguientes. Las hifas continúan creciendo y el micelio sale del insecto atravesando la cutícula y cubriéndola con una capa algodonosa blanca.

Finalmente, bajo condiciones de alta humedad produce millones de esporas nuevas sobre el cuerpo del insecto muerto, que se liberan en el ambiente para iniciar un nuevo ciclo (Bustillo, 2002). Las conidias de *Beauveria bassiana* sobreviven en el suelo y en condiciones favorables de humedad pueden persistir de un año a otro, causando epizootias naturales en poblaciones de insectos susceptibles (Madrigal y Yepes, 1997). ***Trichoderma lignorum* es un hongo antagonista que invade y contamina el hongo simbiote de la hormiga arriera, causándole la muerte, lo cual ocasiona que las hormigas mueran por inanición al no tener alimento** (Ortiz et al., 1999).

Estos hongos se deben aplicar en forma de cebo, para que las hormigas los puedan transportar hasta el interior de los nidos donde está la reina y las cámaras donde las hormigas cultivan el hongo simbiote (Constantino y Bonilla, 2004).

La preparación manual de un cebo con agentes microbiológicos debe contener:

- 500 g de hojuelas enteras de avena.
- 1 L de jugo de naranja, usado como atrayente.
- 10 g de una formulación comercial del hongo, que tenga una concentración de 1×10^{10} esporas por gramo.

Se agregan las hojuelas de avena poco a poco sobre un platón o balde plástico, y se va agregando el jugo de naranja con un atomizador, para que se impregnen del

atrayente. Debido a que el jugo de naranja es pegajoso, actúa como adherente para las esporas del hongo que se agregan por espolvoreo, y se mezclan bien con las hojuelas con guantes de mano. Con este sistema las hojuelas de avena quedan enteras y no es necesario hacer bolitas o pellets con la mano.

Para un nido pequeño de una a cuatro bocas, se colocan 50 g de cebo en montículos ubicados a 30 cm de la boca de forrajeo y a un lado del camino. La aplicación de los cebos debe hacerse en época de verano y con suelo seco, en caso contrario, se debe proteger el cebo de la humedad con un pedazo de teja o de hoja. El cebo no se debe tocar con las manos para evitar que las hormigas detecten el olor y lo rechacen.

Control químico

Formicidas en polvo. Para nidos pequeños y medianos se emplea la insufladora para que el producto penetre hasta las cámaras. Nunca aplique el polvo sobre los caminos ni las bocas, porque el efecto de control es ineficaz. Se debe aplicar cuando el suelo esté seco, hasta unos 30 cm de profundidad. Se recomienda aplicar entre 30 a 50 g.m² de hormiguero (Madrigal y Yepes, 1997).

Cal viva. Se recomienda la aplicación de cal viva en forma de talco con insufladora, en nidos pequeños y medianos, ubicados cerca de fuentes de agua o nacimientos, para evitar problemas de contaminación, con dosis entre 30 y 50 g.m² de hormiguero (Madrigal y Yepes, 1997).

Formicidas con termonebulizador. Recomendado para nidos grandes, se usa ACPM como conductor, el cual al ser nebulizado forma un humo tóxico que penetra fácilmente en todas las cámaras. Se usa una dosis de 50 cm³ de clorpirifos por litro de ACPM, a razón de un minuto de termonebulización por cada 10 m² de hormiguero (Figura 17).

Cebos tóxicos. Para estos cebos se utiliza afrecho de trigo o avena y jugo de naranja con un insecticida como clorpirifos o con un hongo como *Metarhizium anisopliae*. Al igual que los cebos con hongos entomopatógenos, éstos se deben aplicar con guantes y en días de verano y en suelo seco.

Control cultural

Son las prácticas de tipo artesanal que el agricultor emplea en sus predios para el control de la hormiga



Figura 17.

Aplicación de un formicida líquido en la boca de forrajeo con un termonebulizador.

arriera, por ejemplo, las siembras de cultivos trampa que atraen a las hormigas y que por efectos tóxicos afectan el crecimiento del hongo simbiote, cuando las hormigas entran el follaje de estas plantas a las cámaras del nido. Las plantas recomendadas son canavalia, higuerrilla y ajonjolí. Otras técnicas de control empleadas comúnmente y que actúan como repelente son el uso de boñiga y ceniza en las bocas de los nidos. Igualmente, se pueden hacer camas con compost en sitios donde hay nidos grandes, en donde se puede mezclar el suelo que las hormigas sacan del nido para uso como abono orgánico. Esta actividad de arrojar compost con cal en las bocas de los nidos y de hacer continuamente el volteo del suelo repele las hormigas.

El gusano trozador y descortezador del tallo de café

Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae)

Conocido también como gusano cogollero del maíz o gusano ejercito, es una especie de lepidóptero de amplia distribución en Suramérica y Centroamérica, donde se tiene reportada como una plaga muy dañina en diversos cultivos, por sus hábitos polífagos, por su voracidad y por su prolificidad. Tiene más de 62 especies de plantas hospedantes, principalmente gramíneas y cultivos como maíz, arroz, sorgo, trigo, avena, caña de azúcar, maní, ajonjolí, café, soya, tabaco, alfalfa, papa, berenjena, plantas horticolas y muchas más (Madrigal, 1979; Vélez, 1997; Bustillo, 2008).

En cultivos de café se presenta con más frecuencia en resiembras en lotes donde antes hubo cultivos de maíz o pastos de corte para ganado. En almácigos de café las larvas pueden trozar los tallos y masticar los cogollos y en resiembras anillamiento y descortezamiento de los tallos.

Biología y hábitos

Los adultos son de hábitos nocturnos, se aparean y ovipositan durante la noche. Los huevos son depositados en grupos hasta de 100 huevos, formando una masa compacta, recubierta con seda y escamas. Los huevos son blancos, esféricos, de 0,5 mm de diámetro y con la superficie externa estriada verticalmente. Las larvas son de forma cilíndrica, de color marrón oscuro, con una línea longitudinal en el dorso y dos líneas longitudinales más claras, con serie de cuatro puntos negros, alcanzan una longitud de 45 mm en su máximo desarrollo, pasando por cinco a siete estadios larvales. Las larvas actúan como “trozadores” o “tierreros” en los cultivos; durante el día permanecen ocultas bajo el suelo, enroscados en forma de “C”, cerca de las plantas que atacan (Figura 18), y durante la noche trozan las plántulas (Vélez, 1997). Las larvas empupan bajo el suelo a unos 2,5 cm de profundidad. La pupa es de color castaño oscuro, de 44 mm de largo, de forma alargada y cilíndrica.

Los adultos son polillas de unos 30 a 35 mm de longitud alar. El macho tiene alas anteriores de color pardo oscuro, con manchas negras y blancas, y en el área submarginal presenta una mancha negra de forma elipsoidal. Las alas posteriores son blanco plateadas, con una franja negra marginal muy tenue. La hembra presenta las alas anteriores de color gris oscuro, carece de manchas negras y blancas, y no tiene la mancha negra elipsoidal. Las alas posteriores son blancas con margen oscuro (Figura 19).



Figura 18.

Larva de *Spodoptera frugiperda*.



Figura 19.

Spodoptera frugiperda, adulto macho (Arriba) y hembra (Abajo).

Daño

En almácigos de café, las larvas trozan las plántulas cerca al cuello de la raíz y consumen las hojas cotiledonales (Cárdenas y Posada, 2001). En resiembras de café se pueden observar árboles descortezados, parcial o totalmente, más arriba del cuello de la raíz. El descortezado total que se asemeja a un anillado, ocasiona la interrupción del flujo de savia y la planta se marchita (Figura 20).

Cuando el descortezado es parcial la planta sobrevive y emite raíces secundarias por encima de la herida; el grosor del anillado realizado por *Spodoptera* no supera los 2 cm de ancho y suele ser confundido con el anillado de la babosa *Sarasinula plebeia*, que es mucho más ancho y alcanza hasta 10 cm de altura del suelo. Si se revisa en el plato de los árboles marchitos es posible encontrar las larvas de *Spodoptera* enterradas a un lado del tallo afectado.

Recomendaciones de manejo

Para el manejo del gusano trozador en lotes de café, el mejor método es el control con cebos tóxicos preparados a base de afrecho o salvado de trigo impregnado con melaza y un insecticida de contacto, en este caso clorpirifos.

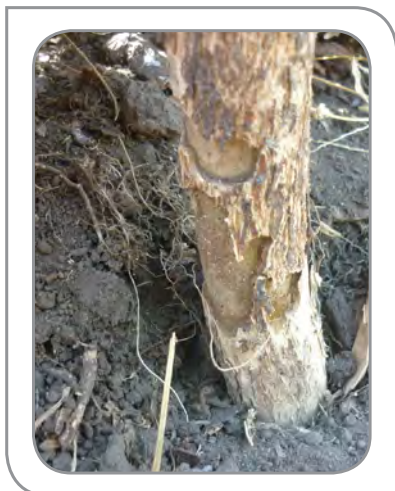


Figura 20.

Daño de *Spodoptera frugiperda* en tallos de café.

La preparación del cebo se realiza con 100 kg de salvado de trigo, 1 kg de azúcar o melaza y 750 cc de clorpirifos mezclado con 60 L de agua. La aplicación se debe realizar alrededor de los tallos con lesiones, especialmente en los focos y en horas de la tarde, para que el cebo permanezca fresco durante la noche, momento en el cual las larvas salen a alimentarse. Igualmente el uso de *Bacillus thuringiensis* (Dipel o Thuricide), aplicado en el cuello de la raíz y el tallo, son la opción de control biológico más eficaz para no afectar la fauna benéfica, en este caso, una gran diversidad de avispas parasitoides de huevos como *Telenomus remus* (Scelionidae) y *Trichogramma atopovirilia* (Trichogrammatidae), los parasitoides de larvas *Chelonus insularis* (Braconidae), *Archytas* sp., *Voria* sp. y *Winthemia* sp. (Tachinidae) regulan naturalmente las poblaciones de *Spodoptera*.

El gusano bellotero

Helicoverpa virescens

(Lepidoptera: Noctuidae)

Helicoverpa virescens (Boddie, 1850) conocido anteriormente como *Heliothis virescens*, es un lepidóptero de la familia Noctuidae. La larva es de hábitos polípagos y está reportada como una de las peores plagas de varios cultivos agrícolas.

Esta especie se distribuye en toda América Tropical, desde el norte de Argentina hasta México, y en los Estados Unidos de Norteamérica. En Colombia se encuentra desde el nivel del mar hasta los 2.000 m, en todas las zonas donde hay cultivos de tomate, algodón, tabaco, guandul y maíz (Hallman, 1978; Cordo et al., 2004).

Daños

En café, la larva perfora frutos verdes en formación y consume el contenido interno del fruto (Figura 21). En otros cultivos, las larvas se alimentan de las hojas de los brotes terminales causando perforaciones que deterioran la calidad y bajan los rendimientos de las plantas afectadas. También atacan las flores, cápsulas y semillas de las plantas y puede afectar almácigos desarrollados. En algodón provoca la pérdida de botones y bellotas afectando considerablemente los rendimientos; se estima que una larva puede afectar de 11 a 16 órganos de fructificación durante su permanencia en la planta. La infestación en brotes terminales afecta la estructura de la planta, causando formación de numerosas ramas vegetativas y cuando no existen órganos de fructificación comen hojas, observándose perforaciones irregulares en la superficie foliar y en los contornos de las mismas (Cordo et al., 2004).

Los únicos registros de ataque de *Helicoverpa* en frutos de café, corresponden a la especie *H. armigera* (Hubner) en India, Islas Fiji, China, Nueva Guinea y Madagascar. En Colombia y en toda la región neotropical no se tenían registros de *H. virescens* consumiendo frutos de café, siendo éste el primero. El incremento actual de cultivos de tomate en la zona central cafetera contiguos a cultivos de café puede explicar este caso de adaptación de *H. virescens* en café.



Figura 21.

a. Larva de *Helicoverpa virescens* consumiendo frutos de café; **b.** Daño de *Helicoverpa virescens* en frutos de café.

Biología

El huevo es de forma subesférica, de 0,5 a 0,6 mm de tamaño, con numerosas estrías radiales que se originan en el micrópilo. Recién depositado es blanco y finalmente pardo grisáceo. La larva es de coloración variable, desde el verde amarillento hasta el pardo rosado-rojizo, con numerosos puntos negros ordenados longitudinalmente.

En las larvas con características típicas, se observan tres líneas oscuras sobre el dorso y una banda subspiracular nítida, blanco amarillenta, y puede medir hasta 35 mm de longitud en su mayor desarrollo, empupan en el suelo a una profundidad de 6 a 8 cm. La pupa es de color marrón claro y con una espina negra en el cremaster, mide 15 a 18 mm de longitud (Figura 22).



Figura 22.

Pupa de *Helicoverpa virescens*.

El adulto es una polilla de color marrón amarillo, variando a verde oliva. En las alas anteriores se observan tres bandas transversales oblicuas, de color marrón, que por lo general tienen líneas adyacentes blancas. Poseen una extensión alar de 30 a 35 mm. Las alas posteriores son blancas y translúcidas, con el borde marginal de color café (Figura 23).



Figura 23.

Adulto de *Helicoverpa virescens*.

Los adultos son de actividad nocturna, sin embargo, muestran una mayor actividad de vuelo en las primeras horas de la noche y de la madrugada. Las hembras generalmente depositan sus huevos en los botones florales y rebrotes nuevos de las plantas, e inician la oviposición uno o dos días después de la cópula, por un período aproximado de 5 a 6 días, llegando a depositar hasta 1.000 huevos por hembra (Delgado y Fedre 2003; Vélez, 1997).

El huevo presenta un período de incubación de 4-7 días; el período larval es de 20-21,4 días, y el período de pupa de 12-20 días, para un ciclo total de 30-70 días (de acuerdo a las condiciones ambientales) (Butler y Hamilton, 1976).

Recomendaciones de manejo

Control cultural

En los lotes donde antes hubo cultivos de maíz, tomate o tabaco se debe preparar adecuadamente el terreno, arando profundo en terrenos planos, para la destrucción de pupas o la exposición de las mismas a los depredadores. Rotar con cultivos alternos no atractivos para la plaga. Destrucción de zocas de maíz y tomate para eliminar larvas.

Control etológico

El empleo de feromonas sexuales para capturar machos con trampas tipo Delta, cebadas con el atrayente sintético (Z)-11-hexadecenal y (Z)-9-tetradecenal, en proporción 16:1 (Tafoya *et al.*, 2002). El uso de trampas de luz negra para capturar adultos y monitorear las épocas de vuelo.

Control biológico

Aplicaciones de *Bacillus thuringiensis* para el control de larvas en los focos y sobre las plantas afectadas. *H. virescens* presenta una gran cantidad de enemigos naturales como los parasitoides de huevos *Trichogramma* sp. (Trichogrammatidae) y *Telenomus* sp. (Scelionidae), de larvas *Apanteles glomeratus* (Braconidae), *Brachymeria* sp. (Chalcididae), y depredadores de larvas como *Chrysoperla* sp. (Neuroptera) (Vélez, 1997; Delgado y Fedre, 2003).

El gusano araña

Phobethron hipparchia

(Lepidoptera: Limacodidae)

Conocido vulgarmente en la zona cafetera como gusano araña, por las proyecciones laterales curvadas hacia los lados que presentan las larvas y que le dan esa apariencia de araña (Figura 24). El cuerpo está recubierto de setas muy urticantes al tacto, que pueden generar alergias y escozor en la piel afectada. Es una especie de amplia distribución en América tropical, desde México hasta Argentina.

Es de hábitos polípagos y se ha reportado en varios hospedantes dentro de los cuales se destacan los cítricos *Citrus* spp., café *Coffea* ssp., cacao *Theobroma cacao*, mango *Mangifera indica*, almendro *Terminalia catappa*, macadamia *Macadamia integrifolia*, caoba *Swietenia macrophylla*, balsa *Ochroma pyramidale* y varias especies de palmas (Villegas, 1998).



Figura 24.

Gusano araña, *Phobethron hipparchia*.

Recomendaciones de manejo

Esta especie generalmente se observa en bajas densidades y es muy estacional. Dado que *P. hipparchia* es una especie de origen americano, **presenta buen control natural que ejercen los enemigos naturales sobre las larvas y pupas, como es el caso de las avispas *Brachymeria* sp. y *Conura phobetronae* (Hymenoptera: Chalcididae) que parasitan a las larvas.**

Un producto biológico efectivo contra las larvas es el uso de *Bacillus thuringiensis*, un agente entomopatógeno específico para larvas de lepidópteros. Esta bacteria actúa por ingestión contra todos los estados larvales, se aplica en dosis de 3 a 4 g de producto comercial por litro de agua, asperjados de forma dirigida sobre el follaje en las zonas afectadas y sobre las larvas. Además es un producto que no afecta la fauna benéfica.

Los adultos son mariposas de hábitos nocturnos y presentan dimorfismo sexual marcado. Los machos miden de 24 a 37 mm de envergadura alar, presentan cuerpo negro y alas de color gris oscuro con una zona transparente y con cinco manchas rojas. La hembra es más grande que el macho, de color anaranjado con manchas negras y rojas sobre todo el cuerpo.

Hábitos y daños en café

Las larvas son de hábitos gregarios en los primeros instares y raspan el tejido de las hojas de las cuales se alimentan. Las larvas de tercer estadio son solitarias y se alimentan en las hojas tiernas, haciendo cortes irregulares, cuando completan su desarrollo larval éstas empupan en el envés de las hojas bajas y hojarasca, dentro de un capullo protegido con las setas y proyecciones de la última exuvia larval (Cárdenas y Posada, 2001). Las larvas presentan variación en el color dependiendo del estadio larval, el cual va desde el amarillo, marrón hasta el gris oscuro, cuando están bien desarrolladas.

La polilla de los racimos de café

Pococera hermasalis

(Lepidoptera: Pyralidae)

La larva de esta polilla causa roeduras y perforaciones a los glomérulos y frutos verdes en formación, en las ramas productivas de café. Los frutos perforados se tornan negros y se secan. Una característica de esta especie es que teje hilos de seda sobre las ramas y los glomérulos. En el año 2012 se presentaron fuertes ataques de este lepidóptero en cafetales de Salento (Quindío), El Águila (Valle), Aguadas y Chinchiná (Caldas), en fincas ubicadas

entre los 1.470 y 1.700 m de altitud (Constantino y Benavides, 2012).

Biología y hábitos

El huevo mide 1,2 mm de longitud, de color verde claro translúcido y de forma ovoide y achatado; se observan en grupos de 2 a 5 en el envés de las hojas de café.

La larva es de color pardo claro, con dos líneas de color café oscuro, una subdorsal y la otra lateral, que se extienden de forma longitudinal y paralelas a lo largo del cuerpo. Cada segmento del cuerpo presenta tres chalazas negras sobre las que emerge una seta translúcida larga y fina; la cabeza y la placa protorácica son de color crema, con manchas irregulares de color café oscuro. La larva alcanza una longitud de 12 mm (Figura 25).

Las larvas tejen hilos de seda sobre las ramas donde se refugian y las deyecciones fecales y residuos de comida quedan atrapados en los hilos de seda. Las larvas son muy activas y rápidas, con un leve movimiento de las ramas, éstas se refugian y esconden en el interior de los nidos de seda que tejen de forma irregular sobre las ramas, los glomérulos y los frutos verdes.

La pupa es de color castaño oscuro, de forma alargada y con el cuerpo liso, las áreas dorsal, torácica y entre los segmentos abdominales presentan poros. La cabeza es redondeada con ojos grandes, los espiráculos son negros, el último segmento abdominal es de color oscuro con granulaciones y cremaster provisto de ocho ganchos alargados de color pardo claro, enrollados en su extremo apical. La longitud de la pupa es de 9,0 mm x 2,5 mm de ancho (Figura 26).



Figura 25.

Larva de la polilla de los racimos.



Figura 26.

Pupa de *Pococera hermasalis*.

El macho adulto alcanza una envergadura alar de 8 mm (Figura 27), antenas largas y filiformes, ojos grandes de color gris con pupila negra; los palpos labiales son largos, negros y recurvados hacia atrás de la cabeza; alas anteriores blanco crema, con seis manchas marginales negras, una banda submarginal de color rojiza y otra en la parte medial de color café oscuro. En el área costal y submedial presenta una banda negra con una mancha amarilla central. Alas posteriores, blanco crema, con las venas alares de color café oscuro. Presenta androconios de forma alargada en el margen subcostal del área media del ala anterior, que se origina en el lado ventral. Están recubiertos de escamas odoríferas modificadas en forma de plumas de color azul metalizado.

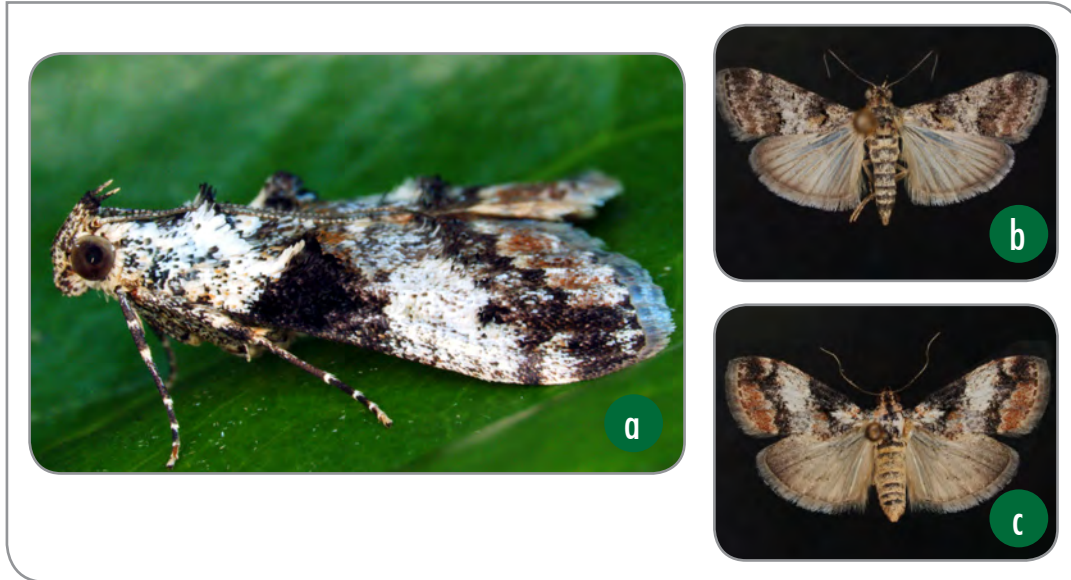
Las hembras son de mayor tamaño, alcanzan una longitud alar de 9 a 10 mm. Los palpos labiales son cortos y levemente recurvados hacia atrás. Presentan patrón de coloración como el macho, pero con las bandas submarginales de las alas anteriores de color rojo ladrillo, salpicado con manchas y escamas negras (Figura 27).

Descripción del daño en café

Una larva de *P. hermasalis* puede dañar varios glomérulos de una misma rama. Las larvas perforan y roen los glomérulos y los frutos de café en formación, causando orificios circulares de 3 mm de diámetro. Los frutos perforados se tornan negros y se secan. La mayoría de éstos quedan adheridos sobre las ramas y los hilos de seda que tejen las larvas (Figura 28). Las larvas también se alimentan de hojas de café causando un raspado sobre la epidermis.

Recomendaciones de manejo

Debido a que esta especie presenta buen control biológico natural en el campo, con valores superiores al 90%, por avispas de la familia Braconidae (Figura 29) y

**Figura 27.**

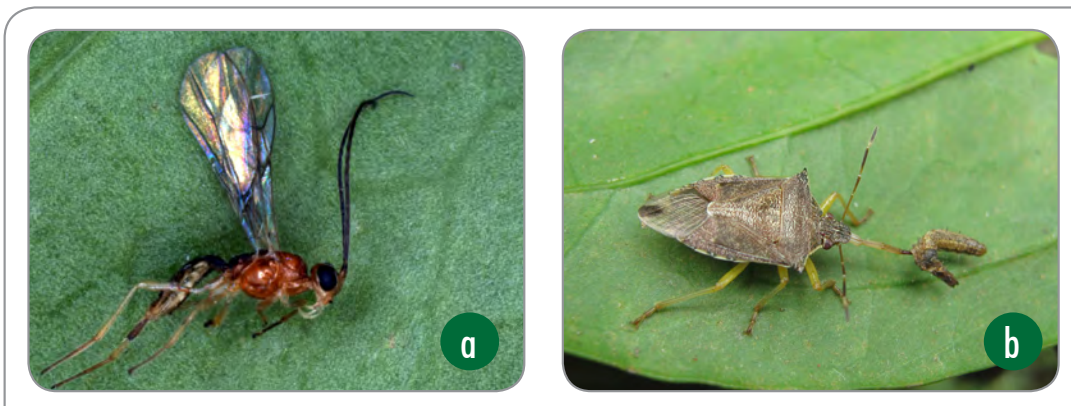
a. Hembra vista lateral; **b.** Macho y **c.** Hembra de *Pococera hermasalis* en vista dorsal.

**Figura 28.**

a. Daños y **b.** perforaciones en frutos de café.

depredadores de la familia Pentatomidae, y además, se observa en focos pequeños, con niveles de infestación que no superan el 2% en los lotes afectados, es necesario aplicar una estrategia de manejo integrado que favorezca y mantenga la fauna benéfica.

En este caso, el uso de productos biológicos específicos para larvas de lepidópteros y selectivos a la fauna benéfica es la mejor estrategia de control, como la bacteria *Bacillus thuringiensis* (Bt) en formulaciones comerciales (32% p/p), a una concentración de 50 g/100 L de agua. En el caso de que los nidos de seda sean muy tupidos,

**Figura 29.**

a. Parasitoide de larvas de *Pococera* de la familia Braconidae. **b.** Depredador de larvas de la familia Pentatomidae.

es necesario remover manualmente la seda para que el producto biológico entre en contacto con las larvas.

El control cultural mediante el manejo selectivo de arvenses en las calles, favorece el incremento de la fauna benéfica, que regula naturalmente las poblaciones de la polilla de los glomérulos.

El gusano gelatina

Paracraga argentea (Lepidoptera: Dalceridae)

Paracraga argentea (Schaus, 1910) se distribuye desde México hasta Colombia (Miller, 1994). Se le conoce vulgarmente como gusano gelatina por la consistencia blanda y babosa del cuerpo. El daño lo ocasiona la larva, la cual se alimenta haciendo un raspado sobre la epidermis en el envés de las hojas.

Cuando el raspado es muy profundo, traspasa el otro lado de la hoja, con perforaciones irregulares en la lámina foliar. Los primeros registros de *Paracraga argentea* se dieron en el año 2012, en las localidades de Sevilla (Valle) y Salento (Quindío), en cultivos de café ubicados a 1.700 m de altitud.

Biología

El huevo es de 2 mm de longitud, blanco brillante, de forma alargada y achatado, con los dos extremos redondeados. Son puestos en grupos de 35-38 sobre el envés de las hojas de café (Figura 30).

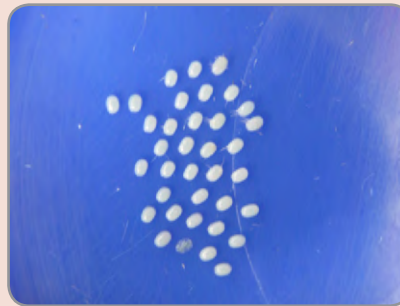


Figura 30.

Huevos de *Paracraga argentea*.

La larva presenta una consistencia gelatinosa y babosa al tacto, es ovalada y achatada, el cuerpo es de color amarillo intenso, sobre el dorso presenta dos líneas irregulares longitudinales y paralelas entre sí, de color rojo escarlata.



Figura 31

Larva de *Paracraga argentea*.

Las larvas del primer hasta el tercer estadio presentan 24 puntos negros laterales, en la medida que la larva va creciendo y pasando del cuarto al quinto estadio, los puntos negros se transforman en líneas del mismo color, sobre proyecciones carnosas laterales de color amarillo translúcido; estas proyecciones son alargadas y aguzadas en su extremo apical. La larva alcanza una longitud de 7-8 mm (Figura 31).

La larva empupa por el envés de las hojas, sobre el margen distal, donde construye un tejido con hilos de seda blancos. En el centro del tejido de seda presenta un círculo concéntrico de color crema y dos triángulos blancos que le dan soporte al tejido. En el interior de la cubierta de seda o capullo se encuentra la pupa, blanca, de forma alargada y con los extremos redondeados (Figura 32).



Figura 32.

Pupa de *Paracraga argentea* cubierta con el capullo de seda.

El adulto macho, alcanza una envergadura alar de 10 mm (Figura 33). Los ojos son negros, antenas plumosas cortas y blancas. Cuerpo blanco, con las patas blancas y peludas. Alas anteriores blanco crema con reflejo plateado, con siete puntos negros submarginales, dos líneas negras irregulares, paralelas, ubicadas en el área media y una mancha negra ubicada en la celda discal.

Además, presenta un punto negro pequeño sobre la vena 1A en el área medial. Alas posteriores blancas con cinco puntos negros muy pequeños en el área submarginal del área caudal.



Figura 33.

Adulto macho de *Paracraga argentea*

La hembra (Figura 34) es igual al macho, pero de mayor tamaño, con una envergadura alar de 14 mm. Se diferencia del macho porque las antenas son filamentosas.

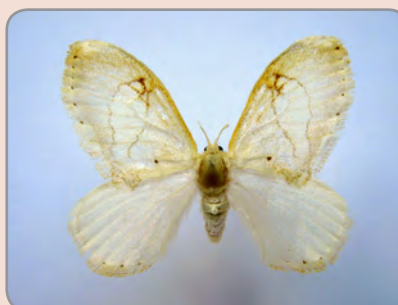


Figura 34.

Adulto hembra de *Paracraga argentea*.

Los adultos se posan sobre la haz de las hojas con las alas cerradas y plegadas sobre el cuerpo en forma triangular, con las patas extendidas hacia adelante y las antenas hacia arriba.

Hábitos

Los adultos son de hábitos nocturnos. Las hembras colocan los huevos en el envés de las hojas en grupos de 36 a 38. Las larvas son de hábitos gregarios y se posan sobre el envés de las hojas de café. Las larvas de la familia Dalceridae no presentan patas torácicas ni abdominales bien definidas como en otros lepidópteros, por lo que se movilizan arrastrando el cuerpo como una babosa.

Es una especie de hábitos polífagos. En Costa Rica, Janzen y Hallwachs (2008) reportan los siguientes hospedantes de los estados larvales: *Uncaria tomentosa* (Rubiaceae), *Hieronyma oblonga* (Phyllanthaceae), *Arabida conjugata* (Bignoniaceae), *Inga leiocalycina* (Fabaceae) y *Trema micrantha* (Ulmaceae), siendo *Coffea arabica* un nuevo registro como planta hospedante.

Descripción del daño en café

El daño lo ocasiona la larva, la cual se alimenta haciendo un raspado sobre la epidermis en el envés de las hojas,

por el comportamiento gregario que presentan las larvas, el daño se manifiesta muy rápido en casi todo el árbol. Una larva puede causar daño en más del 80% de la lámina foliar. Cuando los daños en las hojas se secan, éstos se manifiestan como una quemazón similar a la causada por granizo (Figura 35).

Recomendaciones de manejo

En las localidades de Salento (Quindío) y Sevilla (Valle) se encontraron varias larvas parasitadas por avispas del género *Conura* sp. (Hymenoptera: Chalcididae), de color amarillo con manchas negras, las cuales se caracterizan por presentar el fémur de las patas traseras inflado y ensanchado (Figura 36).

Debido a que esta especie presenta buen control biológico natural por avispas de la familia Chalcididae y las poblaciones ocurren en niveles poblacionales bajos, **es necesario mantener la fauna benéfica en los lotes afectados**. En este caso se recomienda el uso de productos biológicos específicos para larvas de lepidópteros como la bacteria *Bacillus thuringiensis* (Bt), en formulaciones comerciales (32% p/p) a una concentración de 50 g/100 L de agua, para no afectar la fauna benéfica. **El manejo selectivo de arvenses nobles en las calles favorece el incremento de la fauna benéfica**, que regula naturalmente las poblaciones de *Paracraga*.



Figura 35.

Daño generalizado de larvas de *Paracraga argentea* en follaje de café.



Figura 36.

Conura sp. parasitoide de larvas de *Paracraga argentea*.

La hembra pone los huevos en grupos de 20, en el envés de las hojas, son ovalados y de color crema. Las larvas recién nacidas raspan la cutícula de la lámina foliar formando estrías, y al crecer consumen toda la hoja (Cárdenas y Posada, 2001). Las larvas alcanzan una longitud de 2 cm y se localizan en la haz de las hojas. Las larvas empupan en el borde de las hojas, uniéndolos con hilos de seda de color amarillo y rojo en el centro, donde construye un capullo y allí empupan (Figura 38).

Los adultos son polillas con alas de color anaranjado con las venaciones alares más oscuras. Los machos son más pequeños que la hembra y presentan las antenas plumosas mientras que en las hembras son filiformes. La envergadura alar es de 2,5 cm. Las patas son velludas y dispuestas hacia adelante cuando el adulto está en reposo con las alas plegadas hacia atrás (Figura 39).

El daño en el follaje de café se manifiesta por un raspado en la haz de las hojas. En la medida que la larva crece ocasiona orificios de formas irregulares en diferentes

El gusano banana o gelatina

Acraga moorei
(Lepidoptera: Dalceridae)

Especie que se alimenta del follaje de café, cuya larva presenta consistencia gelatinosa al tacto. Las larvas son blanco cristalino en los primeros estadios de desarrollo y luego se tornan blancas. El cuerpo de la larva presenta tubérculos carnosos simétricos y translúcidos sobre todo el cuerpo. El cuerpo es ovalado similar a un dulce, razón por la cual los caficultores lo conocen como gusano banana (Figura 37).

Se ha reportado en macadamia, aguacate, café, cacao y palma africana (Lourencao y Sabino, 1994; Villegas, 1998).



Figura 37.

Larva de *Acraga moorei*.



Figura 38.

Pupa y capullo de *Acraga moorei*.



Figura 39.

Adulto de *Acraga moorei*.

partes de la lámina foliar hasta consumir el borde de las hojas. Debido a que sus poblaciones son bajas, los daños no son importantes.

Recomendaciones de manejo

Las larvas de esta especie presentan buen control natural por el hongo entomopatógeno *Paecilomyces farinosus* y los parasitoides de larvas *Lespesia affinis* (Diptera: Tachinidae) y *Brachymeria* spp. y *Conura* spp. (Hymenoptera: Chalcididae) (Lourencao y Sabino, 1994; Cárdenas y Posada, 2001). Las larvas son altamente susceptibles a la bacteria *Bacillus thuringiensis*, específica para larvas de lepidópteros.

La cochinilla harinosa de las ramas del cafeto

Planococcus citri
(Hemiptera: Pseudococcidae)

Planococcus citri (Hemiptera: Pseudococcidae) es una especie de distribución cosmopolita en todas las regiones tropicales y templadas donde se cultiva café. Se trata de la especie más común de cochinillas harinosas asociadas a cultivos como naranja, limón, mandarina, pomelo, aguacate, cacao, guanábana, lulo, guayaba, plátano, yuca, papa, mango, café, granada y varias especies de plantas ornamentales (Gallego y Vélez, 1992; Cárdenas y Posada, 2001; Villegas et al., 2008).

Descripción del insecto

Las hembras adultas de *P. citri* miden unos 3 mm, son ovaladas, algo achatadas y blancas, con una cubierta cerosa de textura harinosa al tacto. Presentan una franja gris muy tenue sobre la parte dorsal media, que se extiende hacia la parte posterior del cuerpo. Presenta filamentos cerosos cortos y cónicos, alrededor del margen de sus cuerpos ovalados, con un par de filamentos ligeramente más largos en la parte posterior (Figura 40).

Se le conoce vulgarmente como cochinilla harinosa de los cítricos, piojo harinoso o palomilla de las ramas del cafeto, dependiendo del hospedante donde se encuentre.



Figura 40.

Hembra adulta de *Planococcus citri*.

En Colombia los primeros registros de *P. citri* en café se tienen desde el año 1978, en la hacienda Naranjal (Chinchiná, Caldas), desde entonces, se han registrado focos muy esporádicamente, pero en ningún caso con características de plaga. En el año 1985 se encontraron focos de este insecto en una finca de Cambia (Risaralda, Caldas) y en dos fincas del municipio de Pereira (Risaralda) (Cárdenas, 1985). Sin embargo, los brotes tan severos registrados en el municipio de Risaralda (Caldas) y Santuario (Risaralda) en los meses de agosto, septiembre y octubre de 2012 pueden estar relacionados con condiciones climáticas favorables como fue un período seco prolongado, con déficit hídrico en julio y agosto, y la caída de ceniza volcánica proveniente de la erupción del nevado del Ruiz, en el mes de mayo, ya que coincidentalmente estas localidades también presentaron fuertes ataques de arañita roja en la misma época.

Ciclo de vida

Hembras. La hembra puede producir entre 200 y 600 huevos, dentro de estructuras algodonosas llamadas ovisacos (Figura 41). Estos huevos pueden ser producidos con o sin la intervención de machos (Salazar *et al.*, 2010). En menos de 10 días eclosionan pequeñas ninfas anaranjadas, que se mueven por la planta ubicando sitios de alimentación. Una vez las ninfas comienzan a alimentarse secretan cera y agua miel. Las etapas de desarrollo de las hembras son huevo, ninfa migratoria, ninfa I, ninfa II, ninfa III y hembra adulta.

La duración del ciclo de vida de *P. citri* en café (*Coffea arabica*), bajo condiciones de laboratorio ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70\% \pm 10\%$ HR, y un fotoperíodo de 12 horas) es de 8 ± 1 días para las hembras de primer estadio, $5 \pm 1,3$ días para el segundo estadio, y $7 \pm 2,1$ en el tercer estadio para un total de $20 \pm 2,2$ días en la etapa ninfal. La longevidad de las hembras adultas es de 45 días (Correa *et al.*, 2005).



Figura 41.

Ovisaco de *Planococcus citri* con huevos.

Machos. Los machos pasan solo por dos períodos ninfales (I y II), siendo de $8 \pm 0,8$ días en el primer estadio y $6 \pm 0,8$ días en el segundo estadio. Posterior a la etapa de ninfa II, los machos forman una pupa tubular, cubierta con filamentos cerosos, en cuyo interior se produce la transformación que da lugar al macho adulto, el cual posee un marcado dimorfismo sexual y la capacidad de volar. La duración de la etapa pupal es de $9 \pm 1,1$ días, para un total de $23 \pm 1,6$ días (Correa *et al.*, 2005). Los machos son similares a las hembras desde el estado de huevo hasta el tercer estadio ninfal. Después de empupar emerge el macho alado, que es muy pequeño en tamaño (0,6 mm), pero solo vive 2 días.

Bajo condiciones favorables se presentan hasta cuatro generaciones de *P. citri* al año. En el campo estas generaciones se traslapan, de modo que se pueden presentar todos los estados al mismo tiempo. Las mayores poblaciones ocurren en tiempo seco (Salazar *et al.*, 2010)

Descripción del daño ocasionado por *Planococcus citri* en café

El principal daño de la cochinilla de las ramas de café lo ocasionan las ninfas y los adultos, cuando se alimentan succionando la savia del pedúnculo de los frutos de café, y sobre la haz y el envés de las hojas a lo largo de la nervadura central. Es potencialmente uno de los insectos más dañinos en cafeto, debido a que se localiza sobre los pedúnculos de los frutos en desarrollo, causando el secamiento de todo el nudo y, por consiguiente, la pérdida de la producción (Cárdenas y Posada, 2001) (Figura 42).

Las ninfas forman congregaciones numerosas alrededor de los pedúnculos de los frutos y en los glomérulos. Estas colonias están cubiertas con una secreción cerosa de consistencia algodonosa que las recubre totalmente (Figura 43). El exceso de savia que succionan las ninfas y los adultos, lo excretan por el ano, en forma de una sustancia azucarada llamada miel de rocío, la cual se deposita sobre la haz de las hojas, las ramas y los frutos, la cual sirve de medio de crecimiento de la fumagina, una cubierta negra causada por hongos de los géneros *Capnodium* y *Fumago* (Cárdenas, 1985) (Figura 44).

Enemigos naturales

Se han encontrado varias especies de coccinélidos que depredan los huevos y las larvas de *P. citri*, de las cuales la especie más importante es *Cryptolaemus montrouzieri* (Coleoptera: Coccinellidae) (Figura 45a), es un controlador importante de *P. citri*, especialista en la familia Pseudoccidae, y se ha observado en altas poblaciones depredando ninfas y adultos de la cochinilla de las ramas del café. Igualmente otras tres especies de coccinélidos



Figura 42.

Daño severo de *Planococcus citri* en glomérulos y ramas de café, con presencia de fumagina en todo el árbol.



Figura 43.

Colonias de *Planococcus citri* en ramas de café.



Figura 44.

Hongo de fumagina en la haz de una hoja de café.



Figura 45.

a. *Cryptolaemus montrouzieri*, depredador de *Planococcus citri*; **b.** *Tenuisvalvae notata* depredador de *P. citri*; **c.** *Diomus* sp. depredador de *P. citri*; **d.** *Harmonia axyridis*, depredador de *P. citri*.

de hábitos generalistas depredan larvas y adultos de *P. citri*, tales como *Harmonia axyridis*, *Tenuisvalae notata* y *Diomus* sp. (Figura 45 b,c,d). Actualmente *C. montrouzieri* es una especie que está siendo criada en laboratorios comerciales para el control biológico de cochinillas por su alta eficacia. Tanto los adultos como las larvas depredan todos los estados biológicos de *P. citri*. Un adulto puede depredar hasta 30 ninfas de *P. citri* en un día (Entocare, 2012).

Con relación a los parasitoides, en el municipio de Santuario (Risaralda) se registraron dos especies de avispas de la familia Encyrtidae parasitando adultos de *P. citri*, siendo *Leptomastix dactylopii* la especie más importante (Figura 46). *L. dactylopii* es un endoparasitoide que se desarrolla dentro del cuerpo de la cochinilla, cuando la ha consumido completamente empupa. Los puparios de la avispa son de color castaño



Figura 46.

Leptomastix dactylopii parasitoide de *P. citri*.



Figura 47.

Pupas de *Leptomastix dactylopii* sobre cochinillas parasitadas.

y quedan expuestos sobre las colonias de *P. citri* (Figura 47). Cuando la avispa emerge hace un corte circular en el extremo de la pupa. Es una especie de avispa originaria de Sur América y está siendo actualmente criada en laboratorios comerciales para el control biológico de *P. citri*. Igualmente se halló una especie no determinada del género *Anagyrus* sp. (Encyrtidae), los adultos presentan dimorfismo sexual marcado, siendo los machos más pequeños y con antenas plumosas.

Recomendaciones de manejo

Planococcus citri no es una plaga clave para la caficultura Colombiana. El incremento de las poblaciones está relacionado con variables climáticas y prevalencia de períodos secos. Este incremento también está asociado a la aplicación de insecticidas de amplio espectro para el control de otras plagas presentes en el cultivo del café. Generalmente, el ataque inicial es en focos y con el tiempo se puede generalizar si no se toman medidas oportunas de manejo, llegando a causar niveles de daño hasta del 50%.

El control biológico por agentes naturales parece ser el mejor medio para que sus poblaciones se reduzcan y no cause daños económicos. El depredador *Cryptolaemus montrouzieri* (Coleoptera: Coccinellidae) es un controlador importante de *P. citri* y se ha observado en altas poblaciones depredando larvas y adultos de *P. citri*. Igualmente, hay otras tres especies de coccinélidos que depredan larvas y adultos de esta plaga. Las larvas y adultos de *Chrysoperla* sp. (Neuroptera: Chrysopidae) también son importantes, ejerciendo control natural sobre las poblaciones de *P. citri*, y la avispa de la especie *Leptomastix dactylopii* (Hymenoptera: Encyrtidae) es el principal agente de control de *P. citri* en la zona central cafetera.

Por lo tanto, la recomendación de manejo de la palomilla está enfocada en:

- Detectar los focos
- Realizar una aplicación de un insecticida de contacto del grupo de los organofosforados de categoría

toxicológica III, aplicando sobre los nudos de las ramas colonizadas. La concentración recomendada es 5 cc.L⁻¹, aplicando únicamente en los focos, para no afectar la fauna benéfica, que ejerce control natural sobre la cochinilla.

- Realizar un control selectivo de arvenses nobles, de manera que el suelo mantenga cobertura de plantas nectaríferas y melíferas, que sirvan de albergue y sustrato alimenticio para el mantenimiento de la fauna benéfica.
- Emplear el control etológico mediante el uso de feromona sexual con trampas tipo Delta para la captura de los machos.

Consideraciones prácticas

Para la fumagina que se observa especialmente sobre la haz de las hojas, como consecuencia de las secreciones azúcaradas que deposita la palomilla sobre las hojas de café, no se recomienda ningún control, debido a que es un problema secundario al ataque por palomilla y no genera pérdidas económicas. El mejor manejo es controlar el agente primario, en este caso la palomilla.

Chisas de la raíz del café (Coleoptera: Melolonthidae)

Las chisas de la raíz en Colombia incluyen varias especies de escarabajos de la familia Melolonthidae, agrupados en 25 géneros y más de 50 especies, que atacan diferentes cultivos (Pardo y Montoya, 2007), que en su etapa larval mastican la raíz del café.

A estas larvas que permanecen enterradas en el suelo, a profundidades hasta de 30 cm, en el sistema radicular de las plantas, se les conoce como chisas, gallina ciega, mojoy, las cuales se reconocen por la coloración blanco-crema, cuerpo recurvado en forma de “C”, tres pares de patas torácicas y cabeza quitinizada de color marrón, provistas de fuertes mandíbulas que utilizan para masticar las raíces (Figura 48 a y b). Los ciclos de vida son largos, entre 6 a 12 meses en etapa de larva.

Biología y hábitos

Los adultos son cucarrones de 1 a 2 cm de largo, de hábitos nocturnos y la mayoría de las especies son muy estacionales, con épocas de vuelo que se presentan durante los meses de marzo-abril y octubre-noviembre, al inicio de la temporada de lluvias. En el cultivo de café los principales géneros y especies reportadas son: *Phyllophaga menetriesi*, *Plectris pavidata*, *Anomala cincta*, *Anomala caucana*, *Cyclocephala gregaria*, *Cyclocephala signata* y *Cyclocephala mafaffa* entre otros (Bustillo, 2008) (Figura 49). Existen otros géneros como *Symmela*, *Ceraspis*, *Platycolia*, *Ancistrosoma* (Figura 50), que en la etapa adulta causan roeduras sobre la lámina foliar y esqueletización de las hojas. Estas especies son estacionales y gregarias en la etapa adulta.

Los adultos de los escarabajos Melolonthidae son fototrópicos y son fácilmente atraídos a la luz ultravioleta o luz negra. Éstos se pueden monitorear con el uso de trampas de luz con batería recargable con autonomía de 8 horas de carga en la noche, dispuestas en los lotes de café, éstos deben contener recipientes recolectores con agua jabonosa, lo cual evita que los adultos escapen y permite estimar la abundancia y riqueza de especies en un lote específico y conocer las épocas de vuelo.

Recomendaciones de manejo

Entre las medidas de manejo integrado, el diagnóstico oportuno y los antecedentes del lote son importantes.



Figura 48.

- a.** Larva de *Phyllophaga menetriesi*;
b. Larva de *Anomala caucana* en raíz de café.

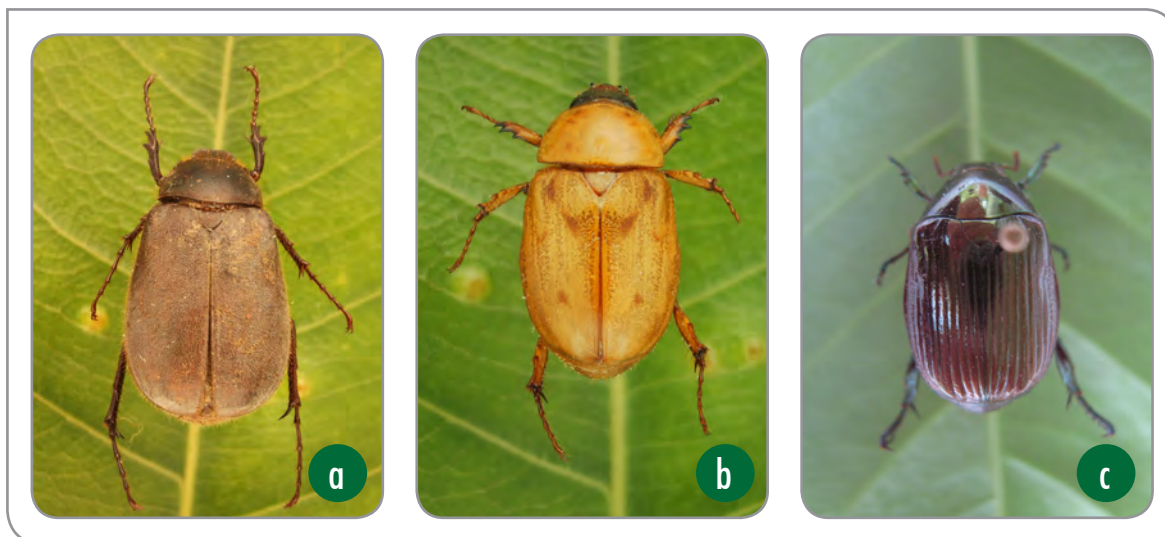


Figura 49.

a. Adulto de *Phyllophaga menetriesi*; b. Adulto de *Cyclocephala signata*; c. Adulto de *Anomala caucana*



Figura 50.

Daño de *Symmela* sp. en follaje de café.

Es así como los lotes de café donde antes hubo cultivos de yuca, maíz y pastos contienen altas poblaciones de chisas. El monitoreo de adultos con trampas de luz y plantas atrayentes como cachimbo (*Erythrina* sp.), guácimo (*Guazuma ulmifolia*) sirven como alertas de aviso temprano (Pardo y Montoya, 2007). Así mismo, se recomienda el uso de trampas de luz con un recipiente receptor dotado con arroz cocido impregnado con conidias de hongos entomopatógenos, preferiblemente aislado de la plaga problema, de esta forma los adultos infectados se convierten en foco de inóculo que al regresar al suelo tienen la posibilidad de infectar formas larvales y éstas a su vez causar infección secundaria a otras larvas (Vásquez, 2000).

Al momento de hacer las siembras en el lote, tratar los hoyos con hongos entomopatógenos como *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, *Noumorea rileyi* durante la época de lluvias. Igualmente, las larvas son susceptibles a la bacteria *Bacillus popilliae*, la cual ha sido reportada como eficiente para combatir las chisas, lo mismo que los nematodos del género *Steinernema* (Cárdenas y Posada, 2001). Por último, evitar el uso de materia orgánica (Gallinaza, pulpa descompuesta) al momento de la siembra.

La mosca blanca lanuda de las hojas *Aleurothrixus floccosus* (Hemiptera: Aleyrodidae)

La mosca blanca lanuda *Aleurothrixus floccosus* es un insecto chupador, de la familia Aleyrodidae. Se le conoce así por las secreciones cerosas de textura algodonosa que producen las ninfas y adultos. Esta especie es nativa de la región Neotropical, pero en la actualidad se encuentra diseminada en todo el continente Americano, Europa, Asia y África (Martin, 2005).

Es una plaga importante de los cítricos, pero también se ha reportado en cultivos como el aguacate y el café. De las especies de mosca blanca reportadas en café en Colombia, *A. floccosus* es la más importante (Bustillo, 2008). Su presencia en cultivos de café es ocasional y los brotes siempre están relacionados con la aplicación de insecticidas de amplio espectro de acción, para el control de otras plagas en cultivos asociados como el aguacate.

En el año 2008 se registró en la localidad de Fresno (Tolima) un fuerte ataque de mosca blanca lanuda en una hectárea de café asociado con aguacate, problema que se originó por la aplicación de insecticidas piretroides para el control de trips en aguacate, con una periodicidad de aspersion quincenal, durante los últimos 2 años, que acabaron con la fauna benéfica, lo que condujo a que las poblaciones de mosca blanca se incrementaran considerablemente. Dado el hábito alimenticio del insecto y la generación de secreciones azucaradas sobre el follaje, se presentó una fuerte incidencia del hongo fumagina, ocasionando defoliación de hasta un 50%-60% de los árboles de café. Igualmente, las secreciones azucaradas pegajosas del insecto generaron molestias para los recolectores de café (Giraldo et al., 2008).

Biología y hábitos

Los adultos son insectos voladores, tienen el cuerpo y las alas membranosas recubiertas de cera blanca (Figura 51). Miden 1,5 mm y se parecen a polillas diminutas. Los adultos se alimentan de la savia en el envés de las hojas tiernas. Los huevos son de forma ovoidal, de 0,17 mm de largo y blanco translúcidos. Las hembras colocan los huevos ordenadamente, en forma de semicírculos, en grupos de hasta 40 huevos, ya que la hembra se mantiene fija a un punto de la lámina mediante el estilete de su aparato bucal, girando en torno a éste, mientras se alimenta y oviposita.



Figura 51.

Adulto y ninfas de *Aleurothrix floccosus*.

Los huevos dan origen a ninfas que, luego de caminar una corta distancia, insertan su estilete en el mesófilo de la hoja. El desarrollo se divide en cuatro estadios ninfales, durante los cuales secreta delgados filamentos cerosos que van cubriendo progresivamente su cuerpo

(Kerns et al., 2012). Las ninfas son de color amarillo claro translúcido, ovoides y aplanadas, en forma de una escama. Las ninfas II hasta la IV son inmóviles y se fijan con su estilete sobre el envés de las hojas, para succionar la savia (Figura 52).

Las ninfas secretan el exceso de savia en forma de una sustancia azucarada que excretan por el ano. El cuarto estado ninfal, a veces llamado pupa, es inmóvil y da origen al adulto (Luppichini et al., 2009). El ciclo de vida tarda aproximadamente 50 días, siendo de 10 días en la etapa de huevo, 7 días en ninfa I, 10 días en ninfa II, 11 días en ninfa III y 10 días en ninfa IV, a una temperatura de 30 °C y 70% de humedad (Núñez, 1995). Una hembra puede colocar en total unos 200 huevos.

Es una especie que prevalece en períodos secos. Durante el invierno las poblaciones se disminuyen, ya



Figura 52.

Ninfas y pupas de *Aleurothrix floccosus*.

que los adultos son insectos muy frágiles y son lavados fácilmente de la vegetación durante aguaceros fuertes.

Descripción del daño

Los puntos de alimentación que hacen las ninfas y adultos causan manchas cloróticas en las hojas. Debido a su comportamiento alimenticio de succionar la savia y las características de su aparato digestivo, son insectos que en el estado de ninfas excretan importantes volúmenes de mielecilla que expulsan por el ano, el cual se deposita sobre las hojas del cafeto, lo cual favorece el desarrollo del hongo *Capnodium* sp., que causa la fumagina, la cual se observa sobre las hojas como una cubierta negra (Figura 53). Esto ocasiona una reducción de la capacidad fotosintética, producto del crecimiento del hongo, la mielecilla y abundante lanosidad.

Recomendaciones de manejo

Esta especie posee una gran cantidad de enemigos naturales. León *et al.* (2001), reportaron para Colombia cuatro especies de avispitas parasitoides de la familia Aphelinidae: *Encarsia citrella*, *E. aleurothrix*, *E. luteola*, *E. basicinta*, y una especie de la familia Platygasteridae: *Amitus spiniferus*. Igualmente, los huevos y ninfas de la mosca blanca lanuda son depredados por los coccinelidos *Cycloneda sanguinea*, *Coccinella septempunctata*, y por larvas de crisopa *Chrysoperla* sp. Los hongos entomopatógenos *Aschersonia aleyrodis* y *Lecanicillium lecanii* son importantes controladores naturales de las poblaciones de mosca blanca lanuda.

Debido a que *A. floccosus* presenta varios enemigos naturales que regulan naturalmente las poblaciones de mosca blanca en el país, no se recomienda la aplicación de ningún insecticida de síntesis química para no afectar la fauna benéfica.



Figura 53.

Fumagina sobre follaje de café.

Se recomienda la aplicación de formulaciones comerciales de los hongos entomopatógenos *Lecanicillium lecanii* y *Aschersonia aleyrodis*, que son selectivos y específicos para mosca blanca, asperjados sobre el envés de las hojas afectadas.

El comején

Comatermes perfectus (Isoptera: Kalotermitidae)

Los comejenes o termitas son insectos sociales del orden Isoptera, con cerca de 2.750 especies descritas en el mundo. Conocidos por su importancia económica como plagas de madera y de otros materiales celulósicos. A pesar de ocasionar un considerable daño económico en áreas urbanas y rurales, también son importantes componentes de la fauna de las regiones tropicales, ya que ejercen un papel esencial en los procesos de descomposición y reciclaje de los nutrientes del suelo.

Biología y hábitos

Las termitas se caracterizan por presentar un ciclo de vida con metamorfosis incompleta, caracterizado por poseer los estadios de huevo, ninfa y adulto (Camousseight, 1999).

Todos los comejenes son eusociales, teniendo castas estériles (Soldados y operarios). Una colonia típica contiene una pareja reproductora, rey y reina, que se ocupan sólo de producir huevos; una gran cantidad de “operarios” que ejecutan todo el trabajo y alimentan a las otras castas; y “soldados” que son los responsables de la defensa de la colonia. Existen también reproductores, neoténicos, formados a partir de ninfas cuyos órganos sexuales maduran sin que el desarrollo se complete, los cuales pueden sustituir al rey o la reina cuando mueren (Constantino, 1999).

En el caso de la familia Kalotermitidae no poseen operarios verdaderos, y ese papel es desempeñado por ninfas (Denominadas pseudo-operarios), los cuales conservan la capacidad de transformarse en soldados (Figura 54) (Constantino, 1999). La casta de cada individuo es determinada por los requerimientos de la sociedad, por medio de hormonas y feromonas, secretadas principalmente por los individuos reproductores, actuando sobre las ninfas, concepto llamado presión social. En cada casta existen individuos de ambos sexos (A pesar de que no poseen desarrollo sexual externo, exceptuando la casta reproductora), a diferencia de las hormigas, en que las castas de obrero y soldado consisten básicamente de hembras (Artigas,



Figura 54.

Ninfas de comején *Comatermes perfectus* en tallo de café.

1994; Borrer *et al.*, 1989; Camousseight, 1999; Team Too, 2000; Ramírez y Franco, 2001).

Las termitas pueden agruparse en dos clases. Las de madera húmeda, que forman sus colonias en maderas húmedas o en pudrición, pero una vez establecidas pueden extender su actividad a madera sana y aún relativamente seca. Las termitas de madera seca establecen sus colonias y continúan viviendo en madera en descomposición con poca humedad (Cárdenas y Posada, 2001); estas termitas son las que se conocen habitualmente deteriorando muebles y madera de construcción en las viviendas urbanas y rurales.

La dispersión y la fundación de nuevas colonias generalmente ocurre en un período del año, la cual coincide con el inicio de la estación lluviosa. En esa época ocurren los vuelos nupciales de los alados, donde una baja población consigue copular y fundar una nueva colonia (Constantino, 1999).

El crecimiento de esa colonia fundada es muy lento durante el primer año, pero después del segundo año éste se acelera. Los individuos que salen de una colonia en busca de alimento pueden llegar a una fuente muy atractiva donde pueden iniciar la formación de otra colonia (Cárdenas y Posada, 2001).

Descripción del daño en cafetales

C. perfectus ha sido reportado atacando café de menos de 2 años, en terrenos que fueron previamente pastizales y cultivos de caña. Éste es el primer reporte de este

problema en un cafetal que anteriormente era bosque. La reproducción del insecto ocurre en los tocones de los árboles maderables en estado muy avanzado de descomposición o tallos y raíces de gramíneas.

El daño en los tallos de café es causado por las pseudo-operarias que construyen galerías profundas cerca del suelo, por encima del cuello de la raíz (Figura 55); la destrucción del tejido puede producir muerte del árbol; su ataque es localizado y casi siempre cercano a cepas en pudrición de árboles que fueron derribados para establecer el cafetal (Giraldo y Benavides, 2010). El método utilizado para las labores de eliminación de arvenses, mediante el uso de guadaña, ocasiona lesiones en la mayor parte de los árboles que conforman el cafetal; esto ha facilitado la muerte de muchos árboles por llagas radicales.

Recomendaciones de manejo

Eliminar y retirar los árboles de café afectados por las termitas fuera del lote, para eliminar los focos y el ciclo del insecto.

Realizar un control cultural destruyendo los troncos secos y residuos de cosecha fuera del lote de café. Monitoreo constante para advertir el incremento de las poblaciones de termitas en las plantaciones de café que antes fueron bosques o cultivos de caña de azúcar. Los residuos de cosecha de caña de azúcar o troncos secos son los sitios de alimentación y origen de los focos de termitas en los lotes de café. No se debe aplicar ningún insecticida para su control.

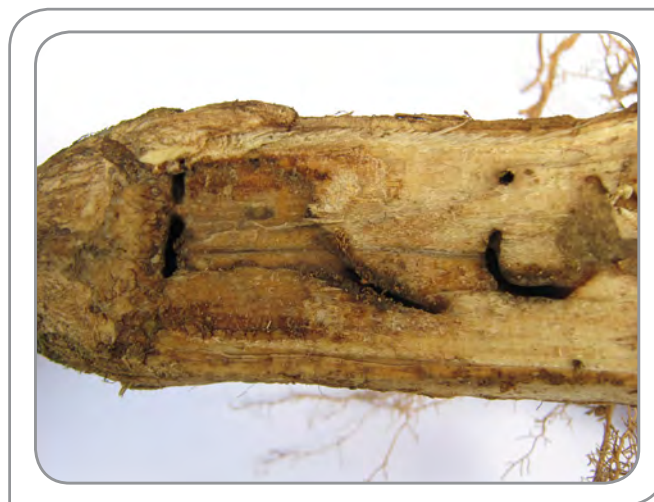


Figura 55.

Galerías y daño de comején en tallos de café.

Debe prestarse cuidado en las labores de control de arvenses, las lesiones ocasionadas por la guadaña en los tallos de las plantas pueden ser la puerta de entrada para enfermedades.

La babosa causante del desgrane de frutos

Colosius pulcher (Mollusca: Gastropoda)

Las babosas de la familia Veronicellidae (Mollusca: Gastropoda) reportadas atacando cultivos de café en Colombia pertenecen a dos especies: *Sarasinula plebeia* (Fischer, 1868) y *Colosius pulcher* (Colosi, 1921). Estos

organismos ocasionan daños muy característicos en plantaciones de café. A continuación se hace una descripción del tipo de daño que causa cada especie.

Colosius pulcher es conocida como la babosa causante del desgrane de frutos de café. Esta especie fue reportada por primera vez en Colombia en el año 2008, causando daños en cafetales en el municipio de Neira (Caldas), a 1.700 m de altitud (Constantino *et al.*, 2010). En Colombia se tiene reportada en los departamentos de Caldas y Antioquia, en localidades con altitud por encima de 1.600 m (Constantino *et al.*, 2010). Esta especie se encuentra distribuida en Colombia, Ecuador y Perú. Fue descrita originalmente en Quito, Ecuador (Thomas, 1970, Thomas, 1993). Está considerada como una plaga de carácter cuarentenario y se han realizado interceptaciones en cargamentos de flores exportadas desde Ecuador hacia los Estados Unidos (Robinson, 1999)

Biología y hábitos

Colosius pulcher posee un cuerpo de color café oscuro, con puntos claros pequeños, y una quilla central bien definida a lo largo del dorso desde la cabeza hasta la cola (Figura 56); pie musculoso en la parte ventral, de color amarillo carmelita, tentáculos oculares superiores de la cabeza y ojos negros. El cuerpo es aplanado y cilíndrico, alcanzando una longitud de 11,5 cm cuando se extiende para movilizarse. Cuando el molusco no está activo o se siente molestado, se contrae ocultando los tentáculos de la cabeza y se encorva en forma de "C". Son de hábitos nocturnos, pero en días nublados, lluviosos y húmedos se pueden observar de día.

Las babosas segregan una mucosa translúcida que las protege de la desecación y les ayuda a arrastrarse, dejando un rastro de baba cuando se desplazan de un sitio a otro, por lo cual, es fácil de reconocer su presencia. Presenta un aparato bucal tipo raspador, llamado rádula, con la cual pueden hacer raspados en tallos y frutos.

Esta especie es hermafrodita, es decir, que cada individuo tiene los dos sexos; sin embargo, posee fecundación cruzada, lo que significa que necesita del concurso de otro adulto para ambos ser fecundados. *C. pulcher* deposita sus huevos en masas, en forma de espiral, colocando 30 a 50 huevos en promedio, unos encima de otros, unidos por el epitelio folicular tubular (Figura 57).

Los huevos son de color amarillo claro y translúcidos recién puestos y al cabo de unos días se tornan de color amarillo oscuro. Se observan deyecciones fecales en tiras dispuestas sobre los huevos en forma concéntrica y continua. Las masas de huevos son colocadas debajo de los troncos, hojarasca, hojas de plátano y en sitios húmedos con acumulación de materia orgánica en el cafetal. El período de incubación del huevo en condiciones de laboratorio es de 27 días, a 22 °C de temperatura (Constantino *et al.*, 2010).



Figura 56.

Babosa *Colosius pulcher*.



Figura 57.

Masa de huevos de *Colosius pulcher*.

Las babosas dejan un rastro de baba sobre los árboles que atacan, lo cual sirve de guía para hallarlas en sus sitios de refugio durante el día, los cuales son las bases de los troncos y la hojarasca en el suelo. Se pueden contabilizar un promedio de diez babosas por árbol a plena luz del día, movilizándose sobre las ramas, en días nublados y lluviosos, pero la mayor actividad se presenta en las noches, ya que son de hábitos nocturnos.

Daños en café

C. pulcher se sube a los árboles por el tronco y consumen la corteza de las ramas en formación, chupones tiernos



Figura 58.

Daño causado por *Colosius pulcher* en frutos de café.

del árbol y el pericarpio y mucílago de los frutos de café, ocasionando la caída de las almendras al suelo (Figura 58). El daño en las ramas y brotes tiernos se manifiestan por un raspado superficial total o parcial del tallo, desde la base hasta los rebrotes de las hojas, con una longitud que varía desde los 3 hasta los 30 cm de longitud, dependiendo de tamaño de la rama. Este raspado de la corteza de las ramas ocasiona un debilitamiento del tallo, y éste se tuerce en algunos casos; cuando el raspado es en toda la rama y está próximo a los brotes apicales, la rama se seca (Figura 59). Observaciones adicionales en el campo permitieron estimar un promedio de 15 frutos caídos por árbol, a causa del daño por *C. pulcher*, durante la cosecha principal de 2008. Esto representaría pérdidas económicas importantes.



Figura 59.

Daño causado por *Colosius pulcher* en tallos y rebrotes de zocas de café.

Babosa causante del anillado de tallos de café

Sarasinula plebeia

En Colombia esta especie está distribuida en todas las zonas cálidas y templadas de la región andina, en un rango altitudinal entre los 1.000 y 1.600 m (Vélez, 2002). La especie fue descrita originalmente en Nueva Caledonia, aunque también se encuentra en Australia,

las islas del Pacífico, la isla de Madagascar, las islas de Comores y en América Central y América del Sur (Gomes y Thomé, 2002, 2004; Thomé, 1993). Según Gomes (2007), es una especie originaria de América del Sur.

Esta especie se ha convertido en plaga agrícola de cultivos como plátano, fríjol, tabaco, soya, pimienta, tomate, lechuga, col, flores y en jardines ornamentales, entre otros (Santos, 1959; Andrews, 1989, Thomé, 1993; Chiaradia y Milanez, 1999, Robinson y Hollingsworth,

2005). En café ocasiona daños y mortalidad de plantas de almácigo y recién sembradas en el campo (Vélez, 2002), y en el invernadero, en plántulas de café, donde se reprodujeron los daños de anillado de tallos con adultos mantenidos en confinamiento (Constantino *et al.*, 2010). A pesar que en reportes anteriores se mencionaron las especies *Veronicela* sp. (Posada *et al.*, 2001; Gil, 2008) y *Vaginulus* sp. (Cárdenas y Posada, 2001) como causantes de anillados en café, los especímenes conservados en el Museo Entomológico Marcial Benavides de Cenicafé, fueron clasificados como *Sarasinula plebeia* (Gomes *et al.*, 2010)

Biología y hábitos

Sarasinula plebeia tiene el dorso de su cuerpo de color beige claro, con puntos pequeños de color marrón (Figura 60). En vista ventral presenta el pie de color crema, los tentáculos oculares de la cabeza y los ojos grises. Cuerpo aplanado y cilíndrico, con una longitud hasta de 15 cm cuando está completamente estirada. La biología de *Sarasinula plebeia* fue estudiada por Vélez (2002), en la zona cafetera de Caldas. Esta especie es hermafrodita y posee fecundación cruzada al igual que en la especie anterior. *S. plebeia* puede producir hasta 60 huevos en promedio, son blanco crema y dispuestos en masa, en sitios húmedos debajo de la hojarasca, troncos secos o materia orgánica, haciendo un nido el cual cubren con heces y suelo para mantenerlos húmedos.

Esta especie es de hábitos nocturnos y más activa en días lluviosos y épocas de invierno. En épocas de verano y días muy soleados se refugia debajo de troncos, hojarasca, piedras y en sitios húmedos. Los adultos alcanzan una longevidad hasta de 2 años. Esta especie también presenta un sistema bucal desarrollado tipo raspador, llamado rádula, con la cual pueden raspar y consumir el tallo, hojas y materia orgánica.



Figura 60.

Babosa *Sarasinula plebeia*.

Daños en café

Sarasinula plebeia, a diferencia de *C. pulcher*, permanece en el suelo y no se sube a los árboles de café. El daño lo realiza sólo en los tallos de plántulas de menos de 18 meses, en lotes recién transplantados y en almácigos de café. El daño se reconoce porque esta babosa causa un anillado parcial o total del tallo, entre 2 y 10 cm de altura sobre el suelo (Figura 61).

El daño lo ocasiona la babosa con su aparato bucal raspador, remueve la corteza del tallo, ocasionando un constreñimiento y anillado profundo, que causa la interrupción del flujo de savia y ocasiona el marchitamiento progresivo de la planta. A nivel de almácigo, cuando el anillado en el tallo de la planta se da a nivel del suelo y se realiza un aporque, la planta responde emitiendo raíces laterales por encima de la herida, como una medida para recuperarse y obtener mejor anclaje; sin embargo, estas plantas quedan debilitadas y finalmente colapsan y se marchitan. Las plantas anilladas en almácigos no se recomienda trasplantarlas en el campo, porque con el tiempo los tallos se quiebran con el peso de las ramas.

Recomendaciones de manejo

El manejo de las babosas debe considerar un manejo integrado que incluya las siguientes prácticas:



Figura 61.

Anillado de tallos de café ocasionados por la babosa *Sarasinula plebeia*.

Control cultural

Consiste en el manejo integrado de arvenses, el cual permite el establecimiento selectivo de las arvenses nobles, en las calles y bordes de los lotes, con el fin de que las babosas se alimenten de éstas y no de las plantas y frutos de café. La destrucción de los sitios de refugio de las babosas y sitios de anidamiento, como acumulación de materia orgánica proveniente de desyerbas, residuos de cosecha, basuras o troncos secos, es la mejor medida de manejo. Esto contribuye a reducir la reproducción y crecimiento de las babosas en el cafetal.

Control manual y etológico

Consiste en la destrucción manual de babosas capturadas en trampas elaboradas con costales de fique, impregnados con una solución de mezcla de cerveza y mucílago de café como cebo atrayente (Figura 62). Para mantener la humedad se recomienda cubrir los costales con montículos de hojas de plátano. Estas trampas actúan como refugio de las babosas. Esta práctica ayuda a reducir las poblaciones de los adultos. Se recomienda colocar por hectárea un total de 20 trampas dispuestas en las calles y debajo de los platos del árbol.

Cada trampa puede capturar entre 70 hasta 180 adultos en una noche (Constantino *et al.*, 2010). Es necesario destruir las babosas depositándolas en un recipiente con agua salada con detergente o agua con cal viva. Igualmente, se pueden eliminar con un machete u objeto puntiagudo, o como alimento para las gallinas.



Figura 62.

Trampas construidas con costales de fique para la captura de babosas en la noche.

Se recomienda utilizar guantes para evitar el contacto directo con las babosas, ya que éstas pueden ser portadoras del nematodo *Angiostrongylus costaricensis* (Morera y Céspedes, 1971), que se aloja en su cuerpo y se excreta con la baba. Este nematodo puede parasitar a los humanos por vía oral y provocar ulceraciones en el intestino delgado, ocasionando síntomas similares a la apendicitis (Morera, 1973).

Control químico

Consiste en el uso de cebos tóxicos comerciales conocidos como “molusquicidas”. Éstos contienen metaldehído como principio activo, el cual produce pérdida de coordinación muscular y deshidratación en las babosas. Los molusquicidas vienen en forma de *pellets* y actúan por ingestión y contacto, siendo eficaces para el control de babosas y otros moluscos.

La concentración recomendada es de 3 g.m² en el suelo, y se debe depositar y proteger alrededor de las plantas y almácigos, en materiales secos en horas de la tarde. Estos productos se deben manipular con guantes. Algunos nombres comerciales de estos matababosas utilizados actualmente son: Babosil, Babosin, Babotox 5%, Metarex GR y productos molusquicidas repelentes elaborados a partir de compuestos vegetales que previenen y controlan el ataque de babosas, como el producto comercial Sinbabosas. Estos productos, en general, tienen corta duración, ya que se lavan fácilmente y se destruyen por la humedad del ambiente y

Consideraciones prácticas

Estos cebos también pueden ser preparados por el agricultor, utilizando 2 oz de metaldehído (1%), 9 lb de afrecho de trigo o de arroz, 1 lb de melaza o miel de purga, y una cerveza en 5 L de agua. Para esto se debe disolver primero la melaza y la cerveza, en 5 L de agua, agregar el metaldehído a la solución dulce, poner el afrecho sobre un plástico y adicionar poco a poco la solución anterior hasta que la masa tenga consistencia para formar trozos o bolas pequeñas, luego se seca el cebo a la sombra, fuera del alcance de los niños y los animales domésticos. Finalmente, se aplica a razón de 3 g.m² en el suelo.

las precipitaciones. Existe otra opción de cebo comercial a base de fosfato férrico granulado, el cual no es tóxico para los animales domésticos.

Control físico

Es el uso de barreras alrededor de los árboles o plántulas de café, como medida preventiva para evitar que las babosas lleguen al tallo o suban a los árboles. Para éste, se pueden usar cintas o bandas de cobre de 2" de ancho; se ha reportado que la baba de las babosas al hacer contacto con el cobre produce una reacción tóxica que las repele (Gonzales, 2005).

Control natural

Consiste en la acción de varios enemigos naturales como los sapos, algunas aves, escarabajos Carabidae y lagartijas, que las depredan. Entre las aves se tiene reportada la garcita del ganado (*Bubulcus ibis*) depredando babosas en el suelo (Constantino et al., 2010). Igualmente, se reportan nematodos de las familias Mermitidae y Rhabditidae parasitando a las babosas (Wilson et al., 1993). France et al. (2001) y Wilson et al. (1993), evaluaron al nematodo *Phasmarabditis hermaphrodita* como un controlador efectivo de la babosa *Deroceras reticulatum*, con una disminución del 51% del daño.

Lista de artrópodos fitófagos del cultivo de café en Colombia

Familia / especie	Nombre común	Órgano que afecta
Coleoptera: Curculionidae		
<i>Hypothenemus hampei</i>	Broca del café	Almendra
<i>Hypothenemus obscurus</i>	Falsa broca del café	Fruto
<i>Ambrosiodmus hagedorni</i>	Escarabajo de la corteza	Rama y tallo
<i>Cnesinus adusticus</i>	Escarabajo de la corteza	Rama
<i>Cnesinus coffeae</i>	Escarabajo de la corteza	Rama
<i>Cnesinus gracilis</i>	Escarabajo de la corteza	Rama
<i>Cnesinus meris</i>	Escarabajo de la corteza	Rama
<i>Cnesinus ocellaris</i>	Escarabajo de la corteza	Rama
<i>Cnesinus robai</i>	Escarabajo de la corteza	Rama
<i>Cryptocarinus lepidus</i>	Escarabajo de la corteza	Rama
<i>Hylocurus elegans</i>	Escarabajo de la corteza	Rama
<i>Monarthrum exornatum</i>	Escarabajo de la corteza	Rama
<i>Xyleborus affinis</i>	Escarabajo ambrosia	Rama y tallo
<i>Xyleborus ferox</i>	Escarabajo ambrosia	Rama
<i>Xylosandrus morigerus</i>	Perforador de las ramas	Rama
Coleoptera: Anobiidae		
<i>Stegobium paniceum</i>	Carcoma	Grano almacenado
Coleoptera: Anthribidae		
<i>Araecerus fasciculatus</i>	Gorgojo del café almacenado	Grano almacenado
Coleoptera: Cerambycidae		
<i>Plagiohammus</i> sp.	Barrenador del tallo y la raíz	Tallo y raíz principal
Coleoptera: Chrysomelidae		
<i>Chalcophana</i> sp.	Cucarroncito verde raspador follaje	Hojas
<i>Colaspis</i> sp.	Cucarroncito comedor de follaje	Hojas

Continúa...

...continuación

Familia / especie	Nombre común	Órgano que afecta
<i>Rhabdopterus</i> sp.	Cucarroncito comedor de follaje	Hojas
<i>Cerotoma</i> sp.	Cucarroncito comedor de follaje	Hojas
<i>Diabrotica</i> sp.	Cucarroncito comedor de follaje	Hojas
<i>Homophoeta</i> sp.	Cucarroncito comedor de follaje	Hojas
Coleoptera: Curculionidae		
<i>Compsus</i> sp.	Vaquita, comedor de follaje	Hoja
<i>Epicaerus</i> sp.	Vaquita, comedor de cogollos	Hoja
<i>Macrostylus</i> sp.	Vaquita, comedor de follaje	Hoja
Coleoptera: Nitidulidae		
<i>Prometopia</i> sp.	Depredador de broca del café	Frutos del suelo
Coleoptera: Melolonthidae		
<i>Cyclocephala stictica</i>	Chisa	Raíz
<i>Cyclocephala signata</i>	Chisa	Raíz
<i>Cyclocephala mafaffa</i>	Chisa	Raíz
<i>Cyclocephala gregaria</i>	Chisa	Raíz
<i>Ancistrosoma rufipes</i>	Escarabajo gregario del follaje	Hoja
<i>Astaena</i> sp.	Chisa	Raíz
<i>Barybas</i> sp.	Chisa	Raíz
<i>Ceraspis innotata</i>	Chisa	Raíz
<i>Ceraspis</i> sp.	Chisa	Hoja
<i>Macroductylus subvittatus</i>	Chisa	Raíz
<i>Phyllophaga menetriesii</i>	Chisa	Raíz
<i>Plectris fassli</i>	Chisa	Raíz
<i>Plectris pavidata</i>	Chisa	Raíz
<i>Symmela</i> sp.	Raspador del follaje	Hoja
<i>Anomala cincta</i>	Chisa	Raíz
<i>Anomala caucana</i>	Chisa	Raíz
<i>Callistethus cupricollis</i>	Chisa	Raíz
<i>Leucothyreus</i> sp.	Chisa	Raíz
<i>Platycoelia valida</i>	Chisa	Hoja
Lepidoptera: Apatelodidae		
<i>Olceclostera moresca</i>	Gusano perrito	Hoja
Lepidoptera: Arctiidae		
<i>Estigmene acrea</i>	Gusano peludo	Hoja
Lepidoptera: Dalceridae		
<i>Acraga moorei</i>	Gusano banana o gelatina blanco	Hoja
<i>Paracraga argentea</i>	Gusano gelatina amarillo	Hoja

Continúa...

...continuación

Familia / especie	Nombre común	Órgano que afecta
Lepidoptera: Geometridae		
<i>Aeschropteryx tetragonata</i>	Gusano medidor	Hoja
<i>Apicia</i> sp.	Gusano medidor	Hoja
<i>Glena bisulca</i>	Gusano medidor del ciprés	Hoja
<i>Oxydia hispata</i>	Gusano medidor gigante	Hoja
<i>Oxydia vesulia</i>	Gusano medidor del plátano	Hoja
<i>Oxydia hispata</i>	Gusano medidor gigante	Hoja
<i>Oxydia noctuitaria</i>	Gusano medidor	Hoja
<i>Oxydia obrundata</i>	Gusano medidor	Hoja
<i>Oxydia trichiata</i>	Gusano medidor	Hoja
<i>Paragonia lanuginosa</i>	Gusano medidor	Hoja
<i>Paragonia procidaria</i>	Gusano medidor	Hoja
<i>Nematocampa</i> sp.	Gusano medidor de filamentos	Hoja
<i>Stenalcidia grosica</i>	Gusano medidor	Hoja
Lepidoptera: Limacodidae		
<i>Acharia apicalis</i> (syn. <i>Sibine apicalis</i>)	Gusano monturita	Hoja
<i>Acharia fusca</i> (syn. <i>Sibine fusca</i>)	Gusano monturita	Hoja
<i>Phobetron hipparchia</i>	Gusano araña	Hoja
<i>Megalopyge lanata</i>	Gusano pollo	Hoja
<i>Megalopyge orsilochus</i>	Gusano barbasdeindio	Hoja
Lepidoptera: Lyonetiidae		
<i>Leucoptera coffeellum</i>	Minador de las hojas del cafeto	Hoja
Lepidoptera: Noctuidae		
<i>Trichoplusia ni</i>	Gusano falso medidor	Hoja
<i>Pseudoplusia includens</i>	Gusano falso medidor	Hoja
<i>Agrotis ipsilon</i>	Gusano tierrero negro	Trozador tallos, hoja
<i>Spodoptera frugiperda</i>	Gusano cogollero	Descortezador tallo, hoja
<i>Helicoverpa virescens</i>	Gusano bellotero	Fruto
Lepidoptera: Stenomidae		
<i>Stenoma cecropia</i>	Gusano cuernito	Hoja
Lepidoptera: Psychidae		
<i>Oiketicus kirbyi</i>	Gusano canasta	Hoja
Lepidoptera: Pyralidae		
<i>Pococera hermasalis</i>	Polilla de los racimos	Fruto, hoja, rama
<i>Acrolophus</i> sp.	Gusano de la corteza	tallo
Lepidoptera: Tortricidae		
<i>Clepsis abscisana</i>	Enrollador de las hojas	Hoja, cogollos
<i>Platynota</i> sp.	Encartuchador de las hojas	Hoja
<i>Amorbia</i> sp.	Polilla de los glomérulos	Rama, fruto, hoja

Continúa...

...continuación

Familia / especie	Nombre común	Órgano que afecta
<i>Argyrotaenia</i> sp.	Polilla de los glomérulos	Rama, fruto, hoja
Lepidoptera: Saturniidae		
<i>Rothschildia orizaba</i>	Polilla de cuatro ventanas	Hoja
<i>Automeris</i> sp.	Gusano perejil	Hoja
Hemiptera: Pseudococcidae		
<i>Dysmicoccus brevipes</i>	Cochinilla harinosa de la raíz	Raíz
<i>Neochavesia caldasiae</i>	Cochinilla harinosa de la raíz	Raíz
<i>Planococcus citri</i>	Cochinilla harinosa de las ramas	Ramas, fruto, hoja
<i>Rhizoecus coffeae</i>	Cochinilla harinosa de la raíz	Raíz
<i>Pseudococcus jackbeardsleyi</i>	Cochinilla harinosa de la raíz	Cuello de la raíz
Hemiptera: Putoidae		
<i>Puto antioquiensis</i>	Cochinilla harinosa de la raíz	Raíz
<i>Puto barberi</i>	Cochinilla harinosa de la raíz	Raíz
Hemiptera: Aetalionidae		
<i>Aetalion reticulatum</i>	Cigarrita del café	Rama
Hemiptera: Clastopteridae		
<i>Clastoptera biguttata</i>	Saltahojas del café	Hojas, frutos
<i>Clastoptera irrorata</i>	Saltahojas del café	Hojas, cogollos
Hemiptera: Cicadellidae		
<i>Clinonella declivata</i>	Saltahojas del café	Hojas, cogollos
<i>Huancabamba rotundiceps</i>	Saltahojas del café	Hojas, cogollos
<i>Juliaca scalarum</i>	Saltahojas del café	Hojas, cogollos
<i>Agallia</i> sp.	Saltahojas del café	Hojas, cogollos
<i>Chlorogonalia</i> sp.	Saltahojas del café	Hojas, cogollos
<i>Graphocephala</i> sp.	Saltahojas del café	Hojas, cogollos
Hemiptera: Membracidae		
<i>Membracis mexicana</i>	Insecto espina jorobado	Rama
<i>Ennya chrysur</i>	Insecto jorobado de los pedúnculos	Hoja
Hemiptera: Aleyrodidae		
<i>Aleurothrixus floccosus</i>	Mosca blanca lanuda	Hoja
<i>Aleurocanthus woglumi</i>	Mosca negra de los cítricos	Hoja
Hemiptera: Cercopidae		
<i>Clastoptera biguttata</i>	Mión o salivazo	Pedúnculo fruto
Hemiptera: Ortheziidae		
<i>Orthezia praelonga</i>	Piojo blanco del café	Hoja, rama
<i>Orthezia insignis</i>	Piojo blanco del café	Hoja
Hemiptera: Coccidae		
<i>Coccus viridis</i>	Escama verde	Hoja, rama, fruto

Continúa...

...continuación

Familia / especie	Nombre común	Órgano que afecta
<i>Saissetia coffeae</i>	Escama tortugita del café	Hoja, fruto, rama
<i>Ceroplastes</i> sp.	Cochinilla cerosa	Tallo, rama
Hemiptera: Diaspidae		
<i>Selenaspidium articulatus</i>	Escama articulada	Hoja, fruto
<i>Ischnapis longirostris</i>	Escama negra	Pedúnculo del fruto
Hemiptera: Aphididae		
<i>Toxoptera aurantii</i>	Pulgón negro de los cítricos	Hoja, ramas tiernas
<i>Myzus persicae</i>	Pulgón verde de la papa	Hoja, ramas apicales
<i>Aphis gossypii</i>	Pulgón del algodón	Hoja, ramas
Hemiptera: Miridae		
<i>Monalonion velezangeli</i>	Chinche de la chamusquina del café	Hoja, flor
Thysanoptera: Thripidae		
<i>Selenothrips rubrocinctus</i>	Trips del café	Hoja
<i>Heliethrips haemorrhoidalis</i>	Trips del café	Hoja
Diptera: Tephritidae		
<i>Anastrepha fraterculus</i>	Mosca de la fruta	Fruto
<i>Ceratitis capitata</i>	Mosca del Mediterráneo	Fruto
Hymenoptera: Formicidae		
<i>Atta cephalotes</i>	Hormiga arriera	Hoja, flor
<i>Acromyrmex octospinosus</i>	Hormiga arriera menor	Hoja, flor
<i>Paratrechina fulva</i>	Hormiga loca	
<i>Acropyga fuhrmanni</i>	Hormiga de Amagá	Raíz con cochinillas
<i>Acropyga robae</i>	Hormiga de La Esperanza	Raíz con cochinillas
<i>Solenopsis geminata</i>	Hormiga de fuego	Raíz con cochinillas
Orthoptera: Tettigoniidae		
<i>Idiarthron subquadratum</i>	Grillo de los cafetales	Tallo, hoja, fruto
Orthoptera: Gryllotalpidae		
<i>Scapteriscus didactylus</i>	Grillo topo de los almácigos	Raíz, trozador tallos
<i>Gryllotalpa</i> sp.	Grillo de los almácigos	Raíz, trozador tallos
Isoptera: Rhinotermitidae		
<i>Comatermes perfectus</i>	Termita o comején	Tallo
Acari: Tetranychidae		
<i>Oligonychus yothersi</i>	Arañita roja del café	Hoja
Acari: Tarsonemidae		
<i>Polyphagotarsonemus latus</i>	Ácaro blanco	Hoja
Arachnida: Araneidae		
<i>Cyrtophora citricola</i>	La araña parda	Follaje
Gasteropoda: Veronicellidae		
<i>Sarasinula plebeia</i>	Babosa causante del anillado de tallos del café	Tallo
<i>Colosius pulcher</i>	Babosa de los frutos y ramas	Fruto, rama

Lista de algunas especies de depredadores y parasitoides de importancia en el control biológico de artrópodos fitófagos del café

Familia / especie	Hábitos	Especie que controla
Coleoptera: Silvanidae		
<i>Cathartus quadricollis</i>	Depredador de estados de broca	<i>Hypothenemus hampei</i>
<i>Monanus</i> sp.	Depredador de estados de broca	<i>Hypothenemus hampei</i>
Coleoptera: Staphylinidae		
<i>Oligota centralis</i>	Depredador de araña roja	<i>Oligonychus yothersi</i>
Hymenoptera: Bethylinidae		
<i>Prorops nasuta</i>	Ectoparasitoide de la broca del café	<i>Hypothenemus hampei</i>
<i>Cephalonomia stephanoderis</i>	Ectoparasitoide de la broca del café	<i>Hypothenemus hampei</i>
Hymenoptera: Eulophidae		
<i>Phymastichus coffea</i>	Endoparasitoide de la broca del café	<i>Hypothenemus hampei</i>
<i>Aspidiotiphagus citrinus</i>	Parasitoide de la escama articulada	<i>Selenaspidus articulatus</i>
<i>Closterocerus coffeellae</i>	Endoparasitoide larvas de minador	<i>Leucoptera coffeellum</i>
<i>Horismenus cupreus</i>	Ectoparasitoide larvas de minador	<i>Leucoptera coffeellum</i>
<i>Chrysocharis livida</i>	Endoparasitoide larvas de minador	<i>Leucoptera coffeellum</i>
Hymenoptera: Formicidae		
<i>Solenopsis geminata</i>	Depredador de broca	<i>Hypothenemus hampei</i>
<i>Mycocepurus smithii</i>	Depredador de broca	<i>Hypothenemus hampei</i>
<i>Pheidole</i> sp.	Depredador de broca	<i>Hypothenemus hampei</i>
<i>Dorymyrmex</i> sp.	Depredador de broca	<i>Hypothenemus hampei</i>
<i>Crematogaster</i> sp.	Depredador de broca	<i>Hypothenemus hampei</i>
Hymenoptera: Pteromalidae		
<i>Scutellista cyanea</i>	Parasitoide de la escama tortuguita	<i>Saissetia coffeae</i>
Hymenoptera: Encyrtidae		
<i>Leptomastix dactylopii</i>	Parasitoide de la cochinilla harinosa de las ramas del cafeto	<i>Planococcus citri</i>
Hymenoptera: Chalcidae		
<i>Conura phobetroneae</i>	Parasitoide del gusano araña	<i>Phobethron hipparachia</i>
<i>Brachymeria</i> sp.	Parasitoide del gusano araña	<i>Phobethron hipparachia</i>
Hymenoptera: Vespidae		
<i>Polistes</i> sp.	Depredador larvas de minador	<i>Leucoptera coffeellum</i>
<i>Polybia</i> sp.	Depredador larvas de minador	<i>Leucoptera coffeellum</i>
Diptera: Syrphidae		
<i>Baccha bonleyi</i>	Depredador de la escama tortuguita	<i>Saissetia coffeae</i>
<i>Allograpta argentipila</i>	Depredador del pulgón verde	<i>Myzus persicae</i>
Neuroptera: Chrysopidae		
<i>Chrysoperla</i> sp.	Depredador del pulgón verde, araña roja, minador de la hoja	<i>Myzus persicae</i> <i>Oligonychus yothersi</i> <i>Leucoptera coffeellum</i>
Coleoptera: Coccinellidae		
<i>Azya luteipes</i>	Depredador de <i>Coccus viridis</i>	<i>Coccus viridis</i>

Continúa...

...continuación

Familia / especie	Hábitos	Especie que controla
<i>Azya orbiger</i>	Depredador de la escama verde del café y araña roja	<i>Coccus viridis</i> , <i>Oligonychus yothersi</i>
<i>Chilocorus cacti</i>	Depredador de escama verde y escama tortugueta	<i>Coccus viridis</i> <i>Saissetia coffeae</i>
<i>Coleomegilla</i> sp.	Depredador de araña roja	<i>Oligonychus yothersi</i>
<i>Cryptolaemus montrouzieri</i>	Depredador de la cochinilla harinosa de las ramas del café	<i>Planococcus citri</i>
<i>Cycloneda munda</i>	Depredador de araña roja	<i>Oligonychus yothersi</i>
<i>Cycloneda sanguinea</i>	Depredador del pulgón negro y verde	<i>Toxoptera aurantii</i> , <i>Myzus persicae</i>
<i>Delphastus pusillus</i>	Depredador de mosca blanca lanuda	<i>Aleurothrixus floccosus</i>
<i>Harmonia axyridis</i>	Depredador de la cochinilla harinosa de las ramas y araña roja	<i>Planococcus citri</i> <i>Oligonychus yothersi</i>
<i>Hippodamia</i> sp.	Depredador del pulgón negro	<i>Toxoptera aurantii</i>
<i>Pentilia castanea</i>	Depredador de la escama articulada	<i>Selenaspidus articulatus</i>
<i>Propylea</i> sp.	Depredador de araña roja	<i>Oligonychus yothersi</i>
<i>Scymnus</i> sp.	Depredador de araña roja	<i>Oligonychus yothersi</i>
<i>Stethorus</i> sp.	Depredador de araña roja	<i>Oligonychus yothersi</i>
Hemiptera: Reduviidae		
<i>Zelus vespiformis</i>	Depredador de la chinche de la chamusquina del café	<i>Monalonion velezangeli</i>
<i>Arilus</i> sp.	Depredador de la chinche de la chamusquina del café	<i>Monalonion velezangeli</i>
<i>Repipta</i> sp.	Depredador de la chinche de la chamusquina del café	<i>Monalonion velezangeli</i>

Recomendaciones prácticas

Existe un gran número de insectos y artrópodos que habitan naturalmente en los cafetales de Colombia. No por alimentarse eventualmente de las plantas de café, deben considerarse como plagas. Un habitante natural de los cafetales podría convertirse en plaga potencial si:

1. Se eliminan bosques o los hospedantes nativos de algunos insectos y se siembra café. En este caso los habitantes de los bosques, al no tener otra opción, se alimentan de café.
2. Se aplican insecticidas de manera indiscriminada para controlar plagas de cultivos asociados al café. Estos insectos se refugian en las plantas de café para escapar a la acción de los insecticidas.

Se debe tener en cuenta que en estos casos es importante revertir la acción que induce la aparición de una plaga potencial. No se debe comenzar con la aplicación de un insecticida químico. Conocer la biología y los hábitos de los habitantes naturales plagas potenciales del café, es la clave.

Literatura citada

- ANDREWS, K.L. Slug pest of dry beans in central América. p. 85-89. En: HENDERSON, I. Slugs and snails in world agriculture. Thornton Heath : British crop protection council, 1989. 422 p.
- ÁVILA, L.A. Impacto agronómico del daño causado por el gusano barrenador del tallo del cafeto (*Plagiohammus maculosus* Bates) en el municipio de Santa Cruz Naranjo del departamento de Santa Rosa, Ciudad de Guatemala: Universidad de San Carlos. Facultad de Agronomía, 2005. 40 p. Tesis: Ingeniero Agrónomo.
- BARRERA, J.F.; INFANTE, F.; LÓPEZ, G.; HERRERA, J.; CASTILLO, A. El taladrador de las ramas del café: La otra broca del café. 2da. ed. Tapachula : El colegio de la frontera sur, 2001. 6 p. (Boletín Técnico No. 2).
- BARRERA, J.F. Proyecto taladrador de las ramas del café robusta. [En línea]. San Cristóbal de Las Casas : Grupo de investigación de Ecosur en zonas cafetaleras, 2007. Disponible en internet: <http://www2.tap-ecosur.edu.mx/mip/Publicaciones/pdf/Libro-Redisa-2012-Cap14.pdf>. (Consultado en 04/12/2012).
- BARRERA, J.F.; HERRERA, J.; VILLALOBOS, J.; GÓMEZ, B. El barrenador del tallo y la raíz del café: Una plaga silenciosa. Chiapas : El colegio de la frontera sur ECOSUR, 2004. 8 p. (Folleto Técnico No. 9).
- BENAVIDES G., M. El *Xyleborus morigerus* Blandford en Colombia. *Cenicafé* 12(1):17-28. 1961.
- BENAVIDES G., M.; OROZCO H., J. El pasador de las ramas del cafeto. Chinchiná : CENICAFÉ, 1989. 4 p. (Avance Técnico No. 142).
- BEZARK, L.A. photographic catalog of the Cerambycidae of the new world: The genus *Plagiohammus* (Lamiinae). 2008. Disponible en Internet: http://plant.cdpa.ca.gov/byciddb/default_wImage.asp. (Consultado en 02/08/2012).
- BIGGER, M. A geographical distribution list of insects and mites associated with coffee, derived from literature before 2011. [En línea]. Wallingford: CABI, 2012. Disponible en internet: <http://bigger.coffeeinsects.com>. (Consultado en 12/10/2012).
- BUSTILLO P., A.E. Los hongos entomopatógenos en el control de insectos plagas. p. 1-53. En: Memorias curso internacional teórico práctico: Entomopatógenos de la broca del café. Chinchiná : CENICAFÉ, 2002. 53 p.
- BUSTILLO P., A.E. Los insectos y su manejo en la caficultura colombiana. Chinchiná: CENICAFÉ, Editorial Blanecolor Ltda, Manizales -Colombia, 2008. 466 p.
- BUTLER, G.; HAMILTON, G. Development time of *Heliethis virescens* in relation to constant temperature. *Environmental entomology* 5(1):759-760. 1976.
- CAB International. *Aleurothrixus floccosus*: Crop protection compendium. [En línea]. Wallingford : CAB International, 2006. Disponible en internet: <http://www.cabicompendium.org/cpc>. (Consultado en 10/07/2012).
- CAB International. *Xylosandrus morigerus*: Crop protection compendium. [En línea]. Wallingford : CAB International, 2006. Disponible en internet: <http://www.cabicompendium.org/cpc>. (Consultado en 13/08/2012).
- CAMOUSSEIGHT, A. Las termitas y su presencia en Chile. Santiago de Chile : CONAF, 1999. 8 p. (Nota Técnica No. 37).
- CÁRDENAS M., R.; POSADA F., F.J. Los Insectos y otros habitantes de cafetales y platanales. Comité de Cafeteros del Quindío. Optigraf, Armenia. 2001. 250 p.
- CHIARADIA, L.A.; MILANEZ, J.M. Lesmas: Rastejante, nojenta e perigosa. *Cultivar* 1(5):16-17. 1999.
- CONSTANTINO, R. Chave ilustrada para identificação dos generos de cupins (Insecta:Isoptera) que ocurrem no Brasil. Museo de Zoología da Universidade de São Paulo, Papeis avulsos de zoología 40(25):387-448. 1999.
- CONSTANTINO CH., L.M. Problemas de babosas causantes del raspado y desgrane de frutos del café: Informe técnico. Chinchiná : CENICAFÉ, 2008. 6 p.
- CONSTANTINO CH., L.M. La hormiga arriera *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Formicidae). p. 323-386. En: Bustillo P., A.E. Los insectos y su manejo en la caficultura colombiana. Chinchiná: CENICAFÉ, Editorial Blanecolor Ltda, Manizales -Colombia, 2008. 466 p.
- CONSTANTINO CH., L.M.; BONILLA, F. Manejo integrado de la hormiga arriera *Atta cephalotes* (L.). p. 1-50. En: Memorias curso de capacitación teórico práctico: Prevención para el control de la hormiga arriera en la zona rural del municipio de Santiago de Cali. Cali : UMATA : FUNDESPAC, 2004. 60 p.

- CONSTANTINO CH., L.M.; BENAVIDES M., P. Presencia y daños del gusano araña en cultivos de café en el municipio de Santa Isabel, veredad El Corzo, Tolima: Informe técnico. Chinchiná : CENICAFÉ, 2009. 3 p.
- CONSTANTINO CH., L.M.; BENAVIDES M., P. Diagnóstico de escarabajo Melolonthidae consumiendo follaje de cafeto en el Tolima: Informe técnico. Chinchiná : CENICAFÉ, 2009. 4 p.
- CONSTANTINO CH., L.M.; BENAVIDES M., P. Presencia del perforador de las ramas del cafeto *Xylosandrus morigerus* en un lote de *Coffea arabica* var. San Bernardo en Quinchia, Risaralda: Informe técnico. Chinchiná : CENICAFÉ, 2009. 4 p.
- CONSTANTINO CH., L.M.; GOMES, S.; BENAVIDES M., P. Descripción y daños causados por las babosas *Colosius pulcher* y *Sarasinula plebeia* en el cultivo de café en Colombia. Chinchiná : CENICAFÉ, 2010. 8 p. (Avance Técnico No. 392).
- CONSTANTINO CH., L.M.; BENAVIDES M., P. Evaluación del daño del barrenador del tallo y la raíz del café *Plagiohammus* sp. (Coleoptera: Cerambycidae) en el municipio de Aguachica, Cesar: Informe técnico. Chinchiná: CENICAFÉ, 2012. 13 p.
- CONSTANTINO CH., L.M.; BENAVIDES M., P. Primer registro de *Helicoverpa virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) consumiendo frutos de café: Informe técnico. Chinchiná : CENICAFÉ, 2012. 5 p.
- CONSTANTINO CH., L.M.; BENAVIDES M., P. La polilla de los racimos de café *Pococera hermasalis* (Lepidoptera:Pyralidae): Informe técnico. Chinchiná: CENICAFÉ, 2012. 8 p.
- CONSTANTINO CH., L.M.; BENAVIDES M., P. El gusano gelatina *Paracraga argentea* (Lepidoptera: Dalceridae), nuevo registro en café. Informe técnico. Chinchiná : CENICAFÉ, 2012. 7 p.
- CONSTANTINO CH., L.M.; MARTÍNEZ, H.; GIL P., Z.N.; BENAVIDES M., P. Diagnóstico de la presencia y daños ocasionados por la cochinilla harinosa de las ramas del cafeto *Planococcus citri* (Hemiptera:Pseudococcidae) en Santuario, Risaralda y Risaralda (Caldas). Informe técnico. Chinchiná : CENICAFÉ, 2012. 13 p.
- CORDO, H.A.; LOGRAZO, G.; BRAUN, K.; DI LORIO., O. Catálogo de insectos fitófagos de la Argentina y sus plantas asociadas. Sociedad entomológica argentina, Ediciones Buenos Aires, Argentina :987-995. 2004.734 p.
- CORREA, L.R.B.; SANTA C., L.V.C.; SOUZA, B. Biología da cochinilha-branca *Planococcus citri* (Risso, 1813) (Hemiptera: Pseudococcidae) em *Coffea arabica* L. cv. Acaia. [Cd rom]. Londrina : Simpósio de pesquisa dos cafés do Brasil, 2005.
- DELGADO, H.A.; FEDRE, D. Factores que afectan la abundancia poblacional de *Helicoverpa (Heliothis) virescens* en tabaco. p. 36-45. En: Universidad Nacional de Salta. Manejo integrado de plagas y agroecología. Costa Rica : La Universidad, 2003.40 p.
- ENTOCARE. Biological pest control. [En línea]. Wageningen : ENTOCARE, 2012. Disponible en internet: http://www.entocare.english/products_mealybugs.htm. (Consultado en 12/12/2012).
- EPPO. *Aleurothrixus floccosus*. [En línea]. Paris : EPPO, 2008. Disponible en internet: <http://www.eppo.org>. (Consultado en 10/12/2012).
- FRANCE, A.; GERDING, M.; CÉSPEDES, C.; CORTEZ, M. Control de babosas (*Deroceras reticulatum* Muller) con *Phasmarhabditis hermaphrodita* Schneider (Nematoda:Rhabditidae) en suelos con sistema de cero labranza. *Agricultura técnica* 62(2):181-190. 2002.
- FUENTES, L. Moluscos de importancia agrícola en Venezuela. [En línea]. Maracay : CENIAP, 2006. Disponible en internet: http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/ceniaphoy/articulos/coleccion.htm (Consultado en 03/12/2012).
- GIL P., Z.N. Las babosas en cafetales. p. 381-384. En: Bustillo P., A.E. Los insectos y su manejo en la caficultura colombiana. Chinchiná: CENICAFÉ, Editorial Blanecolor Ltda, Manizales -Colombia, 2008. 466 p.
- GIRALDO J., M.; CONSTANTINO CH., L.M.; BENAVIDES M., P. Diagnóstico de la presencia y daños ocasionados por la mosca blanca *Aleurothrixus floccosus* en el cultivo del café en Fresno, Tolima: Informe técnico. Chinchiná: CENICAFÉ. 2008. 6 p.
- GIRALDO J., M.; GALINDO L., L.A. Visita perforador del tallo de café, Dagua, Valle del Cauca: Informe técnico. Chinchiná : CENICAFÉ. 2010. 10 p.
- GIRALDO J., M., BENAVIDES M., P. Visita a termitas en café, Ibagué, Tolima: Informe técnico. Chinchiná : CENICAFÉ, 2010. 11 p.

- GOMES, S.R. *Filogenia morfológica de Veronicellidae, filogenia molecular de Phyllocaulis colosi e descrição de uma nova espécie para a família (Mollusca, Gastropoda, Pulmonata)*. Rio Grande do sul : Universidade Federal, 2007. 175 p. Tese: Doutorado em biologia animal.
- GOMES, S.R.; THOMÉ, J.W. *Variabilidade morfológica de Sarasinula plebeia (Fischer, 1868) (Veronicellidae; Gastropoda) na região australiana*. *Acta biológica leopoldensia* 24 (1): 37-46. 2002.
- GOMES, S.R.; THOMÉ, J.W. *Diversity and distribution of the Veronicellidae (Gastropoda: Soleolifera) in the oriental and australian biogeographical regions*. *Memoirs of the Queensland museum* 49 (2):589-601. 2004.
- GOMES, S.R.; CONSTANTINO CH., L.M.; BENAVIDES M., P. *Colosius pulcher (Veronicellidae, Gastropoda): Recente introdução na Colômbia e nova potencial praga em cultivos de café*. Belém: Congresso brasileiro de zoologia, 2010. 2 p.
- GONZÁLES, L.E. *Guía para el control de babosas (Mollusca: Gastropoda) en el Perú*. Lima : Ministerio de agricultura: SENESA, 2005. 9 p.
- GORUSTOVICH, M.; OTERO, M.; GÓMEZ, S. *Plagas animales y sus enemigos naturales en Tabaco (Nicotiana tabacum) en el noroeste argentino*. Salta : UNSa, 1999.300 p.
- JAFFÉ, K.; HOWSE, P.E. *The mass recruitment system of the leaf - cutting ant, Atta cephalotes (L.)*. *Animal Behaviour*. 27(2):930-939. 1979.
- JAFFÉ, K.; VILELA, E. *On nest densities of the leaf-cutting ant Atta cephalotes in tropical primary forest*. *Biotropica* 21(3):234-236. 1989.
- JANZEN, D.; HALLWACHS, W. *Caterpillars, pupae, butterflies & moths of the area de conservación Guanacaste, Costa Rica*. [En línea]. Filadelfia : Universidad de Pensilvania, 2008. Disponible en internet: <http://www.janzen.sas.upenn.edu/index.html>. (Consultado en 12/09/2012).
- KERNS, D.; WRIGHT, G.; LOGHRY, J. *Citrus mealybug (Planococcus citri): Crop extension*. [En línea]. Tucson : The university of Arizona, 2010. Disponible en internet:<http://www.cals.arizona.edu/crops/citrus/insects/citrusinsect.html>. (Consultado en 12/09/2012).
- KERNS, D.; WRIGHT, G.; LOGHRY, J. *Woolly whiteflies (Aleurothrixus floccosus): Cooperative extension*. [En línea]. Tucson : The university of Arizona, 2012. Disponible en internet: <http://cals.arizona.edu/crops/citrus/insects/citrusinsect.html> Consultado en (10/11/2012).
- LEON, G.; EVANS, G.; CAMPOS, J.C. *Parasitoides de plagas Homoptera de los cítricos en el departamento del Meta, Colombia*. [En línea]. Mosquera : Corpoica, 2001. Disponible en internet: <http://www.corpoica.org>. (Consultado en 10/09/2102).
- LÓPEZ, E.; ROMERO, M.; ORTIZ, A.; ORDUZ, S. *Primer registro de Metarhizium anisopliae infectando reinas de Atta cephalotes (Hymenoptera: Formicidae) en Colombia*. *Revista colombiana de entomología* 25(1):49-56. 1999.
- LOURENÇÃO, A.L.; SABINO, J.C. *Acraga moorei Dyar (Lepidoptera: Dalceridae) em Macadamia no estado de São Paulo*. *Bragantia* 54(2):185-190. 1994.
- LUPPICHINI, P.; RIPA, R.; LARRAL, P.; NÚÑEZ, E.; RODRÍGUEZ, F. *Mosquita blanca algodonosa de los cítricos, mosca blanca lanuda de los cítricos (Perú)*. p. 111-119. En: RIPA; LARRAL. *Manejo de plagas en paltos y cítricos*. La Cruz : INIA, 2008. 397 p.
- MADRIGAL C., J.A. *Breve reseña sobre Spodoptera frugiperda (J.E.Smith), Lepidoptera: Noctuidae plaga de importancia económica en los cultivos de algodón, maíz, y otros*. Espinal : Sociedad colombiana de entomología, 1979. 41 p.
- MADRIGAL C., J.A. *Insectos forestales de Colombia*. Medellín : Universidad Nacional de Colombia, 2003. 848 p.
- MADRIGAL C., J.A.; YEPES, F.C. *Las hormigas cortadoras de hojas (Hymenoptera: Formicidae)*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 1997. 47 p. (Cuadernos divulgativos en entomología No. 3).
- MARTIN, J.H. *An identification guide to common whitefly pest species of the world (Homoptera: Aleyrodidae)*. *Tropical pest management* 33(4):298-322. 1987.
- MARTÍNEZ, C. *Escarabajos longicornios (Coleoptera: Cerambycidae) de Colombia*. *Biota colombiana* 1(1):76-105. 2000.
- MARTINS, U.; GALILEO, M.H. *Cerambycidae (Coleoptera) da Colombia: Cerambycinae com olhos grosseiramente granulados*. *Revista brasileira de entomologia* 47(2):175-180. 2003.

- MILLER, S. The systematics of the neotropical moth family Dalceridae (Lepidoptera). *Bulletin of the museum of comparative zoology* 153(4):1-134. 1994.
- MONNÉ, M. Catalogue of the Cerambycidae (Coleoptera) of the neotropical region: Subfamily Lamiinae. *Zootaxa* 1023(2):1-760. 2005.
- MORERA, P. Life history and redescription of *Angiostrongylus costaricensis* Morera and Céspedes, 1971. *The American journal of tropical medicine and hygiene* 22(5):613-621. 1973.
- MORERA, P.; CÉSPEDES, R. *Angiostrongilosis abdominal: Una nueva parasitosis humana*. *Acta médica costarricense* 14(3):159-173. 1971.
- ORTÍZ, A.; MADRIGAL C., J.A.; ORDUZ, S. Evaluación del comportamiento de las hormigas *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Formicidae) frente a la contaminación del jardín del hongo con *Trichoderma lignorum*. *Revista colombiana de entomología* 25(3-4):169-177. 1999.
- PARDO L., L.C.; MONTROYA, J. Ciclo de vida, importancia agrícola y manejo integrado de la chisa rizófaga *Phyllophaga menetriesi* Blanchard (Coleoptera:Melolonthidae), en Cauca y Quindío, Colombia. *Acta agronómica* 56(4):195-202. 2007.
- POSADA F., F.J.; CÁRDENAS M., R.; ARCILA P., J.; GIL V., L.F.; MEJÍA M., C.G. Las babosas causantes del anillado del tallo del cafeto. *Chinchiná : CENICAFÉ*, 2001. 8 p. (Avances Técnicos No. 289).
- QUINLAN, R.J.; CHERRETT, J.M. The role of fungus in the diet of the leaf cutting ant, *Atta cephalotes*. *Ecological entomology* 4(2):151-160. 1979.
- RAMÍREZ, J.C.; FRANCO, D. Descripción de la biología, daño y control de las termitas existentes en Chile. *Bosque* 22(2):77-84. 2001.
- ROBINSON, D.G. Alien invasions: The effects of the global economy on non-marine gastropod introductions into the United States. *Malacología* 41(2):413-438. 1999.
- ROBINSON, D.G.; HOLLINGSWORTH, R.G. Survey of slug and snail pests on subsistence and garden crops in the islands of the American pacific, Guam, and the northern Mariana islands: The leatherleaf slugs (family: Veronicellidae). *Riverdale, Maryland : USDA- APHIS*, 2005. 11 p.
- SALAZAR, A.; GERDING, M.; LUPPICHINI, P.; RIPA, R.; LARRAIN, P.; LARRAL, P. Biología y manejo de chanchitos blancos. *Chillan: INIA*, 2010. 60 p. (Boletín No. 204).
- SANTOS, E. Como combater as lesmas e caracóis nocivos. *Boletim do campo* 15(120):3-5. 1959.
- THOMÉ, J.W. Redescrĩaoo dos tipos de veronicellidae (Mollusca, Gastropoda) neotropicais: Espécies depositadas no "museo ed istituto di zoologia sistematica della universita", de Turin, Itália. *Iheringia* 39:19-31. 1970.
- THOMÉ, J.W. Os gêneros da família Veronicellidae nas Américas (Mollusca; Gastropoda). *Iheringia* 48:3-56. 1975.
- THOMÉ, J.W. Estado atual da sistemática dos Veronicellidae (Mollusca; Gastropoda) americanos, com comentários sobre sua importância econômica, ambiental e na saúde. *Biociências* 1:61-75. 1993.
- THOMÉ, J.W.; GOMES, S.R.; SILVA, R.S. Illustrierte und kommentierte liste der Veronicellidae von Peru (Mollusca; Gastropoda). *Archiv für molluskenkunde* 129 :69-75. 2001.
- TRIPLEHORN, CH.; JOHNSON, N. *Borrer and delong´s introduction to the study of insects*. 7th. ed. Belmont CA: Thomson Brooks/Cole, 2005. 864 p.
- VÁSQUEZ, N.C. Manejo de plagas rizófagas con base en comportamiento y ecología. *Nataima* 5(1):73-75. 2000.
- VÉLEZ, C.P. Bioecología y manejo del complejo de babosas en el cultivo del café, *Coffea arabica*. *Palmira : Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía*, 2002. 138 p. Tesis: Ingeniero agrónomo.
- VÉLEZ A., R. *Plagas agrícolas de impacto económica en Colombia: Bionomía y manejo integrado*. Medellín : Universidad de Antioquia, 1997. 482 p.
- VILLEGAS G., C. Manejo de insectos asociados a la fase vegetativa del cultivo de la macadamia en Colombia. *Chinchiná : CENICAFÉ*, 1998. 10 p. (Avance Técnico No. 249).
- VILLEGAS G., C., BUSTILLO P., A.E., ZABALA, G., BENAVIDES M., P.; RAMOS, A.A. Cochinillas harinosas en cafetales colombianos. p. 342-354. En: *Bustillo P., A.E. Los insectos y su manejo en la caficultura colombiana*. Chinchiná: CENICAFÉ, Editorial Blanecolor Ltda, Manizales -Colombia, 2008. 466 p.

- WETTERER, J.K. *Diel changes in forager size, activity, and load selectivity in a tropical leaf-cutting ant, Atta cephalotes*. *Ecological entomology* 15:97-104. 1990.
- WILSON, E.O. *The defining traits of fire ants and leaf cutting ants*. p. 1-9. En: LOFGREN, C.; VANDE M., A.K. *Fire ants and leaf-cutting ants: Biology and management*. Colorado : West view studies in insect biology, 1986. 120 p.
- WILSON M., D.; GLEN, S.; GEORGE, S.K.; BUTLER, R. *The rhabditid nematode, Phasmarhabditis hermaphrodita as a potencial biocontrol agent for slugs*. *Biocontrol science and technology* 3:503-511. 1993.
- ZUCCHI, R. *Chave para as principais famílias de algumas ordens de insecta*. São Paulo : Universidade de São Paulo, 1993. 43 p.

Renovación de cafetales

Víctor Hugo Ramírez Builes; Argemiro Miguel Moreno Berrocal

En café, independientemente de la variedad, sea de porte alto o de porte bajo, en cualquier densidad de siembra, a plena exposición solar o con establecimiento de sistemas agroforestales, a libre crecimiento o con descope, y con diferente número de tallos (Chupones), existe un número de cosechas con las cuales se consigue el máximo promedio de producción anual, incluyendo el período inicial de crecimiento vegetativo, lo cual determina el número óptimo de años de un ciclo.

Es así como el cultivo del café requiere de renovaciones para mantener un promedio de producción alto y rentable por unidad de superficie. Si no se renueva el cafetal la producción declina año tras año por la competencia por espacio, luz, recursos, y además, como efecto del deterioro físico de las plantas.

Por estas razones, es necesario modificar los hábitos naturales de crecimiento de la planta cada cierto número de años, dependiendo de las condiciones ambientales y la densidad de siembra, para estimular la formación de tejido nuevo y así mantener un promedio de producción alto, permanente y rentable.



¿En qué consiste la renovación?

La práctica de **renovación del cafetal** se considera como una de las actividades esenciales dentro de los factores de manejo del cultivo, que influyen sobre la producción y la rentabilidad del mismo. La renovación del cultivo consiste en la eliminación parcial o total del tejido vegetal improductivo, para rejuvenecer la planta, mediante la inducción de la formación de tejido nuevo, donde se dará la producción.

a reducirse la producción de la planta y la productividad del cultivo (Figuras 3 y 4), y por lo tanto, disminuye la rentabilidad del mismo.

Tipos de renovación

Existen fundamentalmente dos tipos de renovación de cafetales. La **renovación por poda** consiste en cortar todo el tejido productivo del cultivo, bien sea solo las ramas pero también se pueden incluir las ramas y parte del tallo. La renovación por poda se hace cuando el cultivo es muy joven (Menos de 20 años), cuando las condiciones fitosanitarias del cultivo son adecuadas y cuando se desea estabilizar la producción de la finca.

La **renovación por siembra** consiste en sembrar nuevamente plantas provenientes de almácigo. Este tipo de renovación se hace cuando se desea cambiar de variedad (Por ejemplo, una variedad susceptible a la roya por una variedad resistente), cuando se desea cambiar el arreglo espacial de la siembra o intervenir el propósito del sistema de producción.

La renovación del cultivo se hace por las características mismas del crecimiento y producción de la planta de café, debido a que en las zonas en las cuales ocurre la producción ésta no se vuelve a dar, en consecuencia, cada año la producción se desplaza hacia los puntos de crecimiento (Figuras 1 y 2), hasta llegar al punto donde la competencia entre la misma planta y con las otras plantas no le permite mantener el nivel de crecimiento o formación de tejido nuevo para la producción, y empieza

¿Por qué se debe renovar el cafetal?

Según Arcila (2007), la producción anual de una planta de café depende principalmente de:

1. El número de ramas primarias o secundarias formadas
2. El número de nudos productivos formados en esas ramas

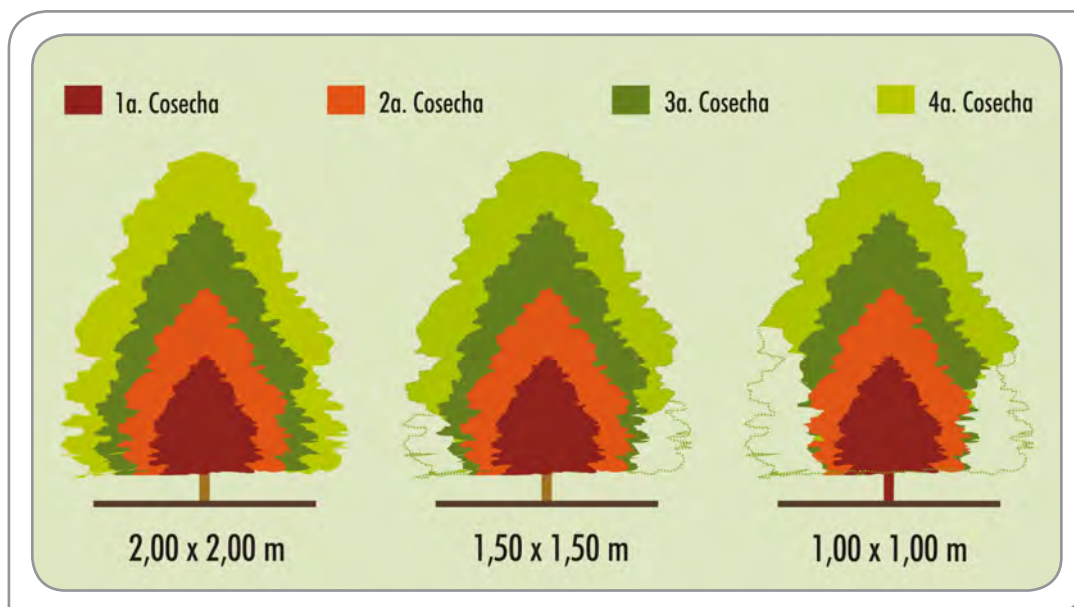


Figura 1.

Distribución de la cosecha en una planta de café a la cuarta cosecha, en tres distancias de siembra.

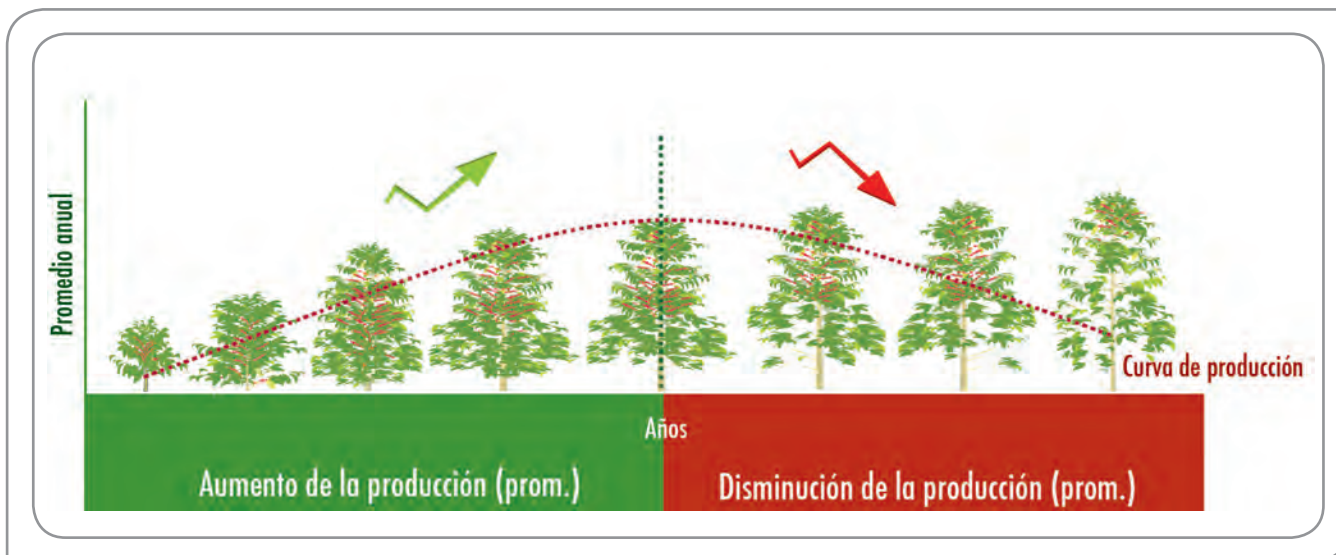


Figura 2.

Crecimiento de una planta de café y curva de producción.

Además, la productividad total del sistema depende del número de plantas sembradas por hectárea, el número de ramas productivas por árbol, el número de nudos por rama, del número de frutos por nudo y del peso y calidad de los frutos. Por lo tanto, al necesitar la planta producir tejido nuevo para la producción subsiguiente, con el pasar de los años, los componentes que determinan la productividad van disminuyendo, por el envejecimiento de la planta y del cafetal, en general.

En la medida que el cultivo se va envejeciendo la producción se va desplazando hacia afuera y hacia arriba de la planta, es por esta razón que la edad de renovación depende de cuatro factores a saber:

- La variedad (porte alto o porte bajo)
- Las condiciones climáticas de la zona
- El sistema de producción (libre exposición solar o agroforestal)
- La densidad de siembra y el arreglo espacial

La variedad

Las variedades de porte bajo, dependiendo de la densidad, empiezan a reducir su producción respecto al año anterior, después de la quinta o sexta cosecha (Figura 3), mientras que las variedades de porte alto, en el mismo ambiente, reducen la producción respecto al año anterior, después de la cuarta cosecha (Figura 4). Esta respuesta se asocia con la distancia más larga entre nudos y en las altas densidades de las variedades

de porte alto, factores que pueden generar competencia mas rápidamente.

Las condiciones climáticas

Como se explica en los capítulos sobre cafetales a libre exposición solar y los factores climáticos que influyen en la producción de café, el máximo desarrollo foliar de una planta de café depende de la temperatura de la zona, la disponibilidad hídrica y la densidad de siembra, es así como en la medida que disminuye la temperatura media del aire (Aumento en altitud), el crecimiento se hace más lento, el inicio de producción y el nivel de máxima producción se alargan, y por lo tanto, la edad de renovación.

Sistema de producción de café

Al considerar que los sistemas de producción a libre exposición solar tienen tasas de crecimiento más rápidas que los sistemas agroforestales con café, en algunas zonas del país (Centro y sur), a una misma densidad de siembra, la edad de renovación de los cafetales puede ser distinta.

Densidad de siembra

La densidad de siembra influye en el desplazamiento de la producción hacia las partes altas de la planta, lo cual tiene como consecuencia la disminución de la producción

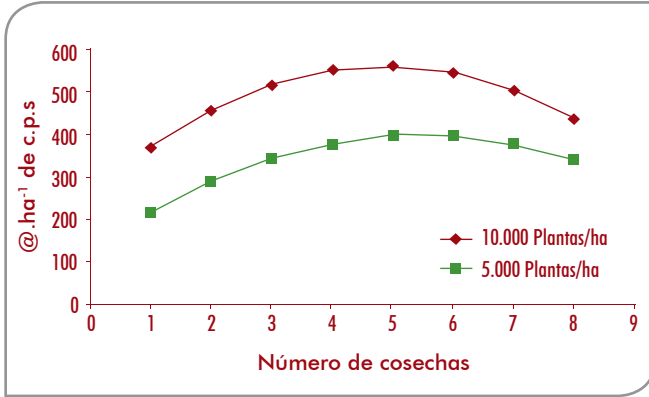


Figura 3.

Curva de productividad para una variedad de café de porte bajo en un ambiente similar bajo dos densidades de siembra a libre exposición solar (Adaptado de Mestre, 1992).

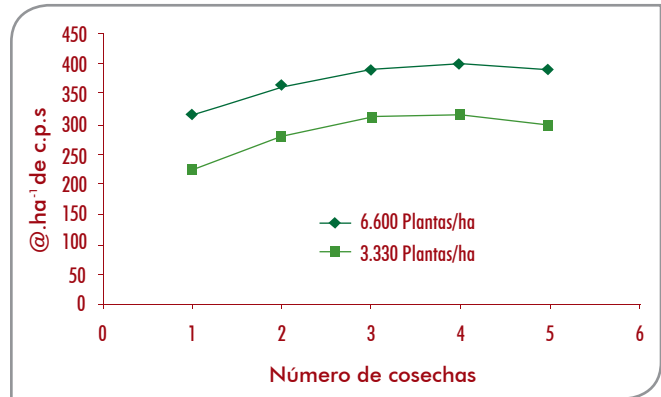


Figura 4.

Curva de productividad para una variedad de café de porte alto en un ambiente similar bajo dos densidades de siembra a libre exposición solar (Adaptado de Mestre, 1992).

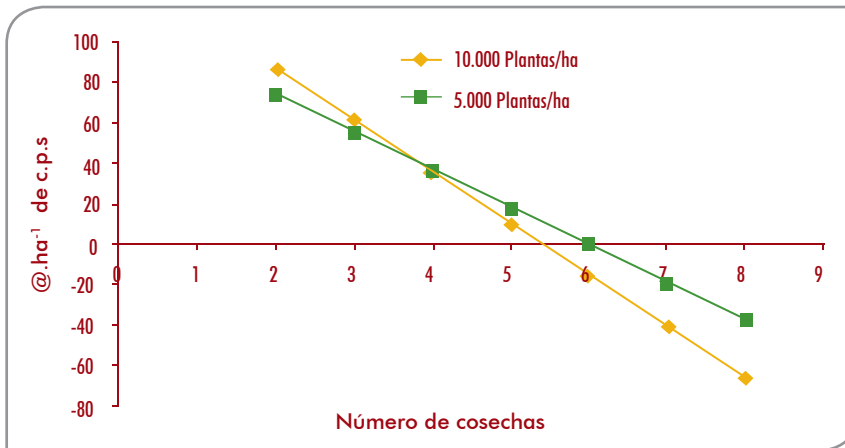


Figura 5.

Diferencia de producción respecto a la cosecha anterior, para una variedad de café de porte bajo, a dos densidades de siembra en un mismo ambiente (Adaptado de Mestre, 1992).

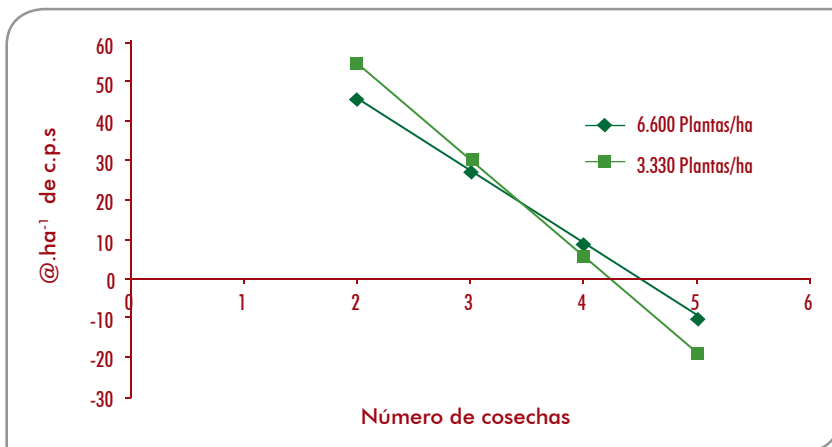


Figura 6.

Diferencia de producción respecto a la anterior cosecha, para una variedad de café de porte alto, a dos densidades de siembra en un mismo ambiente a libre exposición solar (Adaptado de Mestre, 1992).

en forma más rápida (Figuras 5 y 6). Por ejemplo, en una variedad de porte bajo con densidad de siembra de 5.000 plantas/ha, después de la sexta cosecha, la producción se hace menor que la del año anterior, por

lo tanto, la diferencia de producción de ese año respecto al anterior es negativa, mientras que con 10.000 plantas/ha, esta reducción ocurre un año antes (Figura 5).

¿Cómo hacer la renovación?



La renovación consiste en la eliminación parcial o total del tejido vegetal de la planta, con el propósito de mantener o recuperar la capacidad productiva del árbol y la rentabilidad del sistema de producción.

La eliminación del tejido vegetal se puede hacer de diferentes maneras denominadas “**prácticas de renovación**”, entre las cuales se destacan las siguientes:

Zoca común

Este tipo de poda consiste en hacer un corte bajo, aproximadamente a 30 cm de altura, de tal manera que esta porción de tallo inicie la emisión de brotes denominados tallos o chupones (Figura 7), los cuales se deben seleccionar para organizar la arquitectura de la planta y el número final de tallos por hectárea, lo cual dependerá de la cantidad de sitios por hectárea, para dejar determinado número de tallos o chupones por sitio (Ver capítulo Establecimiento de cafetales al sol).



Figura 7.

Zoca a 30 cm, con chupones.

Una vez realizado este tipo de zoqueo se debe aplicar un fungicida o cicatrizante, que ayude a proteger el corte de la entrada de hongos patogénicos, especialmente los que originan llagas que causan pérdida de plantas, con su efecto posterior en la reducción de la producción. De igual manera, es recomendable iniciar un almácigo, 6 meses antes del zoqueo, con el fin de tener material de siembra para reemplazar los sitios perdidos.



Consideraciones prácticas

Recuerde hacer un censo de los sitios perdidos en el lote después del zoqueo. Si el número de sitios perdidos supera el 10% de la siembra original, se deben resembrar esos sitios para evitar reducciones importantes en las siguientes cosechas.

Poda pulmón o bandola

Consiste en el corte de la planta a una altura mayor que la de la zoca común, regularmente este corte se hace a los 60 cm de altura y se dejan todas las ramas hasta esa altura, las cuales pueden o no ser despuntadas (Figura 8). El objetivo de dejar estas ramas es favorecer de manera más rápida la emisión de brotes nuevos y no dejar en cero la producción del lote.



Figura 8.

Poda pulmón. Se observan las ramas que quedan al hacer el corte del tallo.

Poda rock and roll o descope leñoso

Es una poda más alta, que consiste en eliminar la parte aérea de la planta a una altura de 100 cm. De forma similar a la poda bandola, esta práctica se hace para aprovechar las ramas que quedan en el tallo y que aún presentan alguna capacidad productiva (Arcila, 2007).

Poda calavera

Consiste en eliminar total o parcialmente todas las ramas primarias del tallo principal y dejar que se desarrollen a lo largo de éste todos los brotes ortotrópicos que se generen (Chebabi, 1975, citado por Arcila, 2007). Según Arcila (2007), esta práctica, al igual que la zoca común, tiene como desventaja la baja producción de las plantas durante los primeros 18 meses después de su ejecución, pero en este caso se compensa con una alta producción en las dos cosechas siguientes (Figura 9).



Figura 9.

Lote con poda calavera. Se puede observar la gran cantidad de tallos que se formaron después de hacer la primera y segunda poda calaveras.

Consideraciones prácticas

Para realizar estas prácticas se debe tener en cuenta la edad de la plantación, el grado de deterioro de la planta y la densidad de siembra.

Existen variaciones en la forma cómo se hace la poda calavera, en unos casos puede eliminarse el brote terminal del tallo (descopie), y dejar o no, una pequeña porción de las ramas primarias, con la aparente ventaja de que en estos muñones se produzcan ramas secundarias en las cuales se obtenga alguna producción en los dos primeros años y, que además, la presencia de follaje favorezca un desarrollo más vigoroso y precoz de los brotes ortotrópicos.

Comparación en producción entre prácticas de renovación

En siete Estaciones Experimentales de Cenicafé (Tabla 1) se comparó la respuesta del café a diferentes prácticas de renovación y arreglos espaciales: Zoqueo a 30 cm (Testigo de referencia), zoqueo a 60 cm sin eliminación de ramas bajas (Poda bandola), poda calavera común y poda calavera cortando las ramas a 10 cm del tallo y descopado a 1,80 m de altura. Los arreglos espaciales fueron 1,0 x 1,0 m, 2,0 x 1,0 m y 1,5 x 1,5 m.

Estación Experimental	Municipio	Departamento	Altitud (m)	Coordenadas		Arreglo espacial del café
				Latitud	Longitud	
El Rosario	Venecia	Antioquia	1.600	5° 58´ N	75° 43´ W´	1,0 x 1,0m
El Tambo	El Tambo	Cauca	1.700	2° 25´ N	76° 45´ W´	2,0 x 1,0m
Gigante	Gigante	Huila	1.500	2° 20´ N	75° 31´ W´	1,5 x 1,5m
Líbano	Líbano	Tolima	1.430	4° 54´ N	75° 3´ W	2,0 x 1,0m
Naranjal	Chinchiná	Caldas	1.490	4° 59´ N	75° 39´ W´	1,5 x 1,5m
Paraguaicito	Buenavista	Quindío	1.250	4° 23´ N	75° 44´ W´	1,5m x 1,5m
Santa Bárbara	Sasaima	Cundinamarca	1.450	4° 57´ N	74° 25´ W´	1,0m x 1,0m

Tabla 1.

Estaciones experimentales de Cenicafé donde se instalaron los experimentos.

Respuesta en podas en el arreglo espacial a 1,0 x 1,0 m

Con relación al promedio del ciclo de producción, se observó que la poda bandola superó a la zoca común en ambas localidades (Tabla 2). En Santa Bárbara la respuesta de las dos calaveras fue similar a la de la zoca común, mientras que en El Rosario, la calavera y la zoca común tuvieron la misma respuesta, pero superaron a la calavera con descope, que para esta localidad fue la de menor producción. En cuanto a la dinámica en el tiempo, se destaca que la respuesta de la poda bandola fue consistente y superior a la calavera con descope, mientras que en Santa Bárbara no hubo ninguna respuesta consistente.

Lo anterior demuestra que el ambiente determina la respuesta de las prácticas de renovación, de tal forma que el promedio general en El Rosario supera en 160 arrobas de café pergamino seco a la producción de la Estación Santa Bárbara. Con relación a la producción acumulada, se observó que la producción de la poda bandola marcó la diferencia en contra de la zoca común, en ambas localidades. Para lo anterior, una posible explicación es la presencia de ramas productivas, como una ventaja frente a la zoca común.

Las podas calavera según estos resultados, son interesantes hasta máximo la segunda cosecha, aunque en El Rosario, la calavera descopada fue la que menos

contribuyó al total de la producción, por lo tanto, esta práctica de renovación no se ve tan interesante para condiciones similares a esta localidad.

Respuesta en podas a 1,5 x 1,5 m

Con relación al promedio del ciclo de producción se observó una marcada influencia del ambiente en las respuestas de las prácticas de renovación. Mientras en Gigante no existen diferencias entre los promedios de producción, en la Estación Central Naranjal, la poda bandola supera a la zoca común y a la calavera, y en Paraguacito, las podas calavera superan a la bandola y la zoca común, estas dos últimas con la misma respuesta (Tabla 3).

La dinámica de la respuesta de cada práctica de renovación a través del tiempo en la Estación Naranjal, muestra la marcada influencia de la bandola hasta el final del ciclo de producción y la poca participación de la poda calavera en ese acumulado.

En Paraguacito la influencia de las dos podas calavera en el acumulado es marcado y consistente a través del tiempo, de igual forma, se observó que la igualdad entre bandola y zoca común también fue consistente a través del tiempo. Por la productividad de las podas calaveras en estas condiciones, éstas podrían ser usadas como comodín para establecer un sistema de renovación por fracciones, en menor tiempo (Mestre y Salazar, 1998).

Prácticas de renovación	Producción	
	El Rosario	Santa Bárbara
Bandola (zoqueo a 60 cm)	559,9 a	345,3 a
Zoca común (30 cm)	480,3 b	274,9 b
Calavera	456,6 b	300,6 ab
Calavera descopada a 1,8 m	386,0 c	320,7 ab
Promedio	470,7	310,4
Coeficiente de variación (%)	7,6	13,4

Tabla 2.

Promedio de producción de café (@.ha⁻¹ de c.p.s.) con diferentes prácticas de renovación en las Estaciones Experimentales El Rosario (Antioquia) y Santa Bárbara (Cundinamarca), en zocas a 1,0 x 1,0 m.

Prácticas de renovación	Producción		
	Naranjal	Gigante	Paraguacito
Bandola (zoqueo a 60 cm)	470,3 a	313,2 a	457,7 b
Calavera	364,7 c	275,7 a	567,7 a
Calavera descopada a 1,8 m	423,6 ab	313,8 a	532,5 a
Zoqueo a 30 cm	418,6 b	269,0 a	426,3 b
Promedio por localidad	419,3	293,0	496,0
Coeficiente de variación (%)	6,1	13,8	5,2

Tabla 3.

Promedio de producción de café (@.ha⁻¹ de c.p.s.) con diferentes prácticas de renovación en la Estación Central Naranjal (Caldas) y las Estaciones Experimentales Gigante (Huila) y Paraguacito (Quindío), en arreglo espacial 1,5 x 1,5 m.

En la localidad de Gigante, la dinámica de la producción acumulada es bastante particular, mostrando inicialmente a la zoca común en desventaja con las demás, pero al final del ciclo ésta supera a la producción de las podas calavera. Esto indica que la zoca común en algunos ambientes presenta dificultades en su establecimiento, pero al final tiene buenas producciones si las condiciones le son favorables.

Consideraciones prácticas

Los resultados anteriores demuestran que no hay una práctica mejor que otra, debido a que su respuesta está en función del ambiente (Suelo y clima). En consecuencia, se reitera que la producción y la calidad de la cosecha determinan la bondad de cada una, para un ambiente determinado.

recomendada. En El Tambo es marcada la baja respuesta de la zoca común frente a las demás podas, sin embargo, en la segunda y cuarta cosechas se equipara a las demás, pero al considerar el promedio de la producción, se observa que la contribución de las demás prácticas es superior a la zoca común, lo que indica que el efecto negativo del ambiente en la producción de los dos primeros años no se supera en las siguientes cosechas.

Es posible que en ambientes similares al de la Estación El Tambo, la zoca común no sea la más aconsejable por los inconvenientes que tiene para establecerse, principalmente por los vientos fríos que ocurren en las noches; aunque esta dificultad se puede superar con barreras de árboles en los lotes, establecimiento de cultivos transitorios como tefrosia o intercalando maíz hasta la primera cosecha.

Respuesta en podas a 2,0 x 1,0 m

En la Tabla 4 se presentan los datos del promedio de la producción por año del ciclo de producción, en las Estaciones Experimentales El Tambo y Líbano. En El Tambo, el promedio de la producción de la zoca común fue significativamente menor a las demás prácticas de renovación, mientras que en Líbano la zoca común superó a las podas calavera; una vez más se corrobora que la influencia del ambiente es determinante en las respuestas de estas prácticas de renovación.

En cuanto a la dinámica de la producción a través del tiempo, en Líbano se pudo observar que en el primer año, la zoca común es inferior a las demás prácticas, pero se va recuperando hasta superarlas en la última cosecha y se mantiene en el promedio de la producción, por lo tanto, es indiscutible que en esta localidad y en ambientes similares, la zoca común puede ser la más

En general, la **poda calavera es muy productiva en las dos primeras cosechas**, lo cual es una ventaja comparativa frente a la zoca común, para lograr buenos ingresos o como práctica transitoria para establecer el sistema de renovación por fracciones, en menor tiempo. Aunque las producciones subsiguientes son buenas, se puede ver afectada la calidad física del café y ante la proliferación de ramas se dificultan las labores de recolección y manejo integrado de la broca y el mayor costo en la recolección.

La poda pulmón también es una buena opción como práctica de renovación por su buen rendimiento y su comportamiento estable en distintos ambientes y arreglos espaciales. Aparte de esto, al quedar una parte

Prácticas de renovación	Producción	
	El Tambo (Cauca)	Líbano (Tolima)
Bandola (zoqueo a 60 cm)	234,0 a	292,5 ab
Calavera	244,3 a	262,5 b
Calavera descopada a 1.8 m	244,1 a	269,0 b
Zoqueo a 30 cm	181,8 b	323,1 a
Promedio por localidad	226,0	286,8
Coefficiente de variación (%)	9,6	8,8

Tabla 4.

Promedio de la producción de café (@.ha⁻¹ de c.p.s.) con diferentes prácticas de renovación en las Estaciones Experimentales El Tambo (Cauca) y Líbano (Tolima), en zocas a 2,0 x 1,0 m.

Letras distantes indican diferencia estadística

de la planta con algún follaje, se espera una menor pérdida de tejido radical, así como una disminución de las pudriciones radicales, lo que permite mantener la densidad de sitios por hectárea iniciales del lote.

¿Cuándo hacer la renovación?

La renovación debe hacerse al finalizar la cosecha principal y al inicio de los períodos secos, en el capítulo Factores climáticos que intervienen en la producción de café se ofrece información sobre la distribución de los períodos secos y húmedos en la zona cafetera de Colombia.

Al hacer la renovación en los períodos secos, se disminuye el riesgo de infección de las podas por hongos fitopatógenos, se facilita el manejo de las ramas y el tejido vegetal que se elimina, al igual que se contribuye con la conservación de los suelos, ya que al hacer el zoqueo en los períodos secos se reduce el riesgo a la erosión.



*La renovación también puede ser una estrategia para estabilizar la producción en la finca. Las prácticas de renovación o podas de renovación pueden realizarse en forma individual (Poda selectiva de plantas o tallos) o en grupos de plantas (Poda sistemática), la cual puede hacerse por surcos, lotes o secuencialmente. Cualquiera que sea el tipo de poda programada para establecer plantas de diferentes edades, en iguales proporciones en un lote de café, se denomina **sistema de manejo**, y el tiempo en el cual se completa el ciclo productivo de las plantas, para volver a renovar las plantas o el lote, es lo que se denomina **ciclo de renovación**.*

Poda selectiva

Consiste en seleccionar cada año, aquellas plantas o tallos improductivos después de la cosecha. De acuerdo al grado de deterioro de la planta o del tallo, se determina

el tipo de poda a aplicar (parcial o total). Como en este caso, las plantas de diferentes edades van a quedar dispersas y distribuidas irregularmente en la finca, aunque se generan grupos de plantas de diferentes edades, su proporcionalidad es variable y no contribuye a una producción estable, ya que se aumenta la fluctuación entre las cosechas. Este sistema puede emplearse en explotaciones pequeñas, con bajas densidades de siembra y con buena disponibilidad de mano de obra (Ramírez, 1997, citado por Arcila, 2007).

Poda sistemática

Consiste en aplicar a un grupo de plantas una poda de renovación como la zoca normal, la poda pulmón, la poda *rock and roll* o la poda calavera, entre otras. Este grupo de plantas puede estar constituido por un surco, varios surcos o un lote. Si estas podas se practican en forma programada, cada determinado número de años, se establecen grupos de plantas de diferentes edades y en iguales proporciones en una plantación, con lo cual se estabiliza la producción en la finca (Pérez e Hilje, 1981, Njoroge y Mwakha, 1988, y Ramírez, 1997, citados por Arcila, 2007).

Poda sistemática por lotes

Este sistema se fundamenta en los mismos criterios de poda por surcos, pero en este caso la renovación se hace por lotes (Figura 10). De esta manera, la plantación se divide en partes iguales, es decir, en 3, 4, 5 ó 6 lotes, que se zoquean de acuerdo con la duración del ciclo establecido (Mestre y Ospina, 1994).

Este sistema de poda sistemática ofrece muchas ventajas como:

- Es fácil de realizar, debido a que las plantas de las diferentes edades están concentradas. Una vez definido el lote para renovar no es necesario seleccionar el material a cortar ni se requieren podadores expertos.
- Permite la mecanización mediante el uso de motosierra o guadaña, con lo cual puede hacerse un ahorro en la mano de obra.
- Facilita un desarrollo adecuado de las resiembras.
- Permite la estratificación de la finca por edades de cafetal, para lograr así una producción estable y continua.
- Contribuye a una mayor eficiencia en las labores de desyerba y fertilización, debido a que se intervienen de igual manera todas las plantas del bloque.
- Facilita el control de sitios perdidos y las resiembras.



Figura 10.

Implementación de un sistema de renovación por lotes en cafetales establecidos (Mestre y Salazar, 1998).

- Permite el establecimiento de cultivos intercalados.
- Facilita el monitoreo y control de la broca.

Para mantener la finca en edades productivas óptimas y rentables de acuerdo al ambiente productivo y del sistema de producción hay que dividir el número total de plantas en grupos de igual tamaño, y cada año debe renovarse uno de ellos. Este grupo de plantas lo puede constituir un surco o un lote. Los bloques o los grupos de plantas que se forman pueden estar diseminados por toda la finca (Surcos alternos) o en bloques aislados (Zoqueo total por lotes) y el procedimiento a seguir según Mestre y Ospina (1994), es el siguiente:

- Establecer el período de duración del ciclo de renovación (5 - 8 años). Éste varía con las condiciones del sitio (Clima, suelos, entre otros) y de la plantación (Densidad de siembra, manejo de arvenses y fertilización, entre otros), de tal manera que para este propósito debe contarse con los registros de producción de la finca.
- Con los datos puede construirse un gráfico, acumulando las producciones y dividiendo este dato por la edad, para cada edad del cultivo.
- En la curva obtenida se observarán las siguientes características: Un valor máximo en alguna de las edades, que representa la duración del ciclo. Esto corresponde también al número de cafetales con distintas edades que deben existir en la finca, desde cafetales recién sembrados hasta cafetales con la edad que determina la duración del ciclo.

- Determinar el número de árboles a intervenir cada año (Número total de árboles/Número de años del ciclo).
- Definir el sistema de renovación (Surcos, lotes).

¿Cómo establecer un ciclo de renovación en un cafetal establecido?

Cuando en la finca todos los cafetales se sembraron en un mismo año y se quiere establecer un sistema de renovación sistemática por lotes, pueden utilizarse algunas opciones de poda para establecer el sistema en un tiempo muy corto (Mestre y Salazar, 1998).

Para tal efecto, lo primero que se hace es establecer el período de duración del ciclo. Si se define que éste sea de 5 años, se procede a dividir la finca en cinco lotes con igual número de sitios.

Mediante la combinación del zoqueo y la poda calavera puede llegarse en forma rápida a establecer un sistema de renovación por lotes, para un período de duración del ciclo de 5 años. El procedimiento es el siguiente:

- En el primer año del establecimiento del sistema se renuevan dos lotes, uno por zoqueo y el otro por poda calavera. Los demás lotes no se intervienen.
- En el segundo año se renuevan otros dos lotes, uno por zoqueo y el otro por poda calavera.
- En el tercer año se renueva por zoqueo el lote que faltaba por renovar.
- En el cuarto año se zoquea el lote de la primera poda calavera.
- En el quinto año se zoquea el lote de la segunda poda calavera. En este momento queda establecido el sistema de renovación sistemática por quintas partes
- De aquí en adelante cada año se seguirán renovando por poda los lotes en el orden de intervención. Con la Figura 11 se ilustra el proceso.

Cualquier estrategia de administración del cafetal debe proponer como objetivos básicos, la producción de cosechas abundantes de café, de óptima calidad, estables a través del tiempo y una finca ecológicamente sostenible.

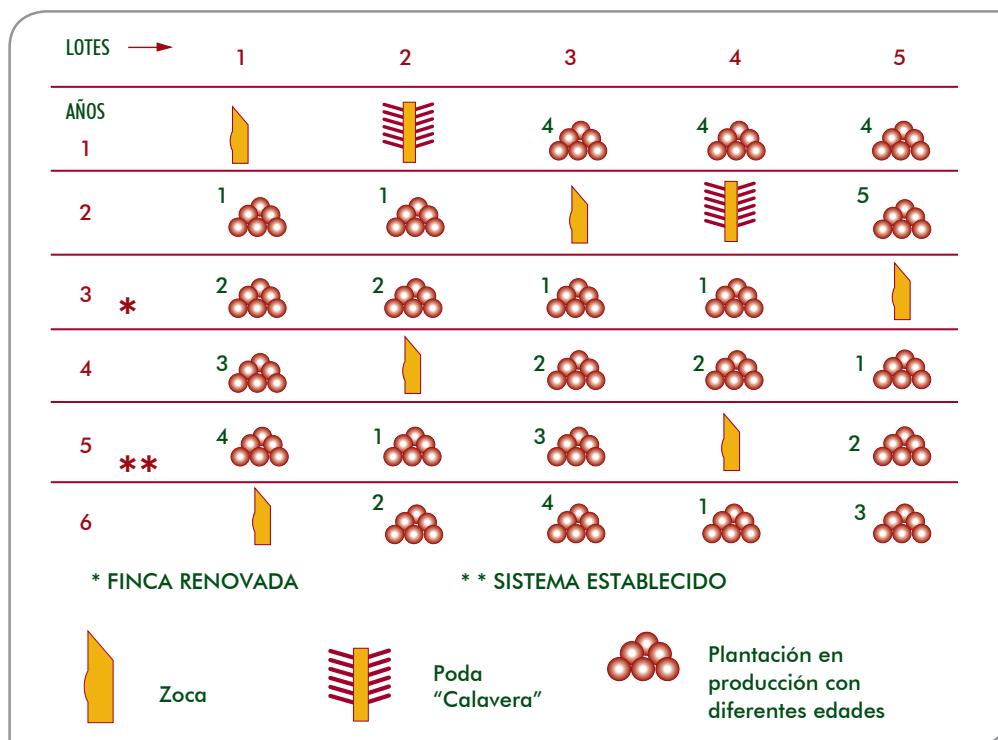


Figura 11.

Implementación de un sistema de renovación por lotes en cafetales establecidos (Mestre y Salazar, 1998).

Recomendaciones prácticas

- El zoqueo debe hacerse al terminar la cosecha principal y preferiblemente, en época seca.
- En el desrame de los cafetos se recomienda distribuir en el lote las ramas y la hojarasca producidas en el desrame, con el fin de proteger el suelo de la erosión, así como para retardar el crecimiento de las arvenses y favorecer el ciclaje de nutrientes.
- Es necesario seleccionar los brotes para dejar solamente los más vigorosos y ubicados en la base del tallo, debido a que los brotes cercanos al corte se desgarran con facilidad.
- El número de tallos seleccionados después del zoqueo dependerá de la cantidad de sitios sembrados, si son 2.500 sitios/ha dejar máximo tres tallos, si son 5.000 sitios/ha dejar máximo dos tallos y si son 10.000 sitios/ha dejar un solo tallo.
- Debido a que pueden ocurrir pérdidas de plantas, el zoqueo brinda la oportunidad de efectuar las resiembras necesarias o de compensar la densidad de siembra dejando dos o más tallos por poda. Se aconseja que al momento del zoqueo se debe contar con un número de plantas de almácigo igual al 10% de las que se van a zoquear. Para la resiembra se recomienda utilizar plantas de la misma variedad.
- Es muy importante hacer la re-siembra de los sitios que se pierden por el zoqueo, ya que si la cantidad de sitios perdidos excede el 10% habrán pérdidas en producción significativas.
- Los cafetos establecidos en sistemas agroforestales también envejecen y por consiguiente también deben renovarse.
- El zoqueo por lotes permite la obtención de ingresos adicionales mediante el establecimiento de cultivos de maíz, frijol o tomate. Durante la etapa de establecimiento del café, es posible: Intercalar dos ciclos de maíz, frijol o tomate de mesa, iniciando la rotación de cultivos intercalados con maíz, sin afectar el rendimiento del cultivo principal, en este caso el café.

Literatura citada

- *ARCILA, P.J. Renovación y administración de los cafetales para estabilizar la producción de la finca. En. 131-144. En: ARCILA, P.J.; FARFÁN, V.F.; MORENO, B.A; SALAZAR, G.L.F.; HINCAPIÉ, G.E. Sistemas de producción de café en Colombia. Chinchiná. Cenicafé. Colombia.2007.*
- *MESTRE, M. A. Algunas consideraciones sobre manejo de cafetales.Cenicafè.32p.1992*
- *MESTRE M., A.; OSPINA O., H.F. Manejo de los cafetales para estabilizar la producción en las fincas cafeteras. Avances Técnicos Cenicafé No. 201:1-8. 1994.*
- *MESTRE M., A.; SALAZAR A., J.N. Establecimiento de un sistema de manejo de cafetales. Avances Técnicos Cenicafé No. 254:1-4. 1998.*



Cosecha

Cosecha del café

Carlos Eugenio Oliveros Tascón; César Augusto Ramírez Gómez;
Juan Rodrigo Sanz Uribe

En Colombia el clima es determinante en la distribución de la cosecha del café: El período seco pronunciado de principios del año, característico de la zona norte, da origen a una sola cosecha entre octubre y diciembre; las regiones con dos períodos al año de menor lluvia (Zona central del país) producen dos cosechas, la principal de octubre a diciembre y una secundaria de abril a junio, y en la zona sur el período seco a mitad de año, produce una cosecha entre abril y junio (Gómez y Caballero, 1991). Debido a esto, la recolección del café se realiza durante todo el año.

De igual manera, es importante considerar la importancia de la calidad en esta labor para la conservación de la calidad del café mediante la recolección de frutos maduros. Debido a la posibilidad de incrementos notorios en el mediano y largo plazo y la escasez de mano de obra en el futuro, en Cenicafé se adelantan investigaciones desde 1998 para generar metodologías y tecnologías adecuadas para la recolección de café en las condiciones colombianas. También se evalúan equipos utilizados en otros países para la cosecha de café y de otros frutales. La desuniformidad de la maduración del café en Colombia, es el factor que más limita el empleo de tecnologías como las cosechadoras portátiles que en Brasil han permitido incrementar el rendimiento en cosecha en más del 300%, y reducir los costos unitarios hasta en 27%, en cafetales de alta densidad (>5.000 árboles/ha) y en terrenos de pendiente moderada a fuerte (20% – 50%) (Rodríguez y Ferraz, 2011).



Conceptos Generales

El café se recolecta en Colombia en forma manual, en múltiples pases, que van de menos de cinco en algunas regiones de la Sierra Nevada a más de 12 en la región Central, utilizando un canasto o recipiente plástico sujetado a la cintura del operario (Figura 1).

En cada pase varían tanto la masa de café maduro a recolectar por árbol, denominada carga, como la concentración de los frutos maduros. En la región central, la carga en un pase puede variar desde menos de 100 g de frutos maduros por árbol a 500 - 700 g/árbol, en los días de mayor flujo de la cosecha, denominados picos de cosecha. El personal requerido para la recolección de café en cada pase, se busca generalmente teniendo en cuenta la experiencia adquirida en la finca en años anteriores.



Figura 1.

Recipiente plástico utilizado en la recolección manual de café en Colombia.

El costo a pagar por la recolección depende de varios factores, entre ellos la oferta de frutos maduros, la edad del cafetal, la cercanía de la finca a la cabecera municipal, el trato en la finca (Alimentación, alojamiento, entre otros) y la disponibilidad de la mano de obra. El valor pagado en la recolección influye notoriamente en los costos de producción de café. En la Figura 2 se presenta la distribución de los costos de producción a julio de 2012, con variedades resistentes sembradas a libre exposición. Se observa que la cosecha y el beneficio representan el 60% de los costos totales, y solo la cosecha alcanza el 50%.

La calidad física y sensorial del café depende de la presencia en alto porcentaje de frutos maduros y sanos, en la masa recolectada. Como se observa en la Figura 3, el mejor perfil sensorial se obtiene con frutos maduros (Marín *et al.*, 2003). Con frutos en otros estados, principalmente verdes y secos, se obtiene café de inferior calidad, con calificación en sus atributos inferior a 6.

Cosecha manual de café

Para optimizar la mano de obra empleada en procesos industriales y agrícolas, mejorar las condiciones de trabajo y adicionalmente, para obtener productos con menor costo, mejor calidad y menores pérdidas se hacen los estudios de tiempos y movimientos.

El estudio de tiempos y movimientos (T&M) es el análisis sistemático de los métodos de trabajo utilizados en una actividad productiva (Vélez *et al.*, 1999). En estos estudios se identifican actividades (Macro y micro), que realizan los operarios involucrados en procesos, el tiempo empleado en cada una de ellas y posibles ciclos que realicen. A partir de los resultados obtenidos se proponen nuevos métodos de trabajo, con el mínimo necesario

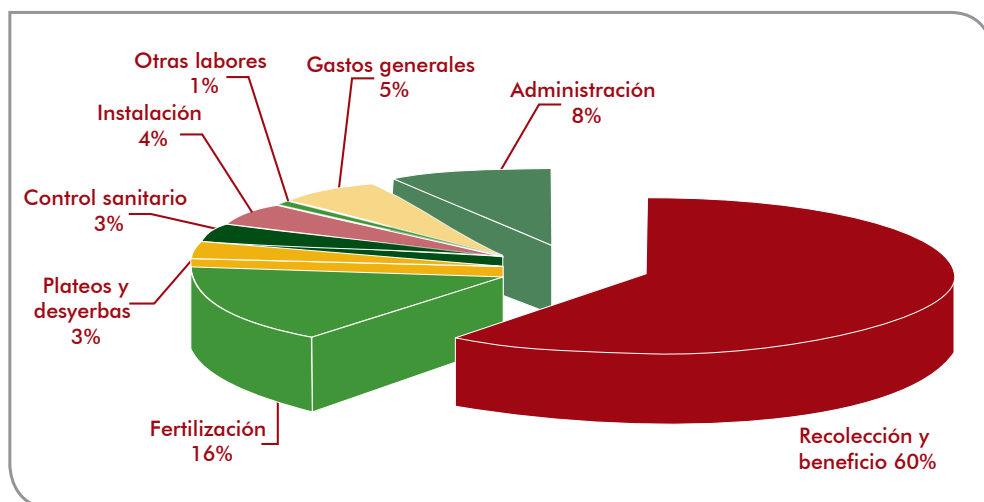


Figura 2.

Participación de actividades en los costos de producción de café (julio de 2012). Fuente FNC.

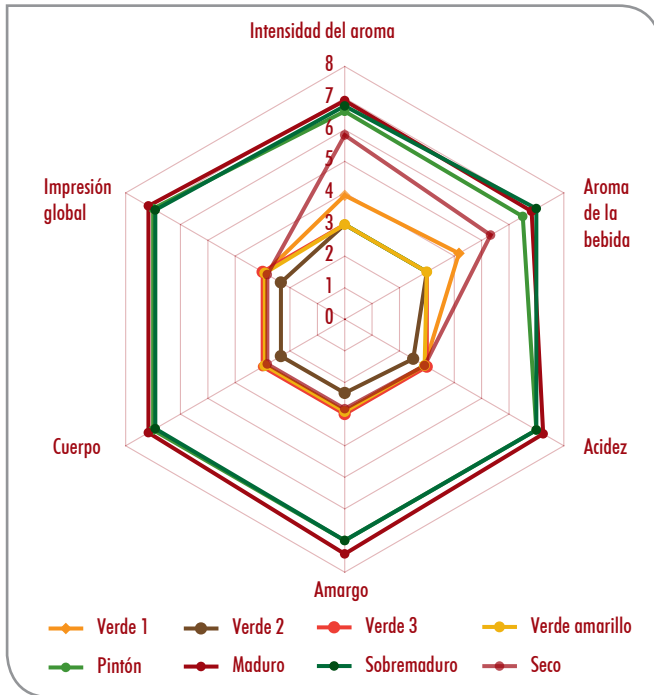


Figura 3.

Perfil sensorial del café *C. arabica* var. Colombia, proveniente de almendras sanas, de cerezas de café en diferentes estados de desarrollo y maduración (Fuente: Marín et al., 2003).

de actividades, utilizando herramientas o dispositivos. También se utilizan en procesos de capacitación.

Estudio del proceso de la recolección manual del café

En el estudio de T&M en el proceso de recolección de café se identificaron dos subprocesos, cada uno con las actividades que se presentan en la Figura 4 (Vélez et al., 1999), algunas de naturaleza evitable y otras no.

El subproceso 1 inicia con la llegada de los recolectores a la finca, luego se desplazan hasta el lote, se preparan para iniciar la labor (Se sujetan el canasto a la cintura, se cubren con plásticos para protegerse de la humedad de la mañana y de la lluvia, y reciben los costales para empaclar el café hasta el sitio de recibo), se asignan los surcos a cada uno de ellos (Lo realiza el patrón de corte), e inicia la recolección del surco asignado. El café recolectado es depositado temporalmente en el recipiente plástico que el operario lleva sujeto a su cintura, con capacidad máxima de 10 kg; luego, es descargado a un costal, que al llenarse, generalmente pesa más de 45 kg. Solamente una de las actividades es inevitable (Alistamiento del personal).

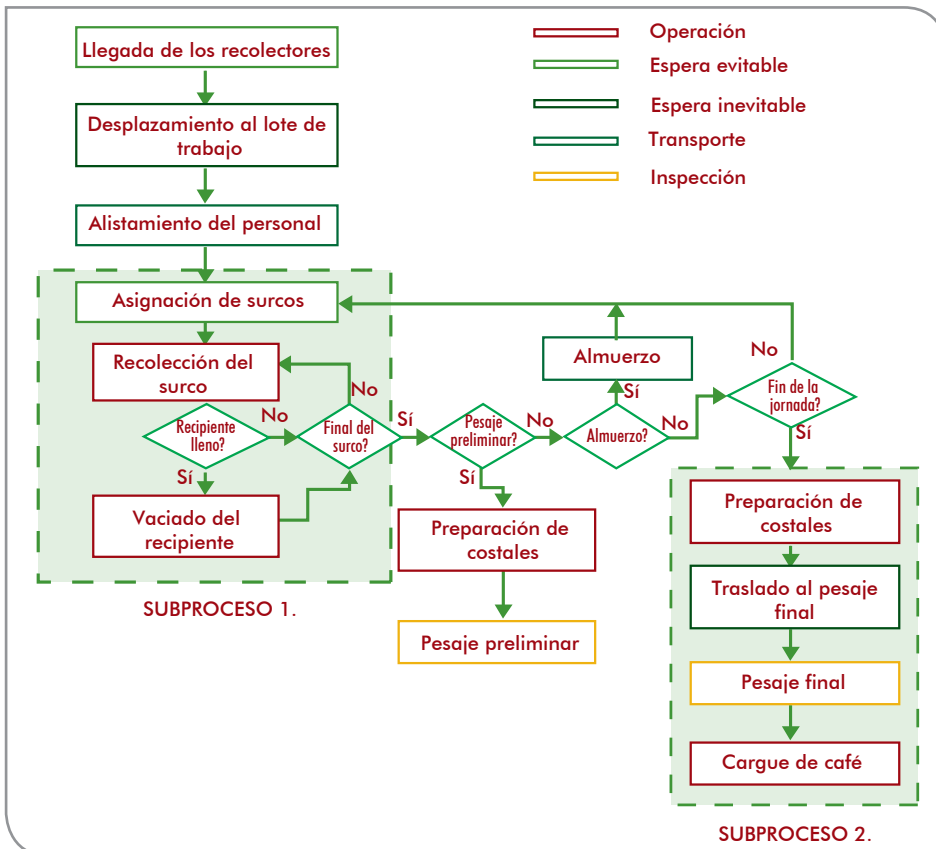


Figura 4.

Proceso de recolección manual de café en Colombia (Fuente: Vélez et al., 1999).

En el subproceso 2 se transporta el café recolectado en la jornada de trabajo hasta el sitio destinado en la finca para recibirlo, que puede estar ubicado cerca al lote, en fincas de mayor producción, o en la tolva del beneficiadero, en fincas de menor producción. El transporte del café desde el interior de los lotes hasta el sitio de acopio o la tolva de recibo del beneficiadero, generalmente lo realiza el propio recolector.

La participación porcentual de las principales actividades involucradas en la cosecha manual de café en Colombia se presenta en la Figura 5, donde se observa que los

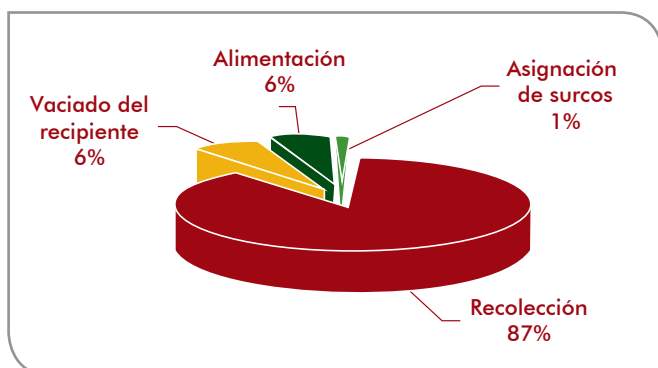


Figura 5.

Participación de actividades realizadas en la jornada de trabajo durante la recolección manual de café en Colombia (Fuente: Vélez et al., 1999).

trabajadores dedican en promedio el 87% de la jornada a recolectar café.

Movimientos y desplazamientos en la cosecha de café

Desplazamiento a través del dosel del árbol de café

Durante el desprendimiento de los frutos de café, los recolectores siguen diferentes trayectorias a través del árbol, una de ellas se presenta en la Figura 6. Para efecto de análisis el árbol se dividió en tercios o estratos de igual altura. El desplazamiento de un estrato a otro se denominó paso, siendo deseable cuando éste se realizó de un estrato a otro contiguo. Ninguno de los operarios presentó 100% de pasos deseables (Vélez et al., 1999).

Desplazamiento a través de las ramas

En las ramas del árbol también realizaron diversos recorridos, con y sin cambios de dirección, siendo los más utilizados los presentados en la Figura 7, iniciando cerca al tronco o desde el extremo de la rama.

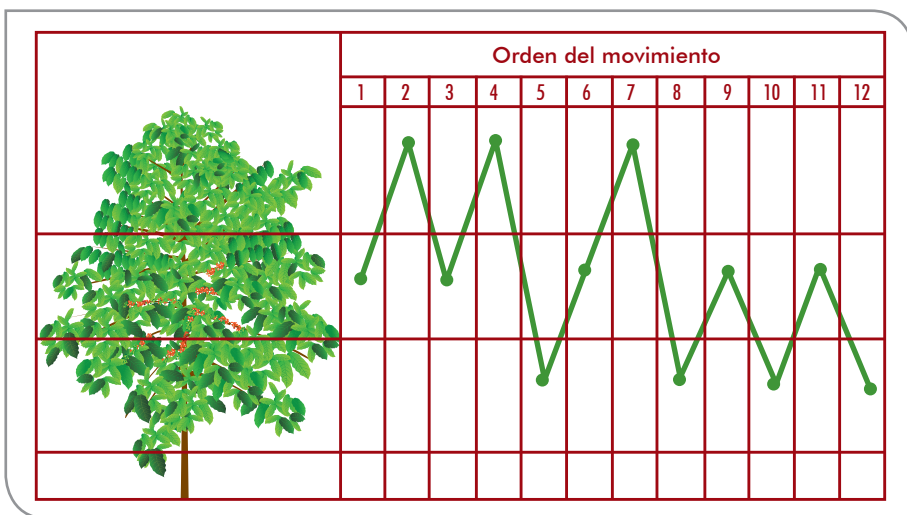


Figura 6.

Movimientos típicos realizados por los recolectores a través del dosel del árbol de café, en la cosecha manual (Vélez et al., 1999b).

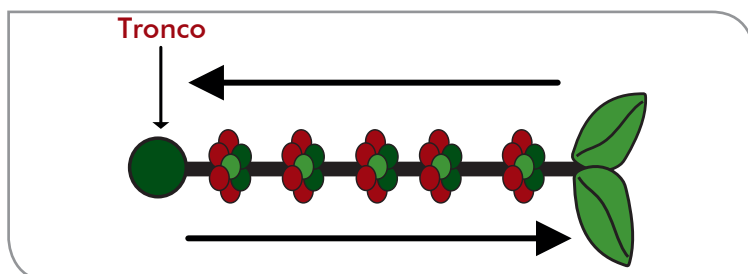


Figura 7.

Recorridos a través de la rama de café más utilizados en la cosecha manual.

Micromovimientos utilizados en el desprendimiento de frutos en cosecha manual

En los estudios de tiempos y movimientos realizado en Cenicafé por Vélez *et al.* (1999), se observó que los recolectores de café emplean con frecuencia un ciclo para desprender el café, compuesto por las siguientes microactividades (Figura 8).

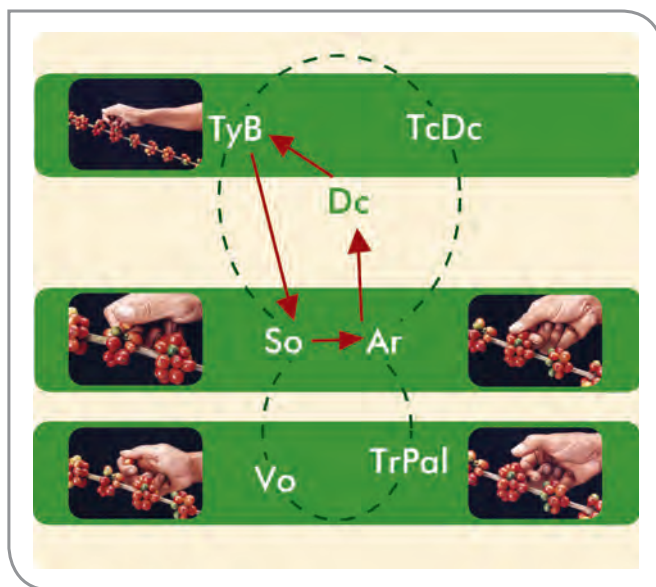


Figura 8.

Ciclo básico empleado en la recolección manual de café en Colombia (Fuente: Vélez *et al.*, 1999b).

Método mejorado de recolección manual de café

A partir de la información obtenida en el estudio de tiempos y movimientos aplicado a la cosecha manual de café se propuso un método compuesto de:

Desplazamientos a través del surco

Se recolectan los frutos con desplazamientos por las caras del árbol en un sentido, a través del surco (Figura 9).

Movimiento en el árbol

En zigzag, en forma descendente, como se observa en la Figura 10.

Movimiento a través de las ramas

Se recomienda realizar recorridos en una dirección, inicialmente con el desprendimiento de los frutos maduros más cercanos al tronco (Figura 11).

Transportar vacío y buscar (TvB)

Se desplazan las manos hasta las ramas donde están los frutos a desprender, hasta que los dedos entran en contacto con los frutos. En este movimiento se emplea el 19,05% del tiempo total utilizado en el ciclo.

Sostener (So)

Una vez los dedos están en contacto con los frutos, el dedo pulgar inicia el movimiento para desprender el fruto. Se emplea el 39,98% del tiempo total utilizado en el ciclo.

Arrancar (Ar)

Se desprenden los frutos realizando movimientos que someten las fibras en la unión del fruto con el pedúnculo, principalmente, a fuerzas de tracción y flexión. Se emplea el 8,73% del tiempo total utilizado en el ciclo.

Transportar a la palma de la mano (TrPal)

Por medio del dedo pulgar se transportan los frutos desprendidos a la palma de la mano. Se emplea el 11,65% del tiempo total utilizado en el ciclo.

Volver (Vo)

La mano regresa nuevamente a la zona de desprendimiento de frutos y entra en contacto con ésta. Se emplea el 16,93% del tiempo total utilizado en el ciclo.

Transportar con carga, dejar carga (TcDc)

Se transportan los frutos depositados en la palma de la mano hasta el recipiente utilizado por el recolector, cuando considera que es el momento adecuado. Se emplea el 11,63% del tiempo total utilizado en el ciclo.

Movimientos del cuerpo

Se proponen las siguientes posturas, dependiendo de la pendiente del terreno (Figura 12).

Movimiento de las manos

Se propone utilizar un ciclo básico de cuatro actividades, en lugar de las seis observadas en el método tradicional (Figura 13), las cuales básicamente son Transportar vacío Buscando (TvB), Sostener (So), Arrancar (Ar) y Dejar Carga (Dc). En las microactividades eliminadas (TrPal y TcDc), se emplea el 23,28% del tiempo del ciclo utilizado para desprender café en cosecha tradicional y se presenta caída de frutos al suelo. Para la aplicación del método mejorado de cosecha del café, se puede utilizar un dispositivo que permita recibir los frutos a medida que son desprendidos por los operarios (Figura 14). También pueden emplearse mallas plásticas colocadas en la calle de los árboles a cosechar (Oliveros *et al.*, 2006).

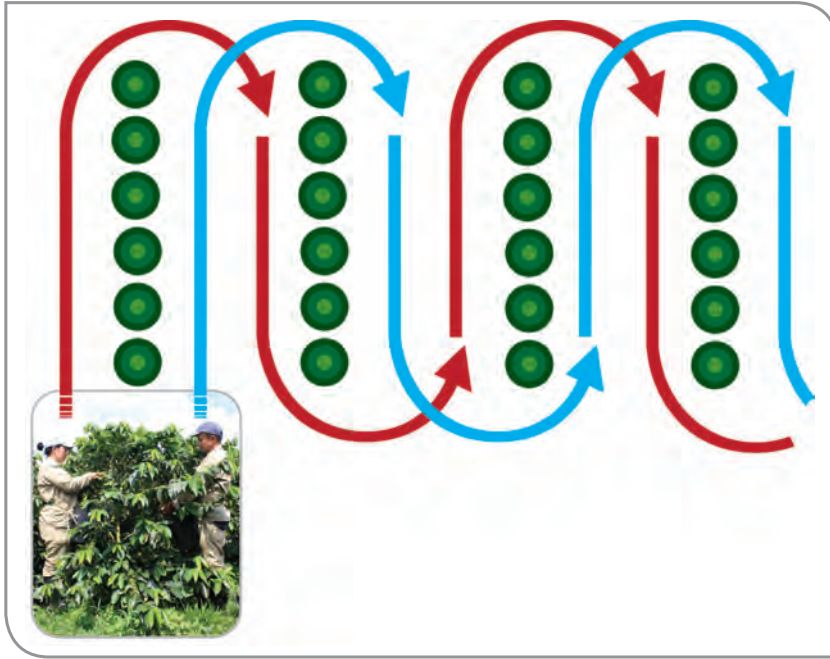


Figura 9.

Desplazamientos a través del surco, propuestos para el método mejorado (Vélez et al., 1999).



Figura 10.

Desplazamiento a través del dosel del árbol propuesto para el método mejorado de cosecha del café (Vélez et al., 1999).

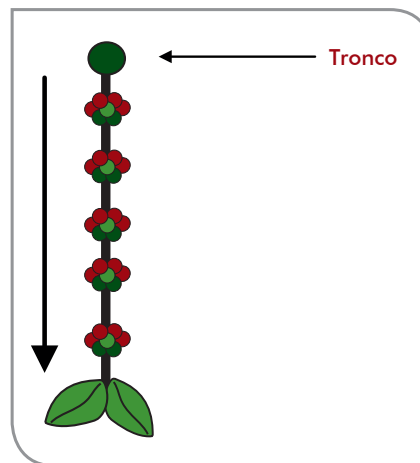


Figura 11.

Desplazamiento a través de la rama de café propuesto en el método mejorado (Vélez et al., 1999).

Resultados obtenidos con la aplicación del método mejorado

El método mejorado fue evaluado en cafetales sembrados con variedad Colombia, de diferente edad, distancia, densidad y pendiente del terreno. A cada operario se le asignó una parcela de 0,2 ha. El 60,2% de los árboles al inicio de la cosecha presentaron menos de 0,5 kg de

frutos maduros, el 10,7% entre 1,0 y 1,5 kg, y solamente el 5,87% más de 2,0 kg. A partir de los resultados obtenidos con los métodos mejorado y tradicional se calcularon los tiempos estándares para cada uno (Tabla 1), para diferentes rangos de carga de frutos maduros, adicionando 10% al tiempo bruto promedio.

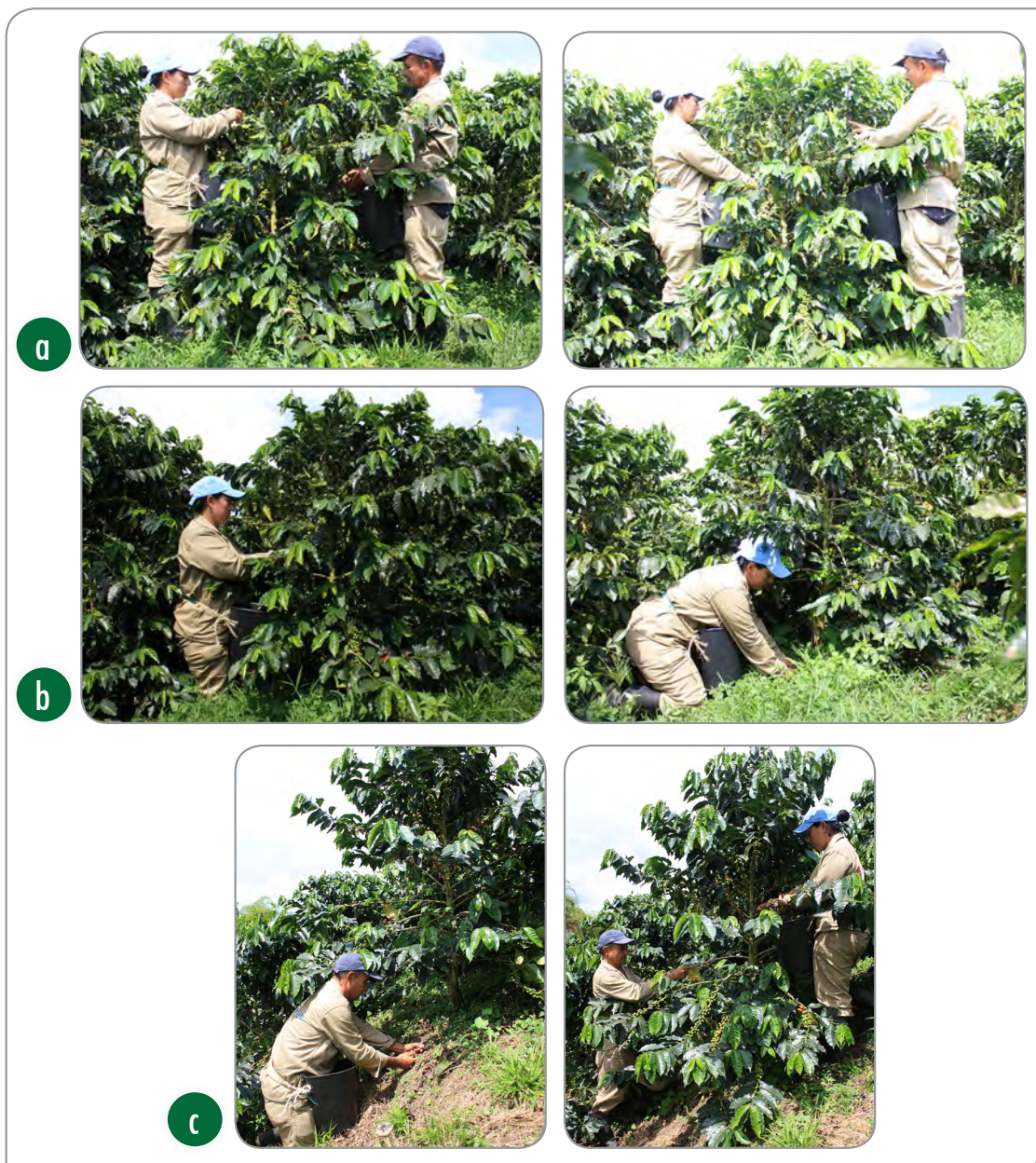


Figura 12.

Posturas recomendadas para la aplicación del método mejorado. **a** y **b**. En terrenos planos; **c**. En terrenos de alta pendiente.

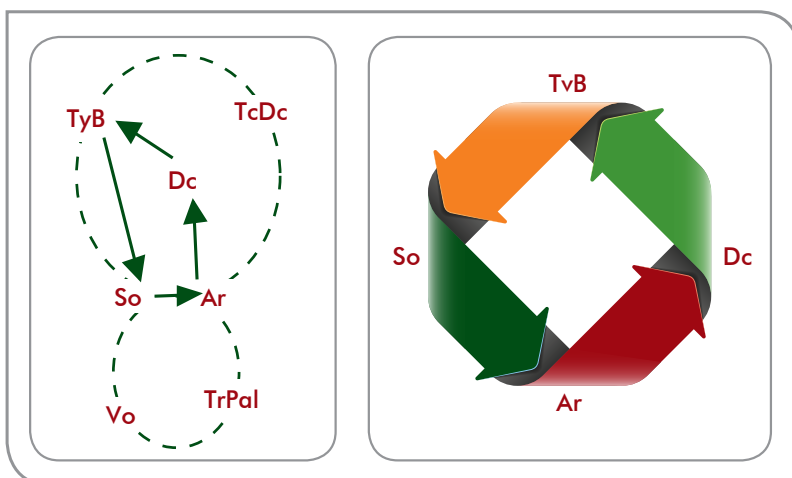


Figura 13.

Ciclos básicos para la recolección manual de café. **a**. Cosecha tradicional; **b**. Método mejorado (Vélez et al., 1999).



Figura 14.

Dispositivos para la recolección manual de café utilizando el método mejorado. **a.** Canasto con lengüeta (Vélez et al., 1999a); **b.** Canasto tradicional modificado (Ramírez et al., 2001).

Con la aplicación del método mejorado se logra disminuir el tiempo empleado en la recolección de un árbol entre 15,00% y 36,18%, con carga de frutos maduros de 0,5 a 2,0 kg (Tabla 1). A medida que disminuye la carga se obtiene mayor reducción en el tiempo por árbol, utilizando el método mejorado (Velez et al., 1999a).

A partir de la información presentada en la Tabla 1 se puede estimar el número de recolectores que se necesitaría para un pase determinado de cosecha, considerando diferentes cargas de frutos maduros (Tabla 2). En la estimación del número de recolectores requeridos se consideró el tiempo empleado por árbol según carga de frutos maduros, con dedicación del 86% de la jornada a la recolección (8,6 h/jornada) y 10 días para recolectar el café del lote.

Café maduro a recolectar por árbol (kg)	Método tradicional		Método mejorado		Disminución del tiempo (%)
	Rango	Promedio	Rango	Promedio	
Menos de 0,5 kg	1,91 - 2,20	2,09	1,18 - 1,51	1,32	36,18
Entre 0,5 y 1,0 kg	3,41 - 3,85	3,63	2,82 - 2,99	2,86	21,20
Entre 1,0 y 1,5 kg	4,95 - 6,16	5,50	3,85 - 4,25	4,07	26,00
Entre 1,5 y 2,0 kg	6,05 - 6,93	6,49	5,28 - 5,72	5,50	15,00
Más de 2,0 kg	5,50 - 8,14	6,82	7,48 - 8,69	8,03	-

Tabla 1.

Tiempo estándar (min) para la recolección de café con aplicación del método tradicional y el método mejorado.

Área del lote (ha)	Carga (Frutos/árbol)	Densidad (Árboles/ha)	Recolectores (No.)
3	Menos 0,5 kg	5.000	6
	Menos 0,5 kg	6.500	8
	Menos 0,5 kg	10.000	12
3	De 0,5 a 1,0 kg	5.000	11
	De 0,5 a 1,0 kg	6.500	14
	De 0,5 a 1,0 kg	10.000	21
5	Menos 0,5 kg	5.000	10
	Menos 0,5 kg	6.500	14
	Menos 0,5 kg	10.000	20
5	De 0,5 a 1,0 kg	5.000	18
	De 0,5 a 1,0 kg	6.500	23
	De 0,5 a 1,0 kg	10.000	35

Tabla 2.

Recolectores de café requeridos con diferente carga de frutos maduros.

Cosecha de café asistida

La recolección de café en Colombia no solo es la actividad que representa el 40% de los costos totales de producción, sino que también es una labor que cuando se realiza sin control afecta notablemente los ingresos del caficultor, por factores como las pérdidas de frutos al suelo y frutos maduros que se dejan sin cosechar (Factores que inciden en el control y manejo de la broca), además se presenta el desprendimiento de flores y frutos en sus estados iniciales, que constituyen un ingreso futuro, así como frutos inmaduros que no se dejan despulpar y que presentan menor peso, por lo que las conversiones cereza a seco y rendimiento en trilla no son favorables (Marín et al., 2003).

Además, es común encontrar en esta labor que se maltrate el árbol y que después de caídas accidentales del recolector, se recojan los frutos del suelo con piedras y objetos duros, que después llegan al beneficiadero y dañan la despulpadora.

En este sentido, Cenicafé ha venido desarrollando métodos de cosecha y tecnologías con los que se busca optimizar la mano de obra que es costosa y que en algunas zonas cafeteras es escasa, tecnologías que a su vez mejoran las condiciones de trabajo de los recolectores.

Dispositivo para asistir la cosecha manual de café “raselca”

En la búsqueda por reducir los costos de producción e incrementar el rendimiento de la cosecha de café, en Cenicafé se diseñó, construyó y evaluó una herramienta sencilla para asistir la recolección manual del café en los días de mayor flujo de cosecha, denominada Raselca (RASpador SElectivo de CAFé) (Buenaventura 2001, 2004).

En el diseño de la herramienta se tuvieron en cuenta factores ergonómicos como su bajo peso (85 g) y su facilidad de uso. Debido a la simplicidad de su diseño y a los materiales usados puede ser fabricada por el usuario en la misma finca, y si se fabrica a escala comercial se espera que sea de bajo costo. El dispositivo consta de ocho dedos de poliamida, de 1,5 cm de longitud y 2,32 mm de diámetro, colocados en el interior de un tubo de PVC presión, cortado longitudinalmente, de 60 mm de diámetro por 8 cm de longitud, una bisagra que puede ser metálica o plástica, que une ambas caras del tubo y dos cintas de Velcro® en su parte posterior para que se ajuste a la mano del operario y ésta pueda abrir o cerrar la herramienta para posicionarla o retirarla de la rama (Figura 15).

El dispositivo Raselca requiere pases de cosecha con alta oferta de frutos maduros y concentración de la maduración. Estas condiciones, aunque difíciles de encontrar en la mayoría de las regiones cafeteras, debido a las diferentes ofertas ambientales que se presentan, se pueden generar si se modifica la frecuencia de recolección (Incrementando los días entre pases) para favorecer la acumulación de frutos aptos para el desprendimiento, con el fin de realizar desprendimientos masivos mediante el “ordeño” parcial o total de los frutos presentes en las ramas, incrementando el rendimiento operativo con relación a la cosecha tradicional, especialmente a aquellos recolectores de bajo rendimiento, que no alcanzan a devengar el equivalente a un salario mínimo legal.



Figura 15.

Herramienta para asistir la cosecha manual de café “Raselca”.

López *et al.* (2006), acompañaron el uso de la herramienta con una metodología de trabajo que consistió en retrasar los pases de cosecha, con el fin de aumentar la oferta de frutos maduros, sin realizar repase inmediato, con operarios de regular a bajo rendimiento, entrenamiento adecuado y pago de la mano de obra al jornal, con los cuales se obtuvieron los siguientes resultados. Para la cosecha con Raselca se tuvieron rendimientos en la recolección de 11 kg.h⁻¹ de café cereza, con porcentajes de frutos verdes en la masa cosechada de entre 2,9% y 8,2% y entre 13,1% y 52,0% frutos maduros dejados en el árbol sin recolectar.

Para la cosecha tradicional se tuvieron rendimientos de recolección promedios de 6 kg.h⁻¹ de café cereza, con porcentajes de frutos verdes en la masa cosechada de 2,3% y frutos maduros dejados en el árbol sin recolectar entre 14% y 16%.

Las pérdidas de frutos caídos al suelo durante la cosecha estuvieron entre 11 y 13 frutos con la herramienta Raselca, donde se empleó un recipiente plástico usado para recolectar café llamado “Tico”, que presenta un área de captura 85,5% mayor que el área del recipiente tradicional (Figura 16). Para el caso de la recolección tradicional se presentaron pérdidas de frutos caídos al suelo que estuvieron entre 9 y 10 frutos.

Los análisis sensoriales mostraron que cerca del 70% de las calificaciones obtenidas fueron iguales o superiores a seis, para los dos métodos de recolección evaluados. Respecto a los costos de la recolección con ambos sistemas, se determinó un costo promedio de \$ 216 por kilogramo de café recolectado en la cosecha tradicional, mientras que el promedio del costo unitario

con el dispositivo Raselca fue de \$ 181,5 por kilogramo, es decir, se logró reducir en promedio en 16% el costo unitario al cosechar con la tecnología Raselca.

Consideraciones prácticas

Estas evaluaciones mostraron que la tecnología Raselca asociada a su empleo, con operarios de regular a bajo desempeño en la cosecha, sin repase inmediato, con entrenamiento adecuado y mayor tiempo entre pases, es una alternativa promisorio para la recolección de café en las épocas de mayor flujo de cosecha y falta de mano de obra. Su empleo permite incrementar la eficiencia operativa de la cosecha en el 77,4%, con una reducción en el costo unitario de recolección de café hasta un 16,0%, con relación al valor pagado con el método tradicional. Además, se obtiene un café de buena calidad física y en taza, con un porcentaje promedio de frutos verdes en la masa cosechada de 4,4%, que se considera aceptable, teniendo en cuenta que se trata de una nueva propuesta tecnológica para cosechar café, en la cual el aprendizaje y la experiencia son importantes para obtener mejores resultados con su empleo.



Figura 16.

a. Recolección con la herramienta Raselca; **b.** Herramienta Raselca; **c.** Recipiente para la recolección “Tico”.

Dispositivo para asistir la cosecha manual de café "Raselca con sistema de captura "Hamacafé"

El sistema de captura Hamacafé (Figura 17), se deriva de un dispositivo evaluado en Cenicafé llamado Burrococo, el cual consiste en un trozo de tela impermeable de 1,5 m por cada lado, que se sujeta al recipiente plástico para generar una amplia zona de captura para los frutos desprendidos. La superficie permite retener los frutos desprendidos y almacenar hasta 20 kg de café cereza a lo largo de la labor de cosecha. La tela permanece extendida por la acción de dos tubos de pvc de ½" de 75 cm de longitud y un resorte a lado y lado de la tela, que genera una concavidad para retener los frutos desprendidos. Una vez está lleno el dispositivo, el café se descarga directamente sobre la estopa.

Se pudo observar que el dispositivo de captura de frutos desprendidos Hamacafé es mucho más eficaz para las labores de raspado que el recipiente tradicional,



Figura 17.

Dispositivo para la captura de café, Hamacafé.

mostrando en promedio 13 frutos caídos al suelo por sitio, frente a 82 frutos con el recipiente tradicional. Según la opinión de los recolectores se recomienda el uso del sistema Hamacafé en lotes con pendientes moderadas y distancias de siembra mayores a 1 x 1 m.

Cosecha de café asistida con "Canguaro"

En Cenicafé, Roa (2003) diseñó un dispositivo para asistir la recolección manual de café, que consta de dos cuerpos metálicos con forma de embudo, sujetos a la muñeca del recolector, cada uno conectado al tanque de almacenamiento por medio de una manguera flexible, para transportar los frutos hasta el depósito colocado en la espalda, cuando el recolector levantaba el brazo. Adicionalmente, se propone el uso de un aro que se porta en una de las manos del operario, al cual se fija una manga por donde son transportados los frutos hasta un recipiente plástico de espalda, al que se denominó Aroandes (ARO, mANga y recipiente De ESPalda), como se presenta en la Figura 18.

Posteriormente, el dispositivo Aroandes fue optimizado y evaluado en Cenicafé por López *et al.* (2006, 2008), y se reemplazó el recipiente plástico de espada por un morral en tela impermeable, con capacidad para 20 kg de café cereza (Figura 19).

Luego y por iniciativa de los usuarios, el morral fue reemplazado por un bolso ubicado a la altura de la cintura de frente al operario, con capacidad para 10 kg de café cereza, equipo al que se denominó Canguaro, por la forma de bolsa de canguro (Figura 20).



Figura 18.

Dispositivo para la recolección asistida de café, Aroandes.



Figura 19.

Dispositivo Aronades modificado por morral de tela impermeable.



Figura 20.

Dispositivo Canguario.

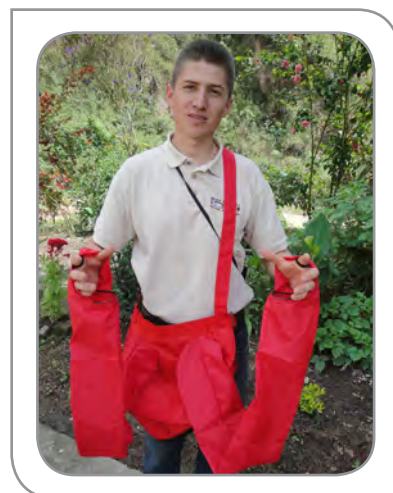


Figura 21.

Dispositivo Canguario 2M.

Buenaventura (2010), partiendo del dispositivo Canguario, diseñó un equipo denominado Canguario 2M, cuyas características y resultados se describen a continuación (Figura 21).

Descripción del Canguario 2M

La tecnología de cosecha “Canguario 2M”, es un dispositivo para asistir la cosecha manual de café, que consiste en un morral fabricado en tela impermeable, donde se almacenan los frutos cosechados y que va unido a dos mangas o ductos, donde por gravedad son transportados los frutos desde las manos hasta el morral, a su vez, las mangas se fijan a las manos a través de guantes, que facilitan la captura de los frutos desprendidos y las protegen de las raspaduras e insectos.

Su diseño permite recolectar café libre de hojas, repartir el peso de la carga entre la cintura y el hombro, facilitar los desplazamientos, impedir el vuelo de las brocas presentes en los granos cosechados y eliminar los riesgos de regueros de frutos de café al suelo por accidentes.

Mangas. Son ductos fabricados en lona impermeable de 1 m de longitud y 10 cm de diámetro, encargados de transportar los frutos desprendidos por la mano hasta el bolso donde son almacenados, con lo que se busca que el operario elimine el movimiento que existe cuando la mano está llena de frutos y se desplaza hasta el recipiente plástico tradicional para dejarlos, movimiento que en una jornada de trabajo de 8 horas representa de 1,0 a 1,5 horas, tiempo que se emplea mejor con el equipo desprendiendo frutos.



El equipo ha demostrado tener ventajas con relación a la cosecha tradicional, debido a que reduce las pérdidas de café caído al suelo a 2,5 frutos por sitio, los frutos maduros dejados en el árbol sin cosechar a 2,5 frutos, mejora la calidad de la recolección con un promedio de 1,5% de frutos verdes en la masa cosechada, con rendimientos por lo menos iguales a los obtenidos con el recipiente de plástico tradicional, alcanzando incrementos en el rendimiento hasta de un 30%, en aquellos usuarios que han sido constantes en su uso.

Guante de sujeción. Las mangas del equipo se fijan en las manos del operario a través de guantes, que buscan rodear la periferia de la mano, generando un área de captura para los frutos, con el fin de que puedan ser depositados con seguridad al interior de la manga. En el punto de unión entre el guante y la manga se encuentra un aro plástico, encargado de mantener abierta la boca de la manga por donde ingresan los frutos desprendidos. Este aro no debe ser muy rígido, pues causaría el desprendimiento accidental de frutos e impediría al

operario llegar con sus manos a los lugares más cerrados del árbol, tampoco debe ser demasiado flexible, pues se podría cerrar al contacto con las ramas, impidiendo el ingreso seguro de los frutos desprendidos. El guante permite al recolector recoger los frutos caídos del suelo y realizar toda clase de movimientos de la mano, incluso sostenerse de los árboles mientras se desplaza en ladera. Además, lo protege contra insectos, raspaduras y quemaduras de sol.

Morral o depósito. Está fabricado en lona impermeable y tiene una capacidad de 10 kg de café cereza. Posee una cremallera en su parte inferior, por donde es vaciado el café recolectado a la estopa o costal empleado tradicionalmente, sin tener que quitárselo. Por ser completamente sellado, no permite el vuelo de la broca presente en el café recolectado. A diferencia del recipiente plástico este morral se fija tanto a la cintura como a uno de los hombros del operario, lo que permite una mejor distribución de la carga y mayor comodidad sobretodo en la cintura (Figura 22). Por ser fabricado en un material textil no genera daños a los árboles ni desprendimiento de frutos cuando se transita por el cafetal y permite tomar postura agachado y arrodillado, mucho más cómodas, sin las molestias causadas por el recipiente tradicional.

Efecto del uso del equipo Canguaro 2M sobre los indicadores de cosecha

Eficiencia. Este indicador puede aumentar cuando se realiza una labor ordenada y en la que se emplee un ciclo de cosecha simplificado, es decir, aquel en el que se eliminen los micromovimientos transportar con carga y dejar carga, volver, y transportar a la palma de la mano. De esta manera el operario puede incrementar



Figura 22.

Depósito del Dispositivo Canguaro 2M.

su rendimiento hasta un 30%, lo que es posible con el uso del Canguaro 2M, porque la persona ya no tiene que traer los frutos desde la rama hasta el recipiente plástico y volver, sino que conforme los desprende, los deja caer al interior de la manga, además, la mano al no tener que retener los frutos desprendidos hace la labor de desprendimiento con mayor agilidad. Por otra parte, el Canguaro 2M invita a la persona a realizar una labor ordenada en el árbol, cosechando de abajo hacia arriba, rama por rama, desde el tronco hacia afuera, pasando a una nueva rama sólo cuando ha recolectado la totalidad de frutos maduros de la rama, si no lo hace ordenadamente corre el riesgo de enredarse con las mangas entre las ramas.

Pérdidas. El Canguaro 2M presenta un gran aporte, según los datos de las evaluaciones en el campo, **las pérdidas de frutos al suelo con el uso del Canguaro no son mayores de 2,5 frutos por sitio, esto se debe a que la captura de los frutos es inmediata, pues el operario debe desprender y dejar caer los frutos al interior de la manga.** Cuando el operario almacena los frutos en la palma de la mano, como lo hace regularmente, corre el riesgo de dejar caer alguno mientras realiza con la misma mano el desprendimiento de un nuevo fruto, así mismo, cuando el recolector transporta los frutos hasta el recipiente plástico, se observa que hay pérdida de frutos, y en algunos casos cuando lanza los frutos con dirección al recipiente, corre el riesgo de que golpeen con el borde del mismo y caigan por fuera.

El Canguaro también aporta en la disminución de pérdidas al suelo por su material de fabricación, pues permite el tránsito por las calles y surcos sin generar desprendimiento accidental de frutos, como sí ocurre con el canasto tradicional, pues las ramas se apoyan sobre la boca de éste, y al tirar de él los frutos son desprendidos por el borde, cayendo algunos dentro del recipiente y otros afuera, además, las caídas en este tipo de terrenos son muy comunes y, por lo general, terminan por regar el café al suelo, en algunos casos el recolector prefiere dejarlos en el suelo que invertir tiempo en recogerlos, mientras que con el Canguaro 2M, por ser un bolso cerrado, impide que en una caída los frutos caigan al suelo. Por otra parte, los frutos caídos al suelo son mucho más fáciles de recoger con el Canguaro 2M, pues permite mayor movilidad y menos incomodidad de la que genera el recipiente tradicional, permitiendo posturas como agachado y arrodillado, más cómodas.

Eficacia. Con el Canguaro 2M el número de frutos maduros dejados en el árbol es de 2,5. Esto se debe a que aumenta la concentración sobre la rama, debido a que el recolector no retira sus manos de ella hasta recorrerla completamente, mientras que en la cosecha tradicional este recorrido se ve frecuentemente interrumpido, debido a que el operario transporta los frutos desprendidos hasta el recipiente plástico y regresa

de nuevo a continuar el desprendimiento, muchas veces ubicándose en un punto diferente de la rama o incluso en otra rama, dejando así frutos sin recolectar. También, **el uso del equipo Canguaro 2M favorece este indicador porque facilita los movimientos sobretodo en busca de los frutos ubicados en las ramas bajas, donde se esconden frutos difíciles de recolectar.**

Calidad. Es el porcentaje de frutos verdes en la masa cosechada, que no deben exceder el 2,5% con el fin de no afectar la calidad de la bebida. En Cenicafé se determinó un control en línea de la calidad de la recolección (Moreno y Oliveros, 2006), que consiste en contar los frutos verdes presentes en una muestra de 600 cm³ (Aproximadamente 320 g). Cuando el número es inferior a seis unidades, el café presenta un contenido de frutos verdes menor que 2,5% en la masa cosechada. Además, el uso del Canguaro 2M favorece este indicador, debido al aumento de la concentración del recolector sobre la rama, y porque el equipo exige que el café sea recolectado fruto por fruto, evitando de esta manera que se raspe o se desgrane el racimo, que son factores que inciden en el incremento de los frutos verdes en la masa cosechada.

Por otra parte, el Canguaro 2M evita que se raspen accidentalmente los frutos de las ramas cuando se transita con él, según las observaciones, un gran porcentaje de frutos verdes que llegan al recipiente plástico tradicional provienen del contacto de las ramas con el borde del recipiente, que no solo desprende frutos verdes de buen tamaño sino en otros estados de maduración, hojas, ramas, flores y frutos en sus etapas iniciales. Por eso es común observar que la masa de café que sale del equipo Canguaro 2M es muy limpia de basura, en general, y que presenta un porcentaje de frutos verdes igual al 1,5%, favoreciendo la calidad de la bebida y facilitando el proceso de limpieza y beneficio de este café.

En la Tabla 3, luego de las numerosas evaluaciones en el campo, se muestra que en promedio se pueden recolectar hasta 11,4 kg.h⁻¹ de café, adicionalmente se dejaron 2,25 frutos maduros sin recolectar en el árbol (Se admiten hasta cinco), y el número de frutos en el suelo fue 2,2 (Se admiten cinco) y se cosecharon 1,5% de frutos verdes (Debe ser inferior al 2,5%). Todos los indicadores de cosecha están dentro de los límites que determinan una buena calidad de recolección.

Cosecha de café con el equipo Canguaro 2M

¿Cómo se ubica? La cargadera se ubica en uno de los hombros del operario y la correa se abrocha en la cintura (Figura 23).

En la Figura 24, se observa la ubicación del guante en la mano, fijándolo a la muñeca con la banda elástica, y al dedo índice y meñique con su respectiva banda elástica.

¿Cómo se usa? Se debe cosechar el árbol de café por caras, ordenadamente de abajo hacia arriba, con el fin de que el café vaya descendiendo a través de las mangas e ingresando por gravedad al morral, a medida que los brazos se extienden para alcanzar las parte más altas del árbol (Figura 25).

La rama del árbol se debe recolectar en dirección del tronco hacia afuera, ubicándose en lo posible siempre frente a la rama y fijando la rama con ambas manos. Se deben utilizar ambas manos para desprender los frutos, además, esa posición evitará que el operario enrede las mangas entre las ramas, y le permitirá ser ordenado en la recolección.



Figura 23.

Ubicación del bolso en la cintura.

Recolección	Eficiencia (kg.h ⁻¹)	Eficacia (Frutos/árbol)	Pérdidas (Frutos/árbol)	Calidad (% Frutos verdes)
Mitaca	4,9	1,8	1,5	0,8
Cosecha	11,4	2,7	2,9	2,2

Tabla 3.

Resultados de la evaluación del desempeño de la tecnología Canguaro 2M.

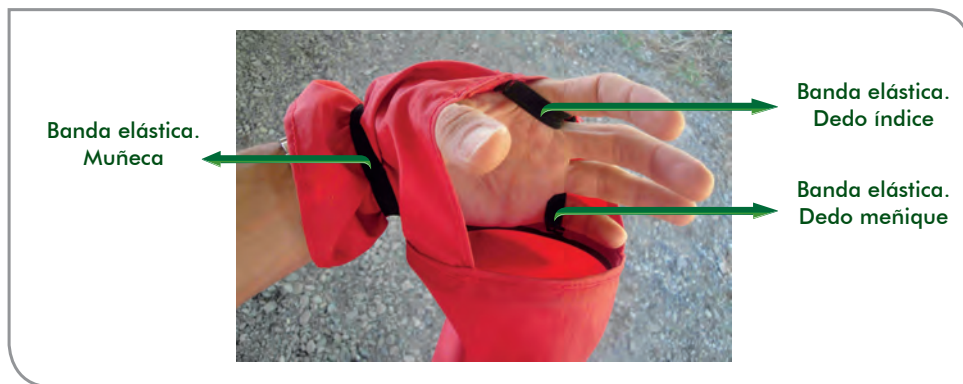


Figura 24.

Ubicación del guante en la mano.

Se debe evitar retener los frutos desprendidos en la palma de la mano, éstos deben caer paulatinamente al interior de la manga a medida que se realiza su desprendimiento, entre más libre esté la mano de frutos, mayor será la agilidad para desprenderlos.

Se deben recoger los frutos que pudieron haber caído al suelo durante la cosecha, como se observa en la Figura 26.

Diseño y elaboración del Canguaro 2M. A continuación se presentan los diseños y moldes para la elaboración del Canguaro 2M, donde se indican las medidas, así como las diferentes piezas para el montaje y la confección del equipo (Figura 27).

Ventajas de la tecnología

A lo largo del proceso de desarrollo, difusión y adopción de la tecnología “Canguaro 2M” se han entrevistado y encuestado a los usuarios de la tecnología, quienes destacan como principales ventajas:

- **Evita la caída de frutos al suelo.** Los usuarios reconocen que se caen menos frutos al suelo, y en general se sienten seguros al saber que el café va en un recipiente cerrado.
- **Es más cómodo.** Hacen referencia a la incomodidad en la cintura con el uso del recipiente tradicional, reconocen que el Canguaro hace más fácil llevar la carga, permite mayor movilidad en el lote, en el árbol y da facilidad para agacharse.
- **Rinde más.** Es una opinión recurrente en quienes llevan más tiempo de uso con el equipo y logran adaptarse a él, consideran que al no tener que llevar el café en las manos hasta el recipiente plástico, como ocurre en la recolección tradicional, les permite aumentar su rendimiento.



Figura 25.

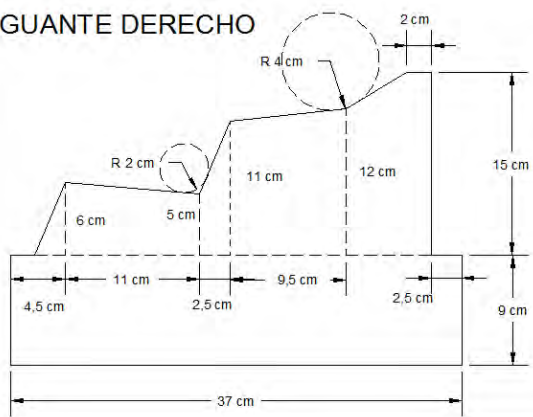
Movimientos en el árbol durante la cosecha con el equipo Canguaro 2M.



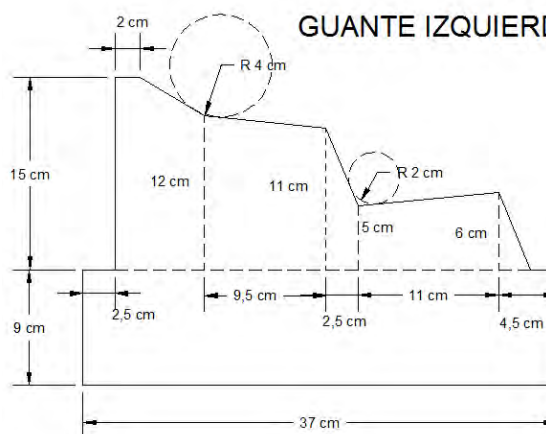
Figura 26.

Recolección de frutos caídos al suelo.

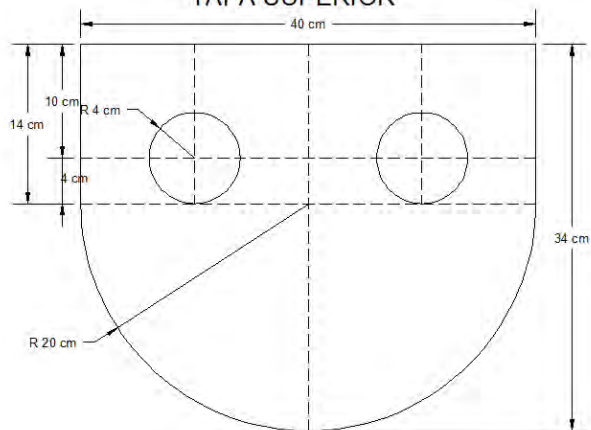
GUANTE DERECHO



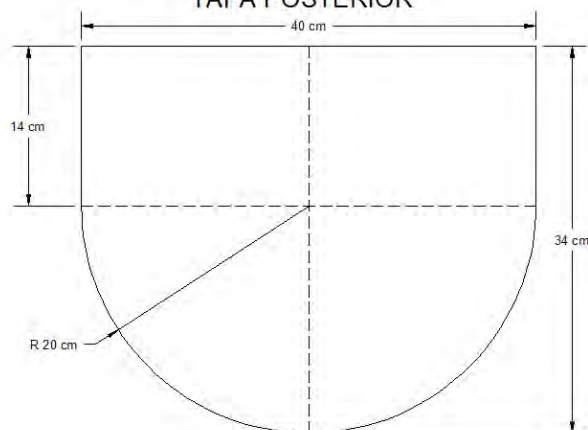
GUANTE IZQUIERDO



TAPA SUPERIOR



TAPA POSTERIOR



MANGAS



FUELLE

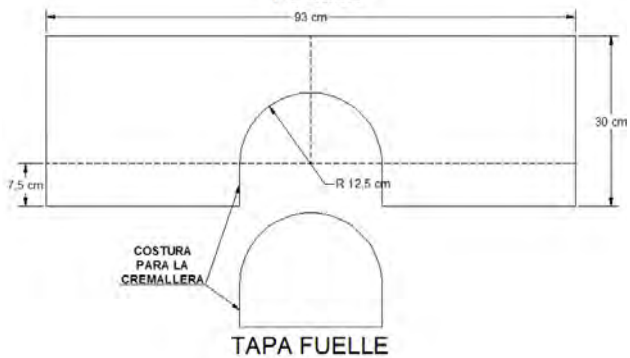


Figura 27.

Diseños y moldes para la elaboración de los Canguaros 2M.

- **El café sale libre de hojas e impurezas.** Con el Canguaro se cosecha el café más limpio pues no ingresan hojas ni ramas.
- **Mejora la calidad de la recolección.** Tiene que ver con frases como “solo se cosecha el maduro” (Figura 28). Los recolectores se sorprenden porque aunque el morral no permite extraer los frutos verdes cosechados, como sí se puede hacer con el recipiente tradicional, el porcentaje de éstos en la masa cosechada es mínimo, atribuible a una mayor concentración en la rama, a que el equipo exige al usuario desgranar y no raspar y a que no se desprenden frutos verdes por accidente, como ocurre con el borde del recipiente plástico tradicional.



Figura 28.

Muestra de la masa cosechada con Canguaro 2M.

Consideraciones generales en el uso del Canguaro 2M

El equipo ha demostrado ser una excelente herramienta para mejorar la calidad de la cosecha y las condiciones de trabajo de los recolectores, así como reducir pérdidas de frutos al suelo, y a que tiene un efecto positivo sobre la broca.



Para la adopción del Canguaro 2M se requiere de la participación decidida del propietario, del diseño y aplicación de estrategias que permitan favorecer tanto al caficultor como al trabajador, especialmente en los primeros días. El Canguaro 2M es un dispositivo específico para la recolección de café, lo que no sucede con el recipiente plástico, con el que se realizan en la finca otras actividades como por ejemplo, abonar con fertilizantes químicos, que dentro de las buenas prácticas agrícolas es tenido en cuenta como un factor de riesgo.

Este tipo de herramientas abren la puerta a nuevas tecnologías que se puedan desarrollar y despiertan el interés de los caficultores en torno a la necesidad que tienen de promover el cambio en estas labores, les advierte que es una labor a la que se le debe prestar mayor atención, no solo pensando en los rendimientos, sino en el cuidado de los árboles y la reducción de las pérdidas que hasta el momento se consideraban normales, pero que con esta tecnología se ha podido observar se pueden evitar.

Uso de mallas en la cosecha de café

En la recolección manual tradicional se emplean algunas actividades durante el desprendimiento de los frutos que no son indispensables, por lo cual su eliminación es el objetivo en cualquier trabajo en el que se pretenda mejorar el desempeño del recolector. En Cenicafé se realizaron estudios con el fin de eliminar algunos de esos movimientos. Uno de esos estudios buscaba eliminar dos de esos movimientos transferencia y retorno utilizando dos nuevos dispositivos asistentes de la recolección manual: Canasto modificado o con bandeja y mallas de polisombra, ubicadas en las calles de los árboles a cosechar (Ramírez, 1998).

Se empleó el recipiente plástico o coco tradicionalmente utilizado en Colombia para cosechar café. El rendimiento operativo obtenido con los nuevos dispositivos asistentes de recolección manual fue igual al observado con el método tradicional. Las pérdidas por frutos maduros caídos al suelo, empleando mallas y bandejas fueron de 0,04% y 1,97%, respectivamente, inferiores a las observadas con el canasto tradicional (5,64%). Con respecto a la variable eficacia se obtuvo igual porcentaje de desprendimiento de frutos maduros empleando las mallas, las bandejas y el canasto tradicional.

Sistema Rollernet e Italiannet

En investigaciones posteriores realizadas en Cenicafé se ha observado que con mallas colocadas en los surcos de los árboles por recolectar se puede atrapar el 100% de los frutos desprendidos por los recolectores, sin embargo los tiempos empleados en labores con mallas han resultado muy altos (>30 s/sitio), lo cual afecta el rendimiento del recolector.



Figura 29.

Mallas extendidas con el sistema Rollernet y dispositivo utilizado en el enrollado de la malla y recolección del café.

La primera metodología, denominada Rollernet emplea una malla de 20 a 30 m, colocada en un carretel, apoyado en dos estructuras metálicas de bajo peso, que pueden anclarse al suelo, lo cual permite realizar dos funciones, extender la malla debajo de las ramas, halada con una pieza metálica en forma de "T", y recoger la malla y el café presente en ella, girando el carretel con la ayuda de una manivela (Figura 29).

La segunda metodología, denominada Italiannet, utiliza unos cables plásticos de alta resistencia a la tracción (Poliamida), que se templan en la parte baja de los árboles en contacto con los troncos, sobre los cuales se desliza una malla de fabricación italiana de 5 m de longitud, a lo largo de los surcos por cosechar. Los cables se templan con dos tubos metálicos (Conduit de 2,5"), de longitud variable, para ajustarse de árbol a árbol entre el surco. Los tubos llevan en cada extremo un gancho en forma de "C" para acoplarlo al tronco y están recubiertos internamente de caucho espumado, para no dañar la corteza (Figura 30).

Los resultados obtenidos en la evaluación de estas dos metodologías mostraron que los tiempos empleados para extender y recoger las mallas son iguales para ambos sistemas. El tiempo total en manejo de mallas con

ambos métodos se podría disminuir mediante el empleo de procedimientos más ágiles para separar las hojas y empacar el café. La eficacia de captura promedio con ambos sistemas es de 99,9%. Los tiempos en labores por sitio fueron de 3,76 s para el Rollernet y 3,68 s para el Italiannet, solamente el 5% del mejor tiempo reportado en estudios anteriores. El rendimiento promedio de los recolectores con los métodos evaluados fue similar al observado en cosecha manual tradicional, en cafetales con similares condiciones de edad y oferta de frutos maduros, 12,5 kg.h⁻¹ de cereza para Rollernet y 11,3 kg.h⁻¹ con Italiannet.

Mallas plásticas en Polisombra y Sarán

En 2006, en Cenicafé se realizaron estudios sobre el uso de mallas plásticas colocadas en la base de los árboles y a lo largo de la calle entre el surco, en lugar del canasto tradicional. Entre las mallas utilizadas está la polisombra con el 45% de sombra (Malla de polietileno de alta densidad) y sarán de 70% de sombra.

Entre las ventajas la malla polisombra tiene un peso de solamente 26 g.m⁻², se observa una facilidad de manejo en la plantación y relativo bajo costo; sin embargo, se



Figura 30.

Sistema para el manejo de mallas en cosecha de café Italiannet.



Figura 31.

Mallas plásticas tipo “polisombra” y “sarán” con 45% y 70% de sombra, utilizadas en la cosecha de café.

rompe fácilmente por efecto de los esfuerzos producidos por el pisoteo del operario, el peso del producto y por rozamientos con ramas del árbol y objetos en el piso. La malla sarán con 70% de sombra, pesa 70 g.m⁻² demostró en condiciones difíciles de trabajo ser más resistente (Figura 31).

Con esta tecnología se busca disminuir las pérdidas y brindar mejores condiciones de trabajo a los operarios, conservando los indicadores de calidad y eficacia, y adicionalmente se aumenta el indicador de rendimiento, ya que con su uso se pueden obviar algunos movimientos de las manos o micromovimientos, en los cuales los recolectores con el método tradicional con canasto, invierten demasiado tiempo. Los mejores resultados se obtuvieron en plantaciones con distancias entre surcos mayores a 1,5 m, menores a 5 años y pendiente del terreno menor del 70%. Se ha observado que el mejor desempeño se obtiene con mallas de 3,0 x 5,0 m. Las menores pérdidas por caída de frutos se logran colocando a cada malla una cinta de velcro de 2,5 cm x 5,0 m, en cada uno de sus lados, lo que permite conseguir una unión fuerte durante la labor. Además, cuando se utilizan dos operarios se obtienen los mejores resultados trabajando en equipo, al cosechar por medias caras de los árboles.

Cosecha semi-mecanizada de café

Los avances obtenidos en cosecha semi-mecanizada de café en las condiciones colombianas se refieren a desarrollos propios de herramientas motorizadas y al uso de equipos desarrollados para cosecha de café u otros productos similares. Dentro de los desarrollos propios de Cenicafe se encuentran equipos con motores eléctricos pequeños, de corriente continua, que tienen baterías recargables como fuente de energía. Dentro de las investigaciones relacionadas con sistemas para cosecha semi-mecanizada de café en condiciones diferentes a las colombianas se han realizado evaluaciones a dispositivos desarrollados principalmente en Brasil.

Máquinas motorizadas eléctricas

Las máquinas motorizadas en un inicio tomaron como fuente de potencia pequeñas plantas eléctricas semiestacionarias, con motores eléctricos de corriente alterna, y posteriormente usaron motores de combustión interna portátiles. El gran desarrollo que han tenido en los últimos años las baterías y los motores eléctricos de corriente directa, los cuales han sufrido grandes disminuciones de precio sin reducir confiabilidad, hicieron viable económicamente esta tecnología.

Equipo portátil Imfra

Uno de los primeros equipos eléctricos fue el denominado Imfra por ser un impactador de frutos y ramas. El dispositivo, accionado por un motor de 84,7W, consta de un actuador que pesa 850 g, el cual es transportado en la mano del operario, y un arnés colocado en la espalda para transportar las baterías con peso total de 8,0 kg (Figura 32). Los frutos de café se desprenden al ser golpeados por dos impactadores, fabricados en teflón, que giran a 1.100 r.min⁻¹. Con el nuevo dispositivo se logra desprender frutos individual o masivamente, en racimos con alta concentración de frutos maduros, evitando el movimiento sostener, que según Vélez *et al.* (1999) en cosecha manual demanda el 40% del tiempo empleado en un ciclo de recolección.

Oliveros *et al.* (2005), evaluaron el dispositivo Imfra en árboles sembrados a 1,5 x 1,0 m, en topografía ligeramente inclinada, en condiciones de alta concentración de frutos maduros (80,7% en promedio) y alta carga (1,43 kg en promedio), usando mallas en el suelo para recibir los frutos desprendidos. En esas condiciones favorables, el rendimiento neto obtenido fue 33,7 kg.h⁻¹, casi tres veces el observado en cosecha manual tradicional, en cafetales con similares características. La calidad de la recolección mejoró sensiblemente con el aprendizaje en el manejo del



Figura 32.

Equipo IMFRA para la cosecha semi-mecanizada de café.



Figura 33.

Sistema portátil y motorizado Alfa para la cosecha semi-mecanizada de café.

equipo, pasando de 10,3% de frutos verdes en la masa cosechada el primer día de trabajo a 4,3% en el cuarto día. Con el equipo se recolectaron en promedio el 80% de los frutos maduros en los árboles. Esta tecnología tiene como limitante que se requiere un repase manual para completar la recolección total de los frutos en los árboles, lo que demanda trabajos, logística y administración de la finca, para hacer que esta tecnología sea viable económicamente.

El equipo eléctrico más avanzado de esta serie es el Alfa, el cual sufrió un proceso de simplificación a partir de su antecesor, y consiste en un par de baterías recargables llevadas en un cinturón, las cuales son fuente de energía de un motor eléctrico de corriente directa, de solamente 15 W, con un golpeador acoplado directamente a su eje (Figura 33). Con esta herramienta se lograron aumentos en la capacidad de recolección de hasta un 100%, con la ayuda también de mallas plásticas en el suelo para recibir los frutos desprendidos (Oliveros *et al.*, 2010). La masa de café cosechada cumple con el requisito máximo de frutos verdes.

Equipo portátil Descafé

En la cosecha manual, la labor más demandante en mano de obra y con mayor participación en los costos en la producción de café, los recolectores sujetan los frutos maduros con los dedos índice y pulgar y los giran para desprenderlos; de esta forma emplean 20% menos fuerza que si lo hicieran a tracción pura, de acuerdo a estudios realizados por Ramírez *et al.* (2006, 2008), basados en el principio “natural” de desprendimiento de frutos maduros, se diseñó una herramienta portátil, denominada Descafé (DESgranadora de frutos de CAFÉ)

(Figura 34), la cual permite emular los movimientos de los dedos en la cosecha manual, por medio de la rotación de agitadores de caucho colocados en tres ejes a 120°, entre sí, que giran a 1.100 rpm.

Para el accionamiento de la herramienta portátil Descafé se utilizaron diferentes fuentes de potencia como motores de combustión interna (De guadaña), motores AC (De taladros eléctricos) y recientemente mini-motores de corriente directa (DC), de 150 W, obteniendo autonomía de hasta una jornada. El actuador de la herramienta, de 1.450 g, es soportado en el brazo del operario.

Para la recolección del café desprendido se utilizan mallas plásticas tipo “sarán” de 70% de sombra, con velcro en sus bordes, para mantenerlas unidas en las calles del surco (Figura 35). Las cuales se utilizaron según la metodología definida por Álvarez (2002), la cual consistía en mover las mallas de manera transversal a los surcos en la medida en que iban quedando libres de uso.

Los mejores resultados obtenidos con el modelo Descafé, en pico de cosecha principal (Figura 36), son: Rendimiento hasta de 24,6 kg.h⁻¹ y pérdidas de 1,1 frutos/sitio. En árboles con cargas y porcentajes de frutos maduros altos (>0,8kg y 60%, respectivamente) se logra cosechar con menos de 2,0% de frutos inmaduros en la masa cosechada, similar a la cosecha manual tradicional, desprendiendo más del 95% de frutos maduros, con reducción en el costo unitario hasta del 9,2% con relación a la cosecha tradicional. Con empleo de mallas plásticas tipo “sarán”, con velcro en sus bordes, se lograron reducir las pérdidas por caída de frutos a valores inferiores a 5,0 frutos/sitio.



Figura 34.

Equipo portátil Descafé, con su respectivo arnés y baterías.



Figura 35.

Movimiento de mallas y operarios (mallas de 25 m x 3 m)

Los resultados obtenidos con el modelo Descafé indican que es promisorio para la recolección de café en épocas de alto flujo de cosecha, en cafetales de alta densidad, localizados en terrenos con pendiente hasta del 70%, con el cual se logra incrementar el rendimiento de la mano de obra más del 100%, con calidad aceptable para las condiciones colombianas.

Sistemas de cosecha semi-mecanizada de otros productos

Los vibradores portátiles de tallos (VPTs), son dispositivos movidos por pequeños motores de combustión interna para aplicar vibración unidireccional a tallos y ramas



Figura 36.

Cosecha de café con la herramienta portátil Descafé.

gruesas de los árboles en la cosecha de olivas y castañas en Europa (Figura 37). Dada la similitud en tamaño y forma de estos productos agrícolas con los de café, en Cenicafé se realizaron evaluaciones de estos equipos en la cosecha selectiva de café. Con los VPTs en la cosecha de café se han logrado aumentos de más de 300% en la capacidad de recolección por operario y reducciones de cerca del 10% en el costo unitario de recolección de café (Araque et al., 2005; Aristizábal et al., 2003; Granja y Oliveros, 2003; Oliveros et al., 2005). Sin embargo, el café recolectado presenta un alto contenido de frutos verdes y se deja un alto número de frutos maduros en los árboles, que hacen que esta tecnología no esté aun lista para ser entregada a los caficultores. Actualmente se trabaja en la reducción del número de frutos maduros sin cosechar, en la reducción del contenido de frutos verdes en la masa cosechada y en el aumento del rendimiento a través de diferentes estrategias.



Figura 37.

Vibrador portátil de tallos usado en la cosecha de café.

Recolección de frutos del suelo

En los lotes de café es necesario ingresar al menos 30 veces al año para atender labores relacionadas con control de arvenses, fertilización, determinación de niveles de infestación de plagas, aplicación de plaguicidas, recolección de café y cosecha sanitaria o Re-Re, entre otras.

En la recolección de café también se presenta caída de frutos al suelo, que puede variar en promedio desde 9 hasta 27 frutos/árbol/pase (Vélez et al., 1999; Palencia et al., 2002). Los frutos que caen al suelo (Figura 38) causan pérdidas económicas inmediatas al productor, además aquellos frutos que caen al suelo y están infestados por broca, son un reservorio importante de este insecto y cuando las condiciones de humedad le son favorables emergen de los frutos e infestan los frutos sanos que se encuentran en los árboles (Oliveros et al., 2010).



Para facilitar el Manejo Integrado de la broca (MIB), luego de un pase de recolección, el máximo número de frutos caídos al suelo debe ser cinco (Bustillo, 2002). A partir de un fruto brocado pueden infestarse 590 frutos del árbol y 150 del suelo, en 180 días, en cafetales localizados a altitudes entre 1.218 y 1.700 m, respectivamente (Constantino et al., 2008).

En Cenicafé se han evaluado las siguientes tecnologías para recolectar frutos del suelo:

Bandeja

Fabricada en aluminio, cubierta con una malla de acero, con aberturas de 2,5 cm (1") y una bolsa para almacenar temporalmente los frutos recogidos. Se utiliza un rastrillo para acercar la hojarasca, ramas y frutos de café a la bandeja (Figura 39). Este dispositivo se evaluó en parcelas sembradas con variedad Colombia, a 2,0 x 1,0 m y 1,5 x 1,0 m, con pendiente de 0% a 100%. Con esta herramienta se recolectó del 65% al 82% de los frutos presentes en los platos de los árboles, con tiempo empleado por árbol de 14 a 32 s (Acosta et al., 2006). En la evaluación se observó que la pendiente favorece la

**Figura 38.**

a. Frutos caídos al suelo en un pase de recolección;
b. Chapolas originadas por frutos caídos al suelo.

recolección de los frutos del suelo, por la mayor facilidad para observar los frutos en los platos de los árboles, que ocurre cuando el operario se desplaza por la parte baja del surco. Las ramas bajas dificultan la detección

de los frutos a recoger con el dispositivo y aumentan el tiempo empleado por sitio (Acosta *et al.*, 2006).

Canastilla recolectora de frutos

De forma elipsoidal, construida en alambre galvanizado de acero de alto contenido de carbono, calibre 18 (1,04 mm de diámetro), 52 alambres, con espacio libre máximo entre ellos de 7,8 mm y semiejes mayor y menor de 8,73 y 7,23 cm, respectivamente. La canastilla gira sobre su eje mayor y está soportada en una estructura metálica de bajo peso, con mango de 1,24 m ligero, en tubo metálico, para su manejo. Al pasarlo sobre los frutos, por su peso propio, 1,15 kg, y la componente vertical de la fuerza aplicada por el operario al mango del equipo, los alambres se separan por el efecto cuña para permitir el ingreso del fruto al interior de la canastilla (Figura 40). Una vez el fruto está adentro, el propio peso del fruto no es suficiente para volver a abrir los alambres quedando así retenidos. Los frutos recogidos con el dispositivo se descargan en un recipiente utilizando un gancho o vaciador que separa los alambres con mínimo esfuerzo, y permite que los frutos caigan fácilmente dentro del balde.

**Figura 39.**

Herramienta manual para la recolección de frutos de café caídos al suelo.

**Figura 40.**

Dispositivo a utilizar para recoger frutos del suelo (Recogedor de frutos).
a. Detalles de la operación del equipo;
b. Descarga de los frutos recogidos.

La canastilla se evaluó considerando dos factores de variación, el estado del plato (Con y sin remoción de la hojarasca) y el número de frutos presentes en cada plato (3, 6, 9, 12 y 15), con 15 réplicas en cada tratamiento (Oliveros y Tibaduiza, 2012).

Con platos limpios se recolectó entre 77,3% y 91,0% de los frutos. La capacidad de campo varió desde 2,47 ha/jornada con plato limpio y 3 frutos/plato, hasta 0,84 ha/jornada, con plato limpio y 15 frutos/plato. Sin remover la hojarasca de los platos se recolectó entre 47,3% y 64,3% de los frutos. La capacidad de campo fluctuó entre 0,73 y 1,47 ha/jornada, con 15 y 3 frutos/plato.

Equipos neumáticos

Se evaluó un equipo de espalda, marca Cifarelli V77S (Oliveros *et al.*, 2010), para recoger los frutos de café en los platos de los árboles (Figura 41). El equipo utiliza un ventilador centrífugo que genera en el interior del ducto o lanza una corriente de aire con velocidad media de 20 a 25 m.s⁻¹ (Sanz *et al.*, 2008). El ventilador es accionado por un motor de dos tiempos de 77 cm³ y 3,6 kW (5HP) a 3.600 rpm. El material recogido del suelo se descarga en un depósito colocado en la espalda del operario, con capacidad máxima de 15 L, donde por efecto de corrientes de aire ascendentes son separados y retornados al campo los materiales livianos (Hojas, principalmente). El equipo vacío pesa 13,5 kg.

El equipo se evaluó en los departamentos de Antioquia, Caldas, Cauca, Risaralda y Valle del Cauca, en plantaciones con distancias entre surcos de 1,0 a 2,0 m y pendiente de 0% a 150%. En cada una de las fincas se llevó a cabo la recolección de frutos de café de los platos de los árboles con el equipo Cifarelli V77S, durante los semestres I y II, de 2006 y 2007, teniendo en cuenta la evolución de la cosecha principal, las pérdidas de café al

suelo en los lotes y la coordinación directa con el Caficultor y con el Coordinador de IPA de cada departamento.

En cada finca se utilizaron entre tres y nueve equipos, se capacitaron los trabajadores encargados de apoyar la labor y se tomaron los registros previstos para evaluar la eficacia de recolección de los frutos del suelo, la eficiencia y los costos de operación de los equipos. El impacto de la recolección de frutos del suelo en los niveles de infestación de broca de los lotes en tres fincas se presenta en la Figura 42, donde se observa que tienden a ser inferiores en los primeros meses con relación a los obtenidos con los testigos, especialmente en fincas con niveles de infestación de broca altos y con elevado número de frutos caídos al suelo, principalmente brocados.

En la Tabla 4 se presentan resultados obtenidos en cinco de las nueve fincas consideradas.

La mano de obra empleada varió entre 0,5 y 6,0 jornales/ha, afectada principalmente por los siguientes factores:

- El trazado de los surcos. Mejores resultados en surcos largos y rectos.
- El manejo de las arvenses. Los mejores resultados se dan cuando se emplean buenas prácticas para su manejo.
- Destreza del operario y sus condiciones visuales para localizar, recoger los frutos del plato y para resolver los inconvenientes creados por la hojarasca y ramas que obstruyen la lanza y en ocasiones llegan hasta el rotor del ventilador.
- Condiciones del terreno. Mejores resultados en terrenos secos.
- Presencia de sombrío. Mejores resultados en cafetales a libre exposición. Dependiendo de la distribución del



Figura 41.

Equipo Cifarelli V77S. **a.** Detalles del motor, ventilador, depósito para el material recogido y de la lanza empleada; **b.** Descarga del material recogido.

sombrío en el lote, la especie y de la caída de ramas que se presente, se dificulta el desplazamiento del operario.

En general, se logran mejores resultados en terrenos secos, de alta pendiente (> 75%), en cafetales con distancia entre surcos superior a 1,3 m y con buen manejo agronómico.

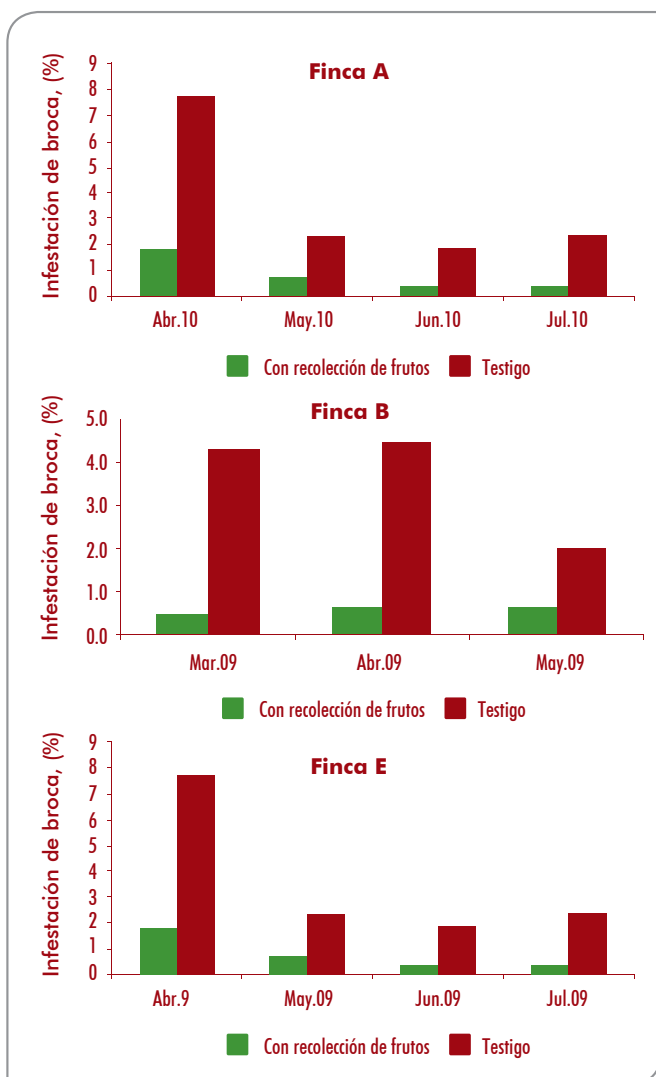


Figura 42.

Infestaciones de broca en lotes después de recoger frutos del suelo con el equipo Cifarelli V77S y en testigos sin remoción de frutos del suelo.

El consumo de combustible varió entre 2,3 y 5,8 gal.ha⁻¹, es afectado por los factores mencionados anteriormente. Conforme el operario adquiere mayor destreza en el manejo del equipo, disminuye el consumo de combustible por hectárea. La eficacia de aspiración varió de 40,3% a 74,0%. La localización de los frutos en el plato del árbol se dificulta, principalmente por la baja iluminación en el plato del árbol, en cafetales de 3^a a 5^a cosecha, con distancia entre surcos, generalmente inferiores a 1,5 m, la presencia de hojarasca, y en el caso de los frutos secos, la similitud de su color y el de la hojarasca.

Los tiempos en labores con la máquina Cifarelli V77S se presentan en la Figura 43, se observa que el tiempo efectivo dedicado en la jornada a la recolección es relativamente alto (71,2% a 83,4%). El tiempo dedicado para solucionar los problemas creados por las obstrucciones en la lanza y en el ventilador es importante, representando del 5,7% al 10,6% de la jornada de trabajo.

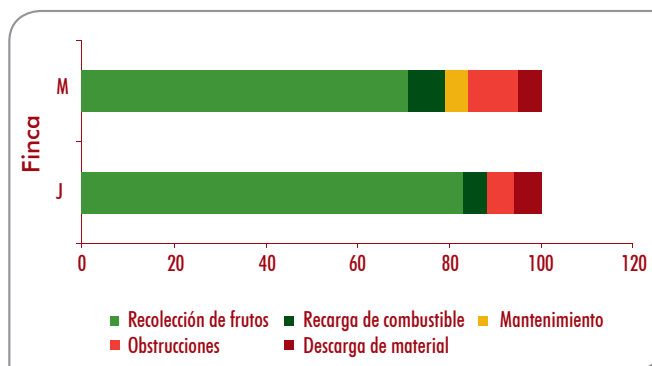


Figura 43.

Tiempo en labores con la máquina Cifarelli V77S.

Finca	Mano de obra (Jornales/ha)	Combustible (gal.ha ⁻¹)	Eficacia de recolección (%)
A	3,4	5,8	70,1
E	0,5	2,3	40,3
G	6,0	3,2	64,2
H	1,1	2,6	63,1
J	1,5	2,9	74,0

Tabla 4.

Desempeño técnico en recolección de frutos de café del suelo con el equipo Cifarelli V77S.

El equipo Cifarelli V77S fue utilizado a escala comercial en tres lotes de la Finca C, de 4,5, 1,5 y 8,0 ha, respectivamente, sembrados con café variedad Colombia de 3ª cosecha, a 1,3 x 1,2 m. La actividad se adelantó en una semana utilizando de tres a siete equipos simultáneamente. El café caído al suelo antes de las pruebas varió entre 27 y 49 frutos por planta, con 18 a 40 frutos brocados por planta (Infestación entre 74% y 80%). La eficacia de recolección de frutos osciló entre 45% y 68%, principalmente frutos verdes, maduros, sobremaduros y secos. El consumo de combustible varió de 5,0 a 10,0 gal.ha⁻¹, con promedio de 8,1 gal.ha⁻¹. La mano de obra empleada varió de 2,0 a 3,5 jornales/ha, con promedio de 2,6 jornales/ha.

En la evaluación del equipo Cifarelli V77S se observó que los frutos de café que caen al suelo durante la recolección, con frecuencia superan el límite máximo establecido en Cenicafé para el manejo integrado de la broca, máximo 5 frutos/sitio, situación que se torna crítica cuando la plantación presenta altos niveles de broca. Por lo tanto, es necesario desarrollar estrategias para disminuir su número en cada pase de recolección y en otras actividades del cultivo que también ocasionan desprendimiento accidental de frutos, con mayor énfasis en cafetales de edades avanzadas, para reducir la reproducción de la broca en frutos del suelo y la reinfestación de los frutos del árbol.



Consideraciones prácticas

La tecnología Cifarelli V77S es una alternativa para recoger frutos de café del suelo en plantaciones con distancias entre surcos desde 1,5 m, con eficacia del 45% al 68%. En cafetales con distancia entre surcos inferior a 1,5 m se dificulta el uso del equipo, por el tamaño de la máquina, y se causa desprendimiento involuntario de frutos.

Los mejores resultados en eficacia de recolección de frutos se obtienen con personal bien entrenado en el manejo del equipo, en surcos rectos, largos, con manejo adecuado de las arvenses, preferiblemente en cafetales a plena exposición solar, en terrenos con pendiente de 50% al 100%.

Se recomienda realizar las labores de recolección de frutos del suelo en época seca para facilitar el desplazamiento, disminuir las caídas y evitar atascamiento con barro de los álabes del ventilador en la carcasa, pues el material recogido (Café, suelo y otros) se humedece, se mezcla entre sí, y posteriormente se adhiere a diferentes partes del equipo por las cuales es conducido (Lanza, manguera y depósito de carga, transporte y descarga), ocasionando dificultades en la operación del equipo y requiriendo un mantenimiento especializado que implica desmontar todos los componentes del sistema.

Recomendaciones prácticas

- **En la cosecha se deben recoger, en su totalidad, sólo los frutos maduros.** Esto se traduce en ventajas como el aumento de ingresos por venta de mayor cantidad de café, de mejor calidad, con mejor conversión de café cereza a café pergamino seco, reducción de reinfestaciones de broca y eliminación de pérdidas hasta del 10%, debidas a frutos no recolectados oportunamente o que caen al suelo.
- De acuerdo a los estudios de tiempos y movimientos, en la recolección se pueden mejorar las labores teniendo en cuenta recomendaciones sencillas como: **Cosechar el árbol por caras, de abajo hacia arriba si la recolección es con Canguaro. Cosechar la rama desde el tronco hacia fuera y recoger los frutos que caigan al suelo antes de pasar al árbol siguiente.**
- Para mejorar la calidad de la cosecha y las condiciones de trabajo de los recolectores, así como reducir pérdidas por frutos que caen involuntariamente al suelo, que dificultan el manejo de la broca, se recomienda **utilizar el dispositivo Canguaro 2M**, con el cual se recolecta café maduro, sin recurrir a prácticas como extraer los frutos verdes y luego arrojarlos al suelo, como sucede generalmente con el recipiente plástico.
- Con Canguaro 2M se recolecta café limpio, sin hojas, ahorrando tiempo para retirarlas. Los mejores resultados con este dispositivo se obtienen utilizándolo inicialmente en los pases con menor oferta de frutos a recolectar, cuando los operarios se familiarizan con él obtienen los resultados esperados, principalmente mayores rendimientos, dejando menos café en los árboles y en el suelo que con el canasto tradicional.
- **En terrenos que por su topografía lo permita, se recomienda utilizar las mallas tipo sarán**, colocadas sobre el piso en los surcos de los árboles, las cuales son una excelente alternativa porque permiten recibir el 100% de los frutos desprendidos por los recolectores, evitando las pérdidas y contribuyendo al manejo integrado de la broca, además se adaptan a un amplio rango de condiciones de cafetales y pendientes.
- En sitios con pases de cosecha con más de 50% y más de 0,7 kg de frutos maduros/árbol, con topografía con pendientes moderadas (< 50%) y en plantaciones con distancia entre surcos superiores a 1,5 m, se podrían utilizar herramientas portátiles para aumentar los rendimientos de la recolección (Hasta 100%) y disminuir los costos hasta el 20%, con calidad del café recolectado aceptable para las condiciones colombianas.
- Para contribuir al manejo integrado de la broca (MIB) se recomienda recoger los frutos del suelo utilizando herramientas manuales como canastillas, que se adaptan a cualquier tipo de pendiente, trazado de cafetales y tamaño de la finca. Para fincas de mayor extensión se podrían utilizar equipos como las aspiradoras portátiles.

Literatura citada

- ACOSTA A., R.; OLIVEROS T., C.E. Recolección de frutos de café caídos al suelo. *Cenicafé* 57(4):312-319. 2006.
- ÁLVAREZ V., J.A. Optimización del manejo de mallas polisombra para la captura de frutos de café en recolección manual y mecanizada: Informe anual de actividades. Chinchiná : CENICAFÉ, 2002. 20 p.
- ÁLVAREZ V., J.A.; OLIVEROS T., C.E.; RAMÍREZ G., C.A. Evaluación de dos sistemas para el manejo de mallas en la cosecha manual del café. *Cenicafé* 55(2):130-135. 2004.
- ARAQUE S., H.; OLIVEROS T., C.E.; SANZ U., J.R.; RAMÍREZ G., C.A. Desempeño de vibradores portátiles del tallo en la cosecha del café. *Cenicafé* 56(4):339-347. 2005.
- ARISTIZÁBAL T., I.D.; OLIVEROS T., C.E.; ÁLVAREZ M., F. Mechanical harvesting of coffee applying circular and multidirectional vibrations. *Transactions of the ASAE* 46(2):205-209. 2003.
- BUENAVENTURA A., J.D. Dispositivo para agilizar la cosecha del café. p. 10. En: CENICAFÉ. Informe anual de actividades 2000-2001. Chinchiná : CENICAFÉ, 2001. p 10.
- BUENAVENTURA A., J.D. Evaluación de una herramienta de asistencia para la cosecha manual. p 5 – 7. En: CENICAFÉ. Informe anual de actividades 2003-2004. Chinchiná : CENICAFÉ, 2004. p 8.
- BUENAVENTURA A., J.D. Validación de métodos de recolección manual asistida de café. p 2 – 7. En: CENICAFÉ. Informe anual de actividades 2009-2010. Chinchiná : CENICAFÉ, 2010. p 11.
- BUSTILLO P., A.E. El manejo de cafetales y su relación con el control de la broca del café en Colombia. Chinchiná: CENICAFÉ, 2002. 40 p. (Boletín Técnico No. 24).
- CONSTANTINO, L.M., GIL, Z.N., BUSTILLO, A.E., BENAVIDES, M. P. 2009. Impacto de los frutos de café caídos al suelo e infestados por la broca, *Hypothenemus hampei* sobre la infestación en el árbol. P. 178. Libro de Resúmenes 36° Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología, 29-31 Julio, Medellín, Colombia.
- DÍAZ G., D.; RAMÍREZ G., C.A.; OLIVEROS T., C.E.; MORENO C., E.L. Cosecha de café con el equipo portátil STIHL SP-81, de actuadores oscilantes. *Cenicafé* 60(1):41-57. 2009.
- GÓMEZ G., L.; CABALLERO R., A. Ecotopos cafeteros de Colombia. Santafé de Bogotá : FNC, 1991. 131 p.
- GRANJA F., J.J.; OLIVEROS T., C.E. Diseño, construcción y evaluación de un vibrador multidireccional de tallos para la cosecha mecánica de café en Colombia. *Scientia et Technica* 21(3):58-64. 2003.
- LÓPEZ F., H.A.; OLIVEROS T., C.E.; RAMÍREZ G., C.A. Disminución del costo unitario de la cosecha de café con el empleo de un método de recolección manual asistido. *Cenicafé* 57(4):262-273. 2006.
- LÓPEZ F., H.A.; RAMÍREZ G., C.A.; OLIVEROS T., C.E.; SANZ U., J.R. Aroandes una tecnología para la cosecha manual de café con alta calidad. *Cenicafé* 59(4):283-294. 2008
- LÓPEZ F., H.A.; OLIVEROS T., C.E.; RAMÍREZ G., C.A.; ÁLVAREZ V., J.A.; SANZ U., J.R. Manga para la recolección manual de café: Experiencia de investigación participativa. Chinchiná : CENICAFÉ, 2008. 8 p. (Avances Técnicos No. 374).
- MARÍN L., S.M.; ARCILA P., J. Cambios físicos y químicos durante la maduración del fruto de café (*Coffea arabica* L. var. Colombia). *Cenicafé* 54(3):208-225. 2003.
- MARÍN L., S.M.; ARCILA P., J.; MONTOYA R., E.C.; OLIVEROS T., C.E. Relación entre el estado de madurez del fruto del café y las características de beneficio, rendimiento y calidad de la bebida. *Cenicafé* 54(4):297-315. 2003.
- OLIVEROS T., C.E.; ÁLVAREZ V., J.A. Cosecha manual de café utilizando mallas plásticas. Chinchiná : CENICAFÉ, 2006. 8 p. (Avances Técnicos No. 354).
- OLIVEROS T., C.E.; ÁLVAREZ V., J.A.; RAMÍREZ G., C.A.; SANZ U., J.R.; MORENO C., E.L.; PEÑUELA M., A.E. Cosecha manual de café utilizando mallas plásticas. Chinchiná : CENICAFÉ, 2006. 8p. (Boletín Técnico No. 354).
- OLIVEROS T., C.E.; BENÍTEZ M., R.; ÁLVAREZ M., F.; ARISTIZÁBAL T., I.D.; RAMÍREZ G., C.R.; SANZ U., J.R. Cosecha del café con vibradores portátiles del tallo. *Revista facultad nacional de agronomía* 58(1):2697-2708. 2005.
- OLIVEROS T., C.E.; LÓPEZ F., H.A. Recolección de frutos de café del suelo con la máquina Cifarelli V77S. Chinchiná : CENICAFÉ, 2010. 12 p. (Avances Técnicos No. 394).
- OLIVEROS T., C.E.; RAMÍREZ G., C.A.; ACOSTA A., R.; ÁLVAREZ M., F. Equipo portátil para asistir la cosecha manual de café. *Revista facultad nacional de agronomía* 58(2):3003-3013. 2005.

- OLIVEROS T., C.E.; RAMÍREZ G., C.A.; BUENAVENTURA A., J.D.; SANZ U., J.R. Diseño y evaluación de una herramienta para agilizar la cosecha manual de café. *Cenicafé* 56(1):37-49. 2005.
- OLIVEROS T., C.E.; RAMÍREZ G., C.A.; SANZ U., J.R.; FUEL T., S.M.; BUENAVENTURA A., J.D.; RINCÓN B., N. Evaluación de nuevas tecnologías para la cosecha manual de café: Investigación participativa cosecha asistida de café 2009. Chinchiná : CENICAFÉ : FNC. 2009. 26 p.
- OLIVEROS T., C.E.; RAMÍREZ G., C.A.; SANZ U., J.R.; FUEL T., S.M.; BUENAVENTURA A., J.D. Cosecha manual asistida: Investigación participativa IPA-2010. Chinchiná : CENICAFÉ, 2011. 42 p.
- OLIVEROS T., C.E.; SANZ U., J.R.; RAMÍREZ G., C.A.; MORENO C., E.L.; ÁLVAREZ V., J.A.; LÓPEZ F., H.A. Mejoramiento tecnológico de la cosecha de café en Colombia: Informe final presentado a Colciencias. Chinchiná : CENICAFÉ, 2006. 39 p.
- OLIVEROS T., C.E.; SANZ U., J.R.; QUIÑÓNEZ O., W.; QUINTERO E., D. Evaluación del equipo ALFA: Informe anual de actividades. Chinchiná : CENICAFÉ, 2010. 12 p.
- OLIVEROS T., C.E.; TIBADUIZA V., C.A. Evaluación de un dispositivo manual para recoger frutos de café en el suelo. Chinchiná : CENICAFÉ, 2012. 8 p.
- PALENCIA L., F.O.; ÁLVAREZ, M.F. Cosecha manual de café con asistencia neumática. *Facultad nacional de agronomía Medellín* 55(1):1385-1393. 2002.
- PUERTA Q., G.I. Influencia de los granos de café cosechados verdes en la calidad física y organoléptica de la bebida. *Cenicafé* 51(2):136-150. 2000.
- RAMÍREZ A., M.I. Modificaciones al recipiente plástico tradicional para la cosecha manual de café. Chinchiná : CENICAFÉ, 2001. 29 p.
- RAMÍREZ G., C.A.; OLIVEROS T., C.E.; SANZ U., J.R.; ACOSTA A., R.; BUENAVENTURA A., J.D. Desgranador mecánico para la cosecha del café - Descafé. *Cenicafé* 57(2):122-131. 2006.
- RAMÍREZ G., C.A.; OLIVEROS T., C.E.; BUENAVENTURA A., J.D. Desgranador mecánicos de frutos de café: Patente de invención de la superintendencia de industria y comercio No. 16686. [Patente]. Chinchiná : CENICAFÉ, 2008.
- RAMÍREZ G., C.A.; OLIVEROS T., C.E.; SANZ U., J.R.; BUENAVENTURA A., J.D. Cosecha manual asistida proyecto Canguaro 2M: Informe final. Chinchiná : CENICAFÉ, 2012. 42 p.
- ROA M., G. Desarrollo de un equipo captador de los granos maduros, compuesto de aro, manga y dispositivo de espalda (EQUIPO AM&DE). p 7 - 12. En: CENICAFÉ. Informe anual de actividades 2002-2003. Chinchiná : CENICAFÉ, 2004. 15 p.
- RODRIGUES V., C.L.; FERRAZ DOS S., F.V.L. Repercussões sócio-econômicas da adoção da mecanização da colheita na cafeicultura paulista. Araxá : Simposio de pesquisa dos cafes do Brasil, 2011. 6 p.
- SANZ U., J.R.; TRUJILLO G., C.M. Propiedades aerodinámicas de los frutos de café. *Cenicafé* 59(1):55-63. 2008.
- VÉLEZ Z., J.C.; MONTOYA R., E.C. Nuevo método para mejorar la recolección manual del café. Chinchiná : CENICAFÉ, 1999. 4 p. (Avances Técnicos No. 269).
- VÉLEZ Z., J.C.; MONTOYA R., E.C. Estudio de tiempos y movimientos para el mejoramiento de la cosecha manual de café. Chinchiná : CENICAFÉ, 1999. 91 p. (Boletín Técnico No. 21).

Autores del Manual del Cafetero Colombiano

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia

Gerencia General

Luis Genaro Muñoz O., Gerente General
Marcela Urueña G., Asesora Gerencia General

Gerencia de Comunicaciones y Mercadeo

Luis Fernando Samper G., Gerente de Comunicaciones y Mercadeo

Servicio de Extensión

Carlos Alberto Saldías B., Líder Nacional de Extensión

Fundación Manuel Mejía

Margarita Buitrago R., Directora Ejecutiva (E)

Cenicafé

Dirección

Fernando Gast H., Biólogo Ph.D.

Disciplinas de Investigación

Calidad

Gloria I. Puerta Q., Ing. Química, Ing. Alimentos M.Sc.
Diego Antonio Zambrano F., Ing. Químico
Andrés Mauricio Villegas H., Ing. Agrónomo M.Sc.

Gestión de Recursos Naturales y Conservación

Nelson Rodríguez V., Ing. Químico Ph.D.
Jorge Eduardo Botero E., Ecólogo Ph.D.
Claudia Rocío Gómez P., Tecnóloga Química
Gloria María Lentijo J., Bióloga M.Sc.

Fisiología Vegetal

Claudia Patricia Flórez R., Ing. Agrónomo Ph.D.
Luis Fernando Gómez G. Ing. Agrónomo Ph.D.
Aristóteles Ortiz, Químico M.Sc.
Claudia Yoana Carmona G., Ing. Agrónomo
Lizardo Norbey Ibarra R., Ing. Agrónomo
Ángela María Castaño M., Ing. Agrónomo

Suelos

Siavosh Sadeghian K., Ing. Agrónomo Ph.D.
Hernán González O., Ing. Agrónomo M.Sc.
Luis Fernando Salazar G., Ing. Agrónomo M.Sc.
Édgar Hincapié G. Ing. Agrónomo Ph.D.
Luz Adriana Lince S., Ing. Agrónomo, Geóloga

Fitotecnia

Jaime Arcila P., Ing. Agrónomo Ph.D.
Víctor Hugo Ramírez B., Ing. Agrónomo M.Sc.
Argemiro Miguel Moreno B., Ing. Agrónomo M.Sc.
Francisco Fernando Farfán V., Ing. Agrónomo M.Sc.

Mejoramiento Genético

Hernando Alfonso Cortina G., Ing. Agrónomo M.Sc.
José Ricardo Acuña Z., Biólogo Ph.D.
Juan Carlos Herrera P., Biólogo Ph.D.
María del Pilar Moncada B., Ing. Agrónomo Ph.D.
Húver Elías Posada S., Ing. Agrónomo Ph.D.
Diana María Molina V., Bacterióloga Ph.D.
Carolina Pérez H., Ing. de Alimentos Esp.
Claudia Tabares A., Ing. Química

Entomología

Pablo Benavides M., Ing. Agrónomo Ph.D.
Carmenza E. Góngora B., Microbióloga Ph.D.
Zulma Nancy Gil P., Ing. Agrónomo Ph.D.
Clemencia Villegas G., Ing. Agrónomo M.Sc.
Luis Miguel Constantino C., Biólogo Entomólogo M.Sc.
Marisol Giraldo J., Ing. Agrónomo M.Sc.
Aníbal Arcila M., Ing. Agrónomo

Agroclimatología

Álvaro Jaramillo R. Ing. Agrónomo M.Sc.
Andrés Javier Peña Q., Ing. Agrónomo M.Sc.

Fitopatología

Álvaro León Gaitán B., Microbiólogo Ph.D.
Marco Aurelio Cristancho A., Microbiólogo Ph.D.
Bertha Lucía Castro C., Ing. Agrónomo M.Sc.
Carlos Alberto Rivillas O., Ing. Agrónomo M.Sc.

Sostenibilidad

Juan Mauricio Rojas A., Ing. Alimentos, M.Sc.
Gloria Esperanza Aristizábal V., Lic. Bióloga y Química, M.Sc.
María Cristina Chaparro C., Química
Angélica María Campuzano C., Ing. de Alimentos Esp.
Mario López L.

Ingeniería Agrícola

Carlos Eugenio Oliveros T., Ing. Agrícola Ph.D.
César Augusto Ramírez G., Arquitecto M.Sc.
Juan Rodrigo Sanz U., Ing. Mecánico Ph.D.
Aída Esther Peñuela M., Ing. Alimentos M.Sc.
Paula Jimena Ramos G., Ing. Electrónico M.Sc.
Jenny Paola Pabón U., Ing. Agrícola

Experimentación

Carlos Gonzalo Mejía M., Admr. de Empresas Agropecuarias
José Raúl Rendón S., Ing. Agrónomo
Hernán Darío Menza F., Ing. Agrónomo
Carlos Mario Ospina P., Ing. Forestal
Diego Fabián Montoya, Agrónomo
Jorge Camilo Torres N., Ing. Agrónomo
Jhon Félix Trejos P., Ing. Agrónomo
José Enrique Baute B., Ing. Agrónomo
Pedro María Sánchez A., Ing. Agrónomo

Biometría

Rubén Darío Medina R., Estadístico M.Sc.



Cenicafé

Ciencia, tecnología
e innovación
para la caficultura
colombiana

www.cenicafe.org