

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. LA BROCA DEL FRUTO DEL CAFÉ (*Hypothenemus hampei* Ferrari)

La plaga principal del café es la broca (*Hypothenemus hampei* Ferrari), es considerada como originaria de las zonas orientales y centrales del África. Se encuentra entre las plagas de mayor importancia y constituye una seria amenaza para la caficultura (Franqui y Medina, 2003).

Este pequeño insecto perteneciente a la familia Scolytidae fue descubierto y descrito en 1867 en Francia por Ferrari en un cargamento de café oro. En 1901 es citado en Gabón (África) como plaga en el campo (Sponagel, 1994).

2.1.1 Origen y distribución de la broca del café

Según Borbón (1991), el ataque de este insecto se detectó por primera vez en granos de café de exportación de África hacia Europa en 1867. En América se ha reportado en todos los países: Brasil en 1913, Perú en 1962, Guatemala en 1961, Honduras en 1977, México y Jamaica en 1978, El Salvador 1981, Nicaragua y Colombia en 1988, República Dominicana en 1995 y en Venezuela en 1997.

En el Ecuador, la broca fue detectada en la provincia de Zamora Chinchipe en 1981 y en 1982 se dispersó a todas las zonas cafetaleras de esta provincia, posteriormente se localiza en la provincia de Loja en 1983, para en corto tiempo distribuirse a las regiones cafetaleras del país. Esto se verificó por 360 encuestas que se realizaron en la provincia de Manabí en el año de 1990 en las que el 73 a 100% de las finca presentaban la broca del café (Pülschen, 1994).

Hoy en día, la broca del café se encuentra en casi todo el territorio nacional donde se desarrolla la caficultura causando daños desde 10 % hasta el 100 % de infestación (Rogg, 2000).

2.1.2. Taxonomía

Sponagel (1994), cita la siguiente taxonomía de la broca del café:

Clase: Insecta

Subclase: Pterygota

Orden: Coleóptera

Suborden: Poliphaga

Superfamilia: Rhynchophora

Familia: Scolitidae

Subfamilia: Ipinae

Género: Hypothenemus

Especie: *Hypothenemus hampei* (Ferrari)

2.1.3. Ciclo de vida

Según Guharay (2001), la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari), es un insecto que presenta un ciclo de vida holometábolo (Fig.1)

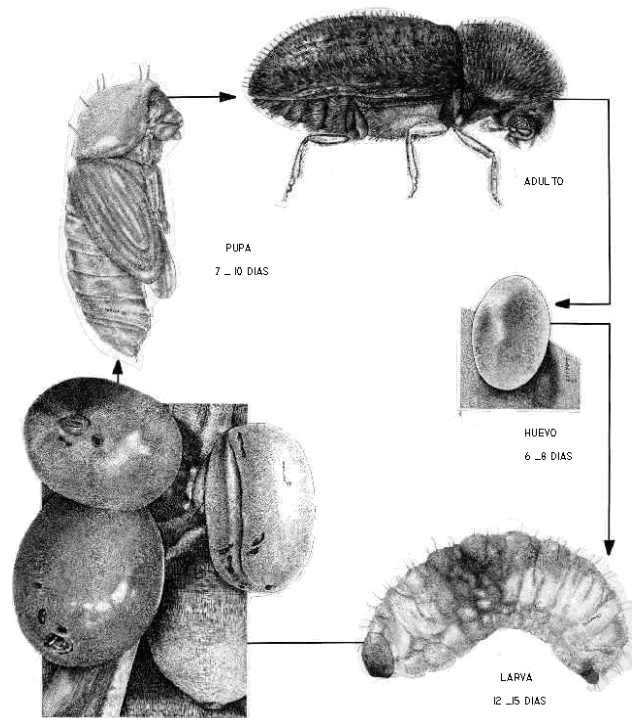


Fig. 1. Ciclo de vida de la broca del café en hábitats a 25 ° C.

Según la Enciclopedia Agropecuaria Terranova (2001), la broca del café presenta los siguientes estadios de desarrollo:

2.1.3.1. Huevo: es de forma ligeramente elíptica, blanquecino recién ovipositado y a medida que avanza la embriogénesis se torna hialino y túrgido, luego de color amarillo y de aspecto rugoso. Mide aproximadamente 0,83 mm o más de largo por 0,45 mm de ancho. El periodo de incubación es de 7 días.

2.1.3.2. Larva: tiene el aspecto y color de un grano de arroz blanco. Es más o menos recta, ligeramente deprimida en su parte ventral y conforme crece esta depresión se acentúa y se va encorvando de grado en grado hasta tomar la forma de C. Tiene consistencia suave y la cabeza es bien notoria. En el tórax se distinguen con facilidad sus tres segmentos y el cuerpo está cubierto por setas largas. Miden de 1,17 a 1,75 mm de largo por 0,37 a 0,58 mm de ancho. Las larvas hembras

sufren dos mudas en tanto que los machos solamente una. El periodo larval es de 12 días.

2.1.3.3. Prepupa: es muy parecida a la larva de último instar con la cual se diferencia por su escasa movilidad y la aparición de los tres segmentos bien definidos, esto es cabeza, tórax y abdomen. El periodo prepupal dura de 2 a 3 días.

2.1.3.4. Pupa: es de color blanco lechoso se torna amarillenta y oscura a medida que avanza su desarrollo. Son bien notorios la cabeza, ojos, antenas, aparato bucal, alas y patas. La ninfosis dura de 6 a 8 días.

2.1.3.5. Adulto: es un gorgojo del tamaño de la cabeza de un alfiler que mide de 1,5 a 1,7 mm de largo, de color negro, alas anteriores o élitros con estrías cubiertas de pelos o setas muy finos y cortos que crecen hacia atrás. Los machos son más pequeños que las hembras, de color más claro y con alas membranosas rudimentarias (no vuelan), en tanto que en las hembras el par de alas metatorácicas son tan desarrolladas que le permiten volar ciertas distancias. Tanto el macho como la hembra tienen la cabeza globular, bastante escondida dentro del protórax que es semiesférico. Las antenas son pequeñas, con cinco segmentos del tipo geniculado con setas en el extremo macizo. La longevidad de los machos es de 75 días y la de las hembras de 105 a 156 días, de los cuales 136 son activos para la reproducción.

2.2. Hábitos y ecología

La plaga encuentra condiciones óptimas de desarrollo, en altitudes bajas del trópico y sub trópico hasta 1000 msnm. La broca tiene una dispersión agregada o de contagio, dentro del cafetal no se encuentra infestando uniformemente toda la plantación sino en focos, aun dentro de cada planta se observan algunas ramas más infestadas que otras, siendo las del último tercio las más infestadas (Sponagel, 1994).

Las hembras son capaces de realizar vuelos sostenidos y las preferencias de vuelo son las horas a medio día (entre las 12 y 16 horas), cuando el día alcanza las temperaturas más altas (Brocarta, 1993). La mayor distancia de vuelo alcanzada por la broca es de aproximadamente 350 m. (MAG, 1986).

Los frutos adecuados para la reproducción del insecto deben tener al menos 20% de peso seco del grano, estado de desarrollo conocido como “semi-consistencia”. Durante el periodo de maduración del fruto, lo cual ocurre en la época lluviosa se pueden presentar 2 ó 3 generaciones en un mismo fruto o nido y las hembras de la progenie emergen del fruto conforme van siendo fecundadas. Sin embargo, después de la cosecha y conforme entra el periodo seco del año, las brocas dejan de emerger y entran en diapausa reproductiva (Barrera, 2006).

2.2.1. Diapausa Reproductiva

Es un estado fisiológico de las brocas adultas, durante el cual dejan de buscar al hospedero y sin perder el movimiento o actividad se congregan formando grupos numerosos dentro de los frutos infestados negros y secos. Se considera que la diapausa reproductiva le permite a la broca sobrevivir con mayor éxito el periodo ínter cosecha. Este periodo puede ser catalogado como el más inhóspito para la población de la broca, pues en éste se presentan las condiciones más adversas para su sobrevivencia: extrema sequedad y escasez de alimento. Las brocas diapáusicas al congregarse en los frutos negros evitarán la pérdida de humedad y al reducir su actividad, conservarán la energía suficiente para el vuelo de búsqueda del hospedero en la nueva cosecha (Barrera, 2006).

2.2.2. Emergencia Masiva

Barrera (2006), manifiesta que la emergencia masiva es un fenómeno conocido como “broca en tránsito”, para referirse al traslado de la población sobreviviente desde los frutos viejos de la cosecha anterior a los frutos nuevos de la cosecha

siguiente. La emergencia masiva también es un periodo crítico en la historia de vida de la broca, pues la población de hembras colonizadoras al salir del grano se expone a la acción de los factores de mortalidad artificiales y naturales. El trampeo de la broca con fines de control tiene su mayor impacto durante la emergencia masiva.

Ruales (1996), manifiesta que se han determinado aspectos importantes del comportamiento de la broca que se debe tener en cuenta:

- Es más abundante junto a los caminos
- Coloniza las ramas bajas y frutos cercanos al tronco
- Al renovar el cafetal se disemina a los cafetales vecinos
- Sobrevive de tres a cuatro meses en los frutos secos
- Las cosechas tardías incrementan la población.

2.3. Descripción de los daños y su importancia

Franqui y Medina (2003), refiriéndose al ataque de este insecto, manifiestan que una vez que la hembra ha sido fertilizada, esta vuela a los granos de café que han comenzado a madurar y barrena un hueco de entrada en el ápice, ya sea en el terminal del poro o en el cáliz o en anulo del tejido diferenciado que rodea el poro (Fig. 2). La oviposición se realiza generalmente en granos maduros, también ataca el grano seco en (pergamino) en los almacenes. Una vez que la larva nace comienza a alimentarse para lo cual hace túneles en varias direcciones, destruyendo el grano. Los machos pasan toda su vida dentro de una galería, mientras que las hembras vuelan y ovipositan en varios granos. El ataque a las plantaciones varía de acuerdo a ciertos factores tales como: temperatura, humedad, tipo de cultivo, grado de infestación inicial, etc. En el caso de ataques severos, las pérdidas en rendimiento pueden fluctuar entre el 30 al 80% de la cosecha. Además de la pérdida total de la cosecha a causa de la destrucción del

grano, caída del fruto y pudrición, otro daño muy importante se produce cuando el producto deprecia, por causa de granos deteriorados.

Además, Duicela y Corral (2004) señalan que las pérdidas que ocasionan las brocas son en dos aspectos principalmente: en peso y calidad, ya que por cada 1% de infestación se estima que hay una reducción en el peso de la cosecha del 0.275% es decir que un 10% de infestación reducirá un 2.75% de la producción en café oro. Sin embargo, el daño más importante constituye la afectación directa sobre la calidad física y organoléptica del café; pues los orificios en el fruto causados por la broca crean condiciones favorables para el ataque de hongos.

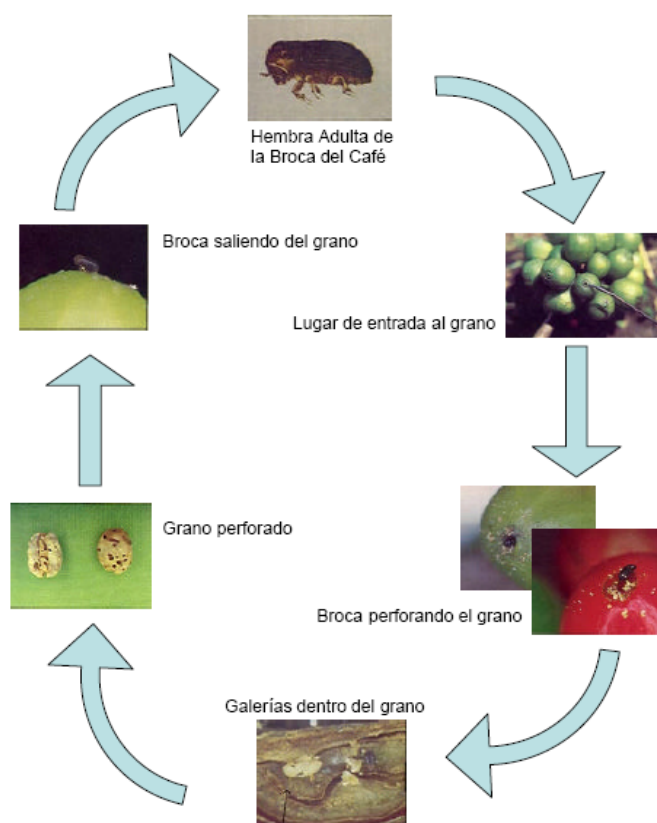


Fig. 2 Ciclo de infestación del grano de café por la broca (Franqui y Medina 2003)

2.4. Medidas de control de la broca del café

El control debe enmarcarse dentro de una estrategia general de manejo integrado de plagas: sobre la base de un manejo agronómico del cultivo, deben integrarse las medidas del control manual, etológico, biológico y químico que estén disponibles en una realidad determinada (Schuller, 2004).

2.4.1. Manejo integrado de la broca (MIB)

Es una estrategia o plan de acción para reducir el daño y las pérdidas económicas que ocasiona (*Hypothenemus hampei* Ferrari). Consiste en integrar de manera armoniosa los diversos métodos culturales, etológicos y biológicos en cada uno de los estados de desarrollo de los frutos con el objetivo de reducir las poblaciones de la plaga a niveles que no causen daño económico y que permitan producir café de buena calidad en forma sostenible y competitiva sin deteriorar el ambiente (Jarquin et al, 2004).

2.4.1.1. Control Cultural

Según Hernández et al (2007), las prácticas culturales tienen como propósito, eliminar las fuentes alimenticias de la broca y modificar el microclima del cafetal, para que sea desfavorable a su desarrollo mediante la aplicación oportuna de las tecnologías apropiadas de manejo del cultivo, entre las que se recomiendan las siguientes:

- La cosecha debe realizarse muy bien.
- Recolección de los frutos caídos al suelo y de los que permanecen en la planta después de la cosecha (repasso).
- Descomponer la pulpa del fruto antes de utilizarla como abono.
- Eliminación de los cafetales abandonados.
- Regulación del sombrero y control de las malezas.
- Distanciamiento de acuerdo con las recomendaciones técnica.
- Poda de limpieza y renovación de plantaciones viejas.

2.4.1.2. Control Biológico

El control biológico con hongos entomopatógenos y parasitoides ha tenido un uso muy amplio en los últimos años para el control de la broca en cafetales de América (Barrera et al, 2006).

Según Borbón (1991) dentro de las especies que se utilizan en el control biológico de la broca hasta el momento se encuentran:

Parasitoides

- *Heterospilus coffeicola*
- *Cephalonomia stephanoderis*
- *Prorops nasuta*
- *Phymasthichus coffea*

Hongos entomopatógenos

- *Beauveria bassiana*

González et al (2004), recomiendan que la aplicación de *Beauveria bassiana* se debe hacer en focos de infestación de la broca localizados en el muestreo, sobre todo entrando la época de lluvias y siempre y cuando se rebase el umbral económico de daño (2 % de frutos brocados durante el periodo de fructificación y 5 % de frutos brocados durante la cosecha). Este umbral es un nivel de infestación de broca que indica si el control debe o no hacerse. El uso de parasitoides se puede integrar más fácilmente como parte del MIB durante y después de la cosecha, pues es cuando hay más frutos infestados disponibles.

Este sistema de control de plagas es el más antiguo que existe pues se da naturalmente. Todo insecto plaga, tiene sus enemigos naturales que lo depredan, parasitan e infectan en cualquiera de sus estadios de desarrollo: de huevo, larva, ninfa, pupa y adulto (Ayala y Jumbo, 1997).

2.4.1.3. Control Etológico

Es el uso de trampas con atrayentes, pueden ser sexuales o alimenticios para atraer a las poblaciones migratorias de insectos, reduciendo sustancialmente las poblaciones colonizadoras (Rodríguez, 2007).

El trampeo es una técnica que aprovecha el comportamiento de migración de la broca para capturarla y evitar la colonización de los nuevos frutos que conforman la futura cosecha. El periodo de post-cosecha es el momento adecuado para el trampeo porque corresponde a una fase biológica de la plaga durante la cual está en dificultad para encontrar su hospedero. Los grandes vuelos de migración son la oportunidad para capturar el mayor número de brocas. Los vuelos aparecen en las primeras lluvias y se presentan en forma de picos con una intensidad que disminuye a medida que bajan las poblaciones residuales (González y Dufour, 2000).

El efecto del trampeo ha demostrado que se reduce la infestación de broca y la eficacia es del 80% aproximadamente. Es compatible con el control biológico ya que no atrae ni captura los parasitoides. También es un excelente complemento del control manual por que permite capturar la broca que no se ha eliminado anteriormente. De manera más específica, el trampeo evita la presencia de residuos químicos en el grano y no afecta el ambiente (Hernández et al, 2007).

Uno de los aspectos importantes a tomar en cuenta en la eficiencia de un sistema de trampeo, es la colocación de las trampas en las plantas hospederas cuya fenología presente el estado en que es atacado de manera preferencial por la plaga. De manera especial para el caso de la broca es necesario conocer el comportamiento del insecto para colocar las trampas, si el objetivo es monitoreo se recomienda a 1.0 m de altura, en tanto para el trampeo masivo (inter-cosecha) es mejor ubicar arriba de 1.0 m y hasta 2.5 m (Barrera et al, 2005).

Barrera et al (2006), aseguran que el uso de trampas y atrayentes, como otro componente del MIB, ha tenido un desarrollo importante en los últimos años, ya

que proporciona en forma sencilla, rápida, información que es útil como indicador del riesgo de ataque de la plaga y que es una herramienta muy valiosa en las toma de decisiones del manejo.

Dufour (2004), señala que la eficiencia del trapeo masivo se incrementa en la medida que este se utilice como parte del MIB, especialmente cuando se asocia a la cosecha sanitaria.

2.5 Atrayentes y trampas para la broca del café

2.5.1 Atrayentes

El atrayente es un integrante fundamental en un sistema de trapeo. Existen diferentes grupos de atrayentes, dependiendo del origen y naturaleza del compuesto activo. Los diferentes tipos de compuestos feromonales que existen en la naturaleza y actualmente están en uso en los sistemas de trapeo. El otro grupo de atrayentes corresponde a los denominados atrayentes alimenticios, los cuales están basados en las necesidades específicas que los insectos tienen en diferentes etapas de su vida (Barrera et al, 2006). En la naturaleza los productos atrayentes sirven para insectos que se orientan quimiotácticamente encontrando su alimento (Rogg, 2000).

En los últimos años se ha dado mucha importancia al estudio de atrayentes para el control de la broca, por ejemplo Mendoza (1991) en Brasil y Gutiérrez-Martínez et al. (1993) en México fueron de los primeros en realizar estudios sobre la capacidad de atracción del etanol y metanol hacia la broca del café. Ambos estudios señalaron un efecto sinérgico entre estos alcoholes, pues la atracción fue mayor al mezclarlos. Los trabajos realizados por Mendoza (1991) indicaron que la proporción metanol: etanol 3:1 fue la más atractiva. Investigaciones posteriores confirmaron el poder de atracción de ambos compuestos en la proporción antes mencionada (Borbón et al 2000, Cárdenas 2000, Villacorta et al 2001), aunque otros estudios encontraron mejor la proporción 1:1 (Cárdenas, González, 2000).

También se han reportado efectos importantes de sinergismo entre la mezcla de metanol-etanol y la adición de café puro tostado y molido, ya que estas sustancias aumentan significativamente las capturas al agregarse a la mezcla de alcoholes (Cárdenas, 2000).

Barrera et al (2006), aseguran que en la actualidad, la mezcla de metanol (alcohol metílico) + etanol (alcohol etílico) es el atrayente más efectivo para la captura de (*H. hampei* Ferrari) bajo condiciones de campo ya que permiten registrar y conocer el comportamiento de la fluctuación de las capturas de hembras voladoras.

2.5.2. Trampas Artesanales

Una trampa es una estructura física que posee características que le permiten atraer y capturar algún organismo en particular. En el caso de insectos existen formas muy variadas en el diseño de las trampas, el cual depende del tipo de insecto que se desea capturar así como de los objetivos (detección, monitoreo, control) para los que se establece el sistema de trampeo (Barrera et al, 2006).

Barrera et al (2006), aseguran que una diversidad de diseños de trampas para (*H. hampei* Ferrari) ha sido desarrollada desde que Mendoza (1991) evaluó las trampas “ESALQ-84” de Berti Filho y Flechtmann (1986) y el modelo de embudos múltiples de Lindgren (1983). De acuerdo con este estudio, la trampa de embudos múltiples fue mejor en la captura de broca.

A la misma conclusión llegó Cárdenas (2000), en Colombia con una trampa de cinco embudos y el atrayente acoplado en el embudo central. Siguiendo como base la trampa de Lindgren, Borbón et. al. (2000) desarrollaron en Costa Rica la trampa de vasos múltiples (tres vasos de color blanco), que en su forma artesanal fue llamada “trampa fiesta” porque los embudos y el techo fueron sustituidos por vasos y un plato de plástico para fiestas respectivamente.

Del diseño tipo ESALQ-84, se derivaron modelos semejantes; en México fue base para que Gutiérrez-Martínez et al (1993) desarrollaran la trampa “Hampei” y Velasco et al (1997, 1999) la trampa “Ecobroca”. En Colombia se desarrolló la trampa “CENICAFÉ” (Herrera, 1997). En tanto salvadoreños (PROCAFÉ) y franceses (CIRAD), desarrollaron la trampa comercial “Brocap” con aspas de color rojo (Dufour et al 1999; González y Dufour, 2000). Sin embargo, en los últimos años destacan diferentes diseños de trampas artesanales hechas a partir de diversos tipos de recipientes de plástico, particularmente botellas de gaseosa, cuyo objetivo ha sido abaratar los costos para favorecer el trampeo de la broca. Incluso en El Salvador, donde se desarrolló la trampa comercial Brocap, se están promoviendo las trampas artesanales (Barrera et al, 2006).

Villacorta (1991), definió que uno de los conceptos más interesantes de la trampa artesanal, es conjugar bajo costo (materiales reciclables); fácil elaboración y manejo (accesible a productores) con efectividad de captura.

Fernández y Cordero (2005), recomiendan que para lograr mayor efectividad en las trampas artesanales se debe colocar una solución de agua jabonosa, con el fin de romper la tensión artificial del agua para mantener las brocas capturadas en las trampas. Además, se deben estar revisando frecuentemente para ver si se están liberando adecuadamente los alcoholes, lo cual se logra con pequeños frascos de 50-80 cc tapados con un material que permita que los alcoholes se evaporen gradualmente. Una liberación normal de un dispensador puede permitir que cada trampa dure en campos un mes liberando los alcoholes, luego deben ser reemplazados.

El número de trampas artesanales una hectárea de café con ataque de broca varía entre 20 y 50 dependiendo del nivel de infestación (Fernández, 2005).

PROCAFE (2004 -2006) Entre las ventajas de los sistemas de trapeo señala:

- Fuerte potencial de captura (en parcelas muy infestadas y en períodos de alta migración).
- Eficaz para el control de la broca (hasta 80% de disminución de las infestaciones sobre las nuevas fructificaciones, cuando el trapeo está bien manejado).
- Fácil de usar.
- Ayuda a preservar la calidad del café (ningún residuo).
- Sin peligro para el humano y el ambiente, no afecta la biodiversidad.
- Larga durabilidad.
- También es recomendado para el café orgánico y otros tipos de café amigables con el medio ambiente.

2.6. Metodología de muestreo

Trujillo et al (2006), señalan que el daño causado por la broca del café exige medidas de control eficientes en forma oportuna y cuando el insecto amenace con causar pérdidas económicas, un requisito importante en un programa de manejo integrado de plagas, es poder cuantificar el tamaño de una población en el campo en un momento dado. Para acertar oportuna y eficientemente con una medida de control de una plaga, es necesario tomar decisiones basadas en la medición del tamaño poblacional de la plaga. Para el caso de la broca del café, se utiliza un método de estimación de poblaciones relativa; donde la población se cuantifica a partir del conteo de frutos de café. Una forma práctica de medir las poblaciones de broca es a través del “Método de Muestreo de las 30 Ramas” propuesto por (CENICAFE y Bustillo et al 1998).

El muestreo se recomienda aplicarlo entre los 60 y 90 días después de la floración principal, por la razón de encontrarse la broca adulta en ese período en el canal de penetración del fruto, siendo más vulnerable a la acción del control (Campos 2007).

2.6.1. Método de Muestreo de las 30 ramas (CENICAFE y Bustillo et al ,1998)

2.6.1.1 Muestro de campo

En general se ha establecido que para una hectárea de 5.000 árboles (N = universo de muestreo), se seleccionan al azar 30 sitios (n = tamaño de la muestra), en forma de zig-zag. Se selecciona un árbol y en este una rama productiva (unidad de muestreo) que tenga entre 30 y 100 frutos ubicados en el tercio medio o inferior (Fig.3); se cuantifica el número de frutos verdes hechos y el número de frutos verdes hechos infestados por la broca, para finalmente calcular el porcentaje de infestación. El nivel de infestación por broca para el Muestreo de las 30 Ramas se estima como el porcentaje de frutos infestados con relación al número total de frutos evaluados.

$$\text{Porcentaje de Infestación (\%)} = \frac{\text{Numero de frutos brocados}}{\text{Número de Frutos Totales}} \times 100$$

Para establecer la intensidad de la infestación del grano se requiere hacer periódicamente evaluaciones sobre la cantidad presente de broca por unidad de área, lo cual permite tomar decisiones de control cuando el insecto alcance el índice de umbral económico.

Trujillo et al (2006), manifiestan que este tipo de muestreo constituye una medida aproximada de la infestación, que le permite a caficultores y técnicos estimar poblaciones de broca, identificar los sitios de mayor concentración de la broca, conocidos como "focos", conocer el grado de penetración de la broca en los frutos y evaluar en un momento dado las medidas de control utilizadas.

El porcentaje de frutos brocados y el grado de valoración se calcula en base a la siguiente fórmula (González et al, 2004).

$$\% \text{ Frutos Brocados} = \frac{\text{Frutos Brocados}}{\text{Frutos Sanos}} \times 100$$

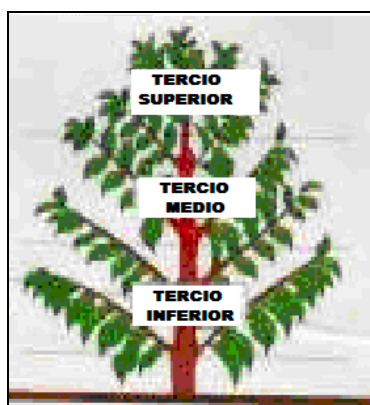


Fig. 3 Ramas de Muestreo

Se considera el siguiente umbral económico para el ataque de la broca del café.

Cuadro 2. (González et al, 2004).

Cuadro 1. Grado de Valoración

Grado de Valoración (% frutos brocados)
0° = 0,0 – 0,1
1° = 0,2 – 2,0
2° = 2,1 – 5,0
3° = 5,1 – 10,0
4° = >10

Cuadro 2. Criterios de Intervención

Criterios de Intervención	
Umbral económico de daño	Época
Grado 2 (2% de frutos brocados)	Durante el periodo de fructificación
Grado 3 (5 % de frutos brocados)	Durante la cosecha (Garantiza 2 % en pergamino)

2.6.2. Muestreo en el beneficiado

El muestreo en el beneficiado se realiza utilizando el método recomendado por CENICAFE, el cual consta de tomar 4 muestras de 1.1 libras de café del tanque de lavado para un total de 2.2 libras, por cada 100 libras de café beneficiado. Las muestras se deberán tomar en el patrón de zig-zag antes mencionado. Se procederá a evaluar el porcentaje de café brocado (Franqui y Medina, 2003)

