

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.



Cómo Citar:

Benavides Machado, P., Gil-Palacio, Z., Góngora, C. E., & Arcila-Moreno, A. (2013). Manejo integrado de plagas. En Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, *Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura* (Vol. 2, pp. 179–214). Cenicafé.
https://doi.org/10.38141/cenbook-0026_23

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 coffeellum* (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 coffeellum*, 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.

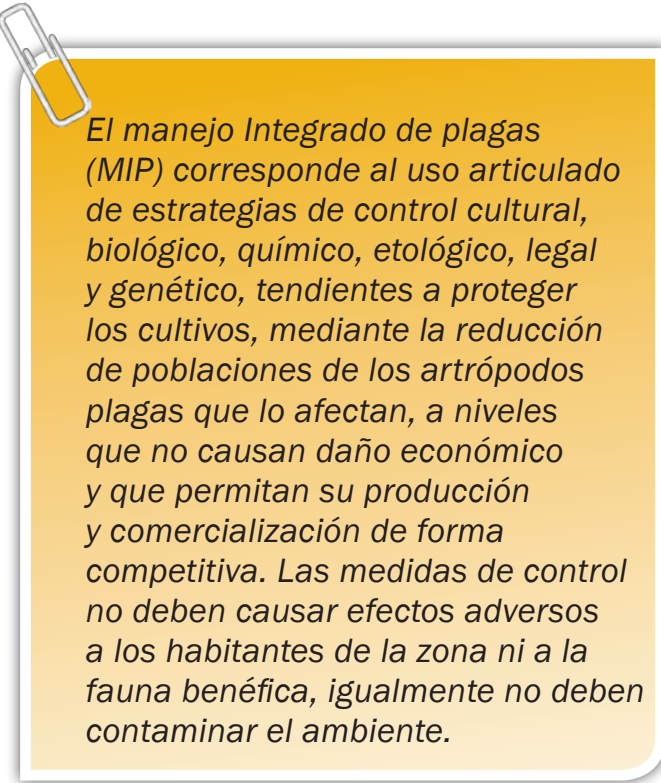


Plaga irrupción. Son plagas de otros cultivos que pueden afectar al café. La chinche de la chamusquina del café, *Monalonion velezangeli* Carvalho & Costa, 1988, (Hemiptera: Miridae) es una plaga que se alimenta naturalmente en cultivos de cacao, guayaba y aguacate, la cual comienza a atacar los árboles 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 crespesa 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 araña 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 parasitoide 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).



La plaga del minador de las hojas del cafeto *Leucoptera coffeella* (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.

Figura 3.

Parasitoides alimentándose de larvas de minador de la hoja del café.

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.

Otra plaga del café que ha mostrado tener un número significativo de depredadores es el ácaro **arañita 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.



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 arañita roja del café.

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).

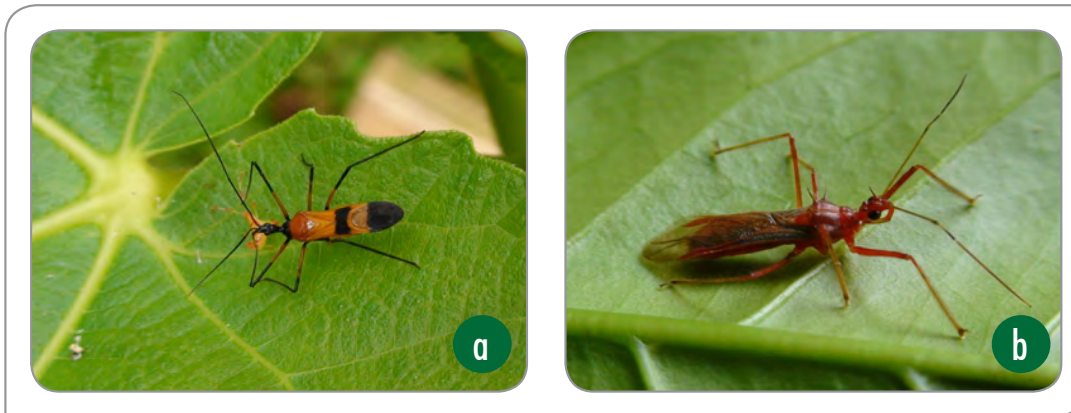


Figura 6.

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),

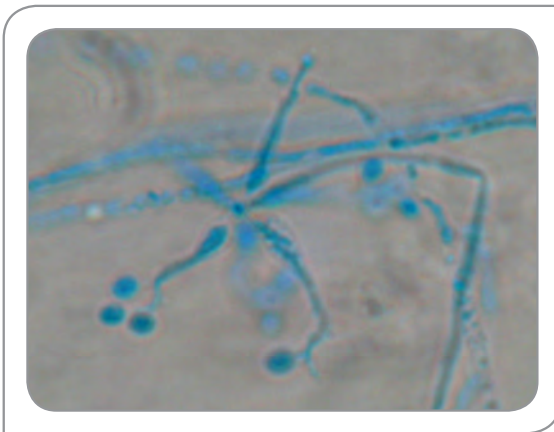


Figura 8.

Conidias de *Beauveria* en el microscopio.

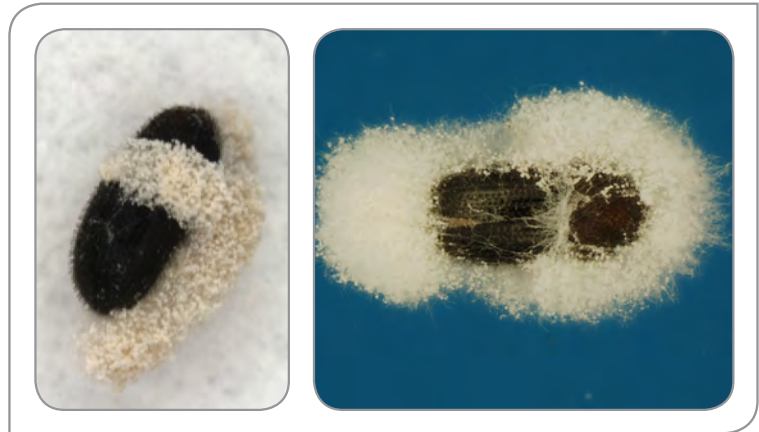


Figura 9.

Beauveria atacando y esporulando sobre la broca del café.

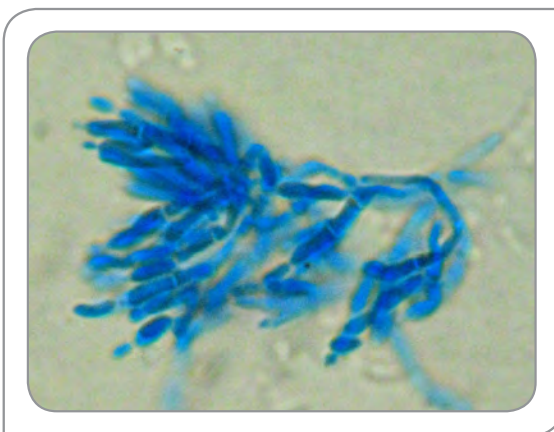


Figura 10.

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.

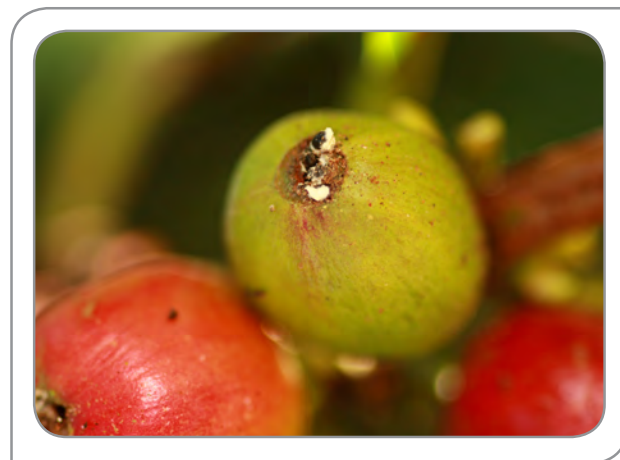


Figura 15.

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

Fuente: FAO, 1972

Tabla 2.

Valores de cobertura para diferentes tipos de plaguicidas y mecanismos de acción.

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

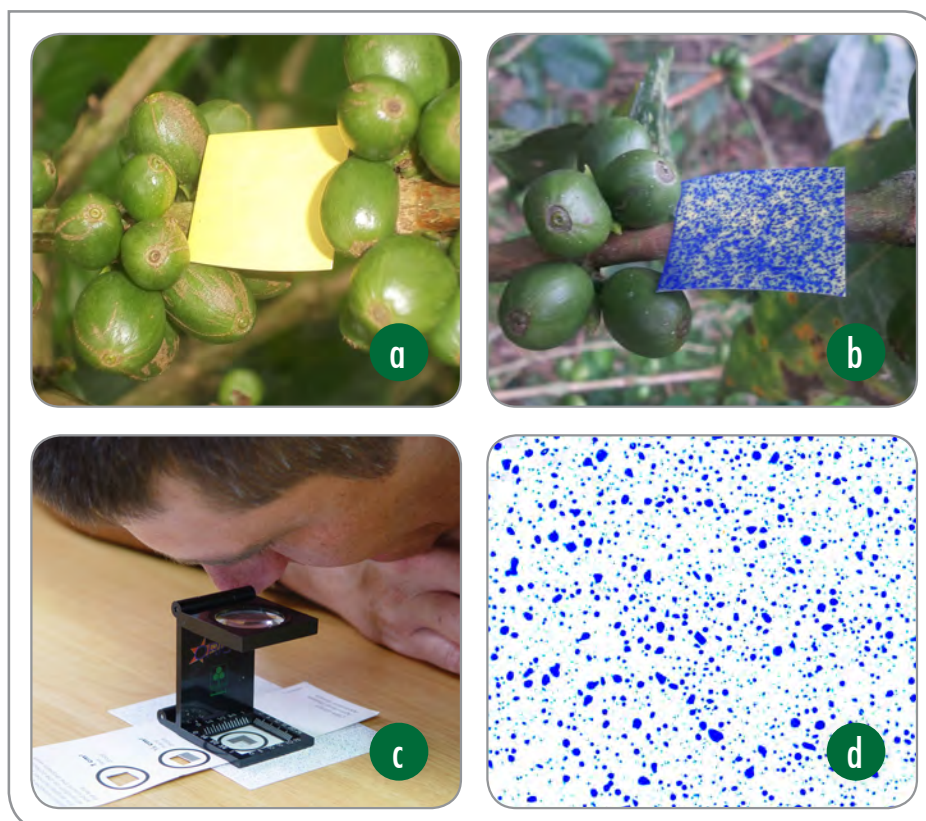


Figura 17.

Uso de tarjetas para evaluar la calidad física de una aplicación. a. Ubicación de tarjetas en la rama; b. Tarjeta después de la aplicación; c. Evaluación cubrimiento y tamaño de gota; d. 360 gotas/cm², tamaño gota de 227 µm.

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.

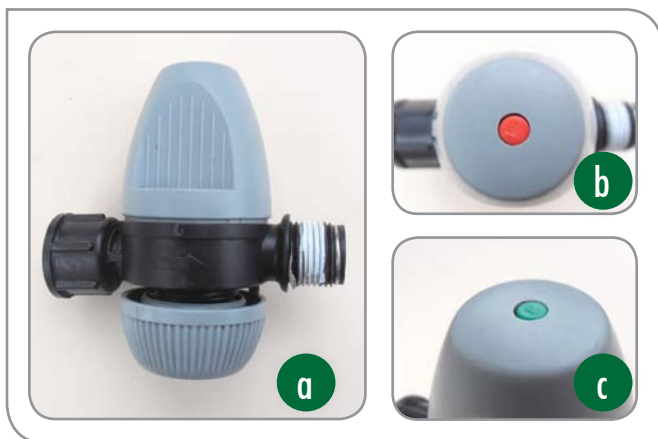


Figura 20.

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.

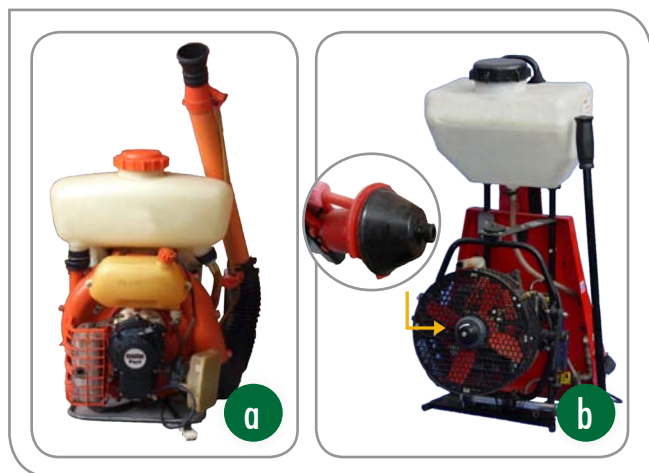


Figura 21.

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 aguilones 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.

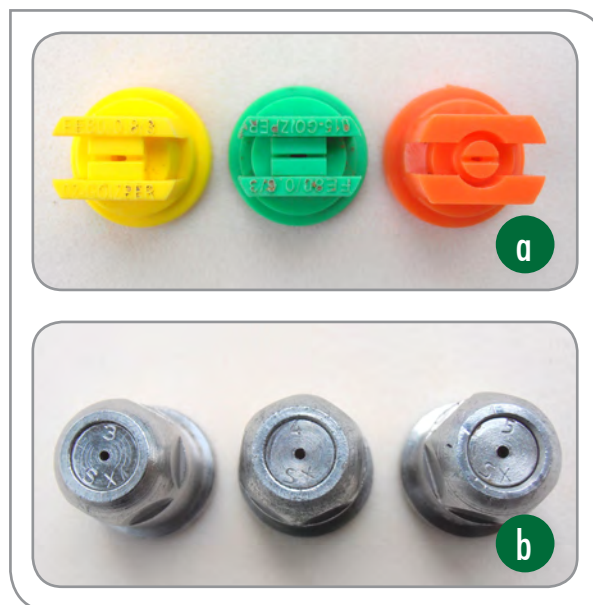


Figura 26.

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,

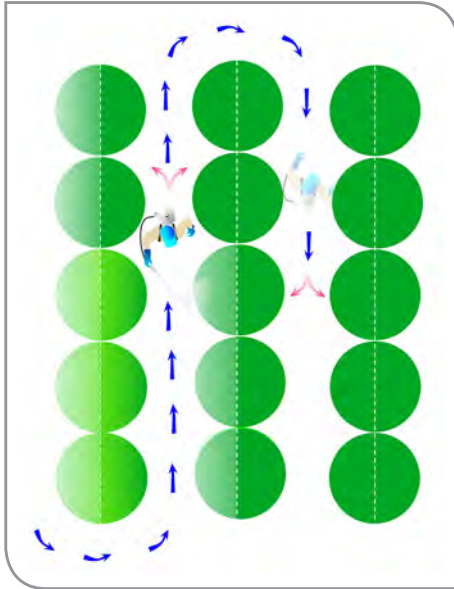


Figura 28.

Sistema de aplicación para equipos de presión previa retenida y de palanca.

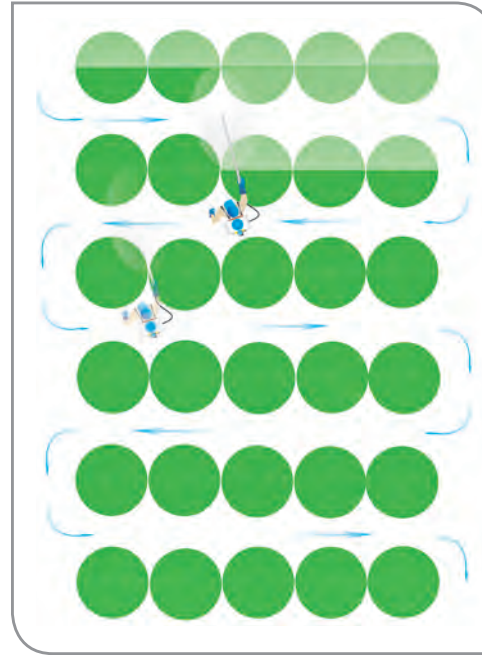


Figura 29.

Sistema de aplicación para equipos motorizados de espalda.

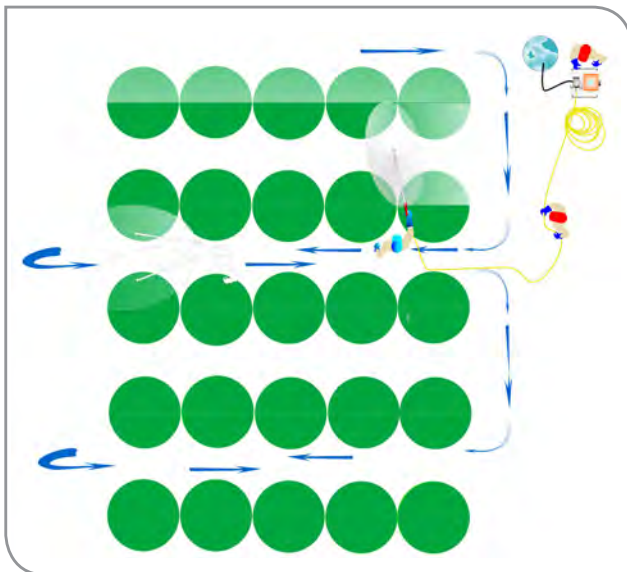


Figura 30.

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.

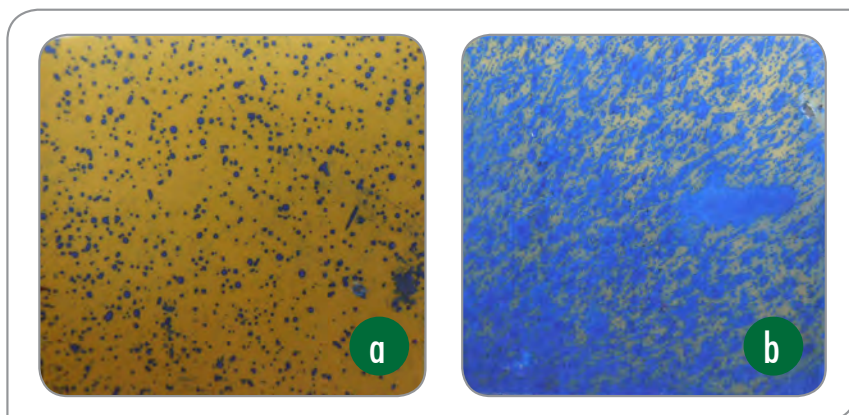


Figura 34.

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).

Limpeza 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 aguillón, 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.