

Thesis  
P3161  
c.2

**ATIE** Centro Agronómico Tropical  
de Investigación y Enseñanza

02 MAR 2003  
F. E.  
D. O.

Incidencia de la broca (*Hypothenemus hampei* Ferr. 1867) y sus controladores naturales en plantas de café bajo diferentes tipos de sombra en San Marcos, Nicaragua.

**DOMINGO A. FÉLIZ MATOS**

---

RECIBO  
07 MAR 2003  
CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA  
CATIE

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA.  
PROGRAMA DE ENSEÑANZA. ESCUELA DE POST-GRADO**

**CATIE**

**// Incidencia de la broca (*Hypothenemus hampei* Ferr. 1867) y sus controladores naturales en plantas de café bajo diferentes tipos de sombra en San Marcos, Nicaragua.**

**Domingo A. Félix Matos**

Disertación académica para el grado de Magister Scientiae

Tesis públicamente defendida en CATIE. Sometida a la consideración de la Escuela de Post-grado, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Área de Agroforestería, 7170, CATIE. Turrialba, Costa Rica.

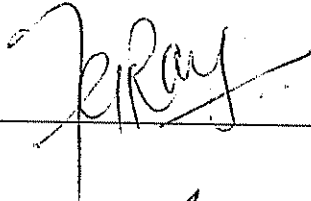
**Turrialba, Costa Rica**

**2003**

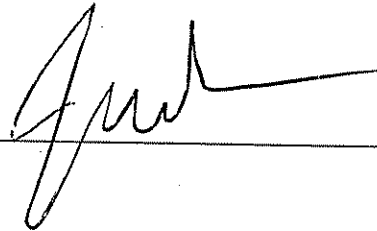
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

**MAGISTER SCIENTIAE**

**FIRMANTES:**



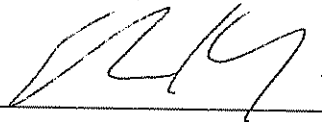
Falguni Guharay, Ph.D.  
**Consejero Principal**



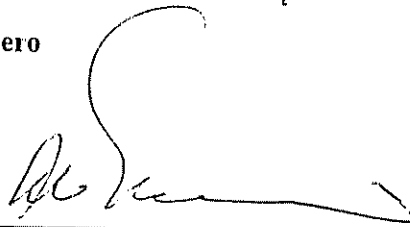
John Beer, Ph.D.  
**Miembro Comité Consejero**



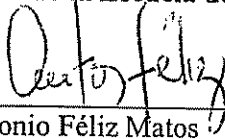
Reinhold Muschler, Ph.D.  
**Miembro Comité Consejero**



Eduardo Hidalgo, M.Sc.  
**Miembro Comité Consejero**



Ali Moslemi, Ph.D.  
**Director Programa de Educación y  
Decano de la Escuela de Posgrado**



Domingo Antonio Félix Matos  
**Candidato**

## DEDICATORIA

A mis Padres Grecia María y Octaviano (Fallecidos)

A mis hijos: Paola Annetty, Piannerys Miguelina, Cristhian Antonio y Kirsy

A mis hermanos: Soledad, María del Carmen, Manuel Octavio y Felipe de Jesús

## AGRADECIMIENTOS

A Dios y a la Virgen de la Altagracia por permitirme concluir exitosamente esta etapa de mi vida.

A tres países: Nicaragua, Costa Rica y República Dominicana.

### **En Nicaragua:**

A mi consejero principal: Ph.D. Falguni Guharay por brindar completo apoyo, consejo y estímulo, a lo largo de este proyecto.

A el Programa Regional CATIE/MIP-AF(NORAD); por la financiación de este proyecto. A todo el personal por su colaboración y apoyo logístico.

Al ministerio de agricultura por su colaboración prestada durante la investigación.

Al señor Guillermo Quiñónez, gerente de la Empresa Inversiones Generales, S.A.; por todo su apoyo prestado a la realización de este proyecto. Al personal de la empresa: Karla, Eddy, Roberto y Henry, por su colaboración y aporte técnico.

A la señora Mercedes Espinosa y Familia. A Laleska, María, Wilder, Norlan, Paula, Ninoska y Juan. Gracias a todos por su atención y apoyo desinteresado.

### **En Costa Rica:**

Al comité asesor por contribuir a enriquecer este proyecto con sus experiencias profesionales: Ph.D. John Beer, Ph.D. Reinhold G. Muschler, M.Sc. Eduardo Hidalgo. Gracias.

A los M.Sc. Osvaldo Jiménez y Pedro Jorge Mustasén; por sus sugerencias pertinentes.

A mis amigos y compañeros de estudios por compartir penas y alegrías y por su diversidad cultural.

### **En República Dominicana:**

Al Lic. José Santos Manzueta, Director Regional Sur de Agricultura por permitirme concluir este proyecto de investigación.

Al Ing. Luis Félix Félix técnico de CODOCAFE por su colaboración y gestiones pertinentes. Gracias.

## Contenido

DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
CONTENIDO .....	v
LISTA DE CUADROS EN EL TEXTO .....	viii
LISTA DE FIGURAS .....	ix
ABSTRACS .....	x
RESUMEM .....	xii
TITULO .....	xiv
<b>I. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS .....</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
2.1 Generalidades sobre la broca del café ( <i>Hypothenemus hampei</i> Ferr.) .....	3
2.1.1 Clasificación taxonómica .....	3
2.1.2 Características morfológicas .....	4
2.1.3 Origen, distribución geográfica y plantas hospederas .....	4
2.1.4 Biología y hábitos de comportamiento .....	6
2.1.5 Tipo de daños y pérdidas ocasionadas .....	7
2.1.6 Medidas de control .....	8
2.1.7 Controladores naturales de la broca .....	9
2.2 Dinámica de infestación en función de la intensidad de sombreado .....	9
2.3 Consideraciones sobre el café .....	12
2.3.1 Recursos genéticos y adaptación ecofisiológica .....	12
2.3.2 Historia del cultivo del café .....	13
2.3.3 El café en Nicaragua .....	14
2.3.4 Bases socioeconómicas de las unidades de producción .....	14
2.4 Comportamiento del sistema agroforestal en café .....	14
<b>III. MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>16</b>
3.1 Descripción del área de estudio .....	16
3.2 Características de la plantación .....	17
3.3 Diseño experimental y tratamientos .....	19

3.4	Análisis de la información .....	20
3.5	Metodología de muestreo .....	20
3.5.1	Factores ambientales .....	21
3.5.2	Cobertura de los árboles de sombra .....	21
3.5.3	Muestreos de frutos en el suelo y en la planta .....	21
3.6	Variables de respuesta evaluadas .....	22
3.7	Fecha de medición .....	22
3.8	Análisis estadístico de resultados .....	23
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>24</b>
4.1	Caracterización de cobertura de árboles de sombra .....	24
4.2	Factores ambientales .....	25
4.2.1	Precipitación .....	25
4.2.2	Temperatura y humedad relativa del aire .....	27
4.2.3	Fluctuación diaria de la temperatura y la humedad relativa del aire .....	27
4.3	Fenología del café bajo diferentes tipos de sombra .....	31
4.4	Epidemiología de broca en frutos caídos bajo las plantas de café .....	33
4.4.1	Infestación de broca en frutos caídos bajo las plantas .....	33
4.4.2	Población de broca por frutos caídos bajo las plantas .....	35
4.4.3	Población de broca/0.5 m <sup>2</sup> en frutos caídos bajo el área de las plantas .....	35
4.5	Epidemiología de broca en frutos sobre las plantas de café .....	38
4.5.1	Infestación de broca en frutos sobre las plantas .....	38
4.5.2	Población de broca aérea por frutos .....	40
4.5.3	Población de broca aérea por plantas .....	40
<b>V.</b>	<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>43</b>
5.1	Introducción y características de los tipos de sombra .....	43
5.2	Relación de la sombra con variables ambientales en el cafetal .....	44
5.3	Relación de la sombra con la fenología del café .....	47
5.4	Epidemiología de broca bajo diferentes ambientes de sombra .....	51

5.4.1 Desarrollo y poblaciones de broca en frutos caídos bajo diferentes tipos de sombra .....	51
5.4.2 Desarrollo y poblaciones de broca en frutos de la parte aérea bajo diferentes tipos de sombra .....	55
5.5 Desarrollo de los controladores naturales bajo diferentes ambientes de sombra .....	63
5.6 Diseño de sombra para la supresión de plagas en los cafetos .....	64
<b>VI. CONCLUSIONES</b> .....	<b>66</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>67</b>
<b>VIII. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>68</b>



## LISTA DE CUADROS EN EL TEXTO

<b>Cuadro 1.</b> Ubicación y distribución de las parcelas en diferentes tipos de sombra. San Marcos. 2002 .....	19
<b>Cuadro 2.</b> Cobertura de dosel (promedio $\pm$ ES) sobre los cafetos bajo diferentes tipos de sombra. San Marcos, Nicaragua. 2002 .....	24
<b>Cuadro 3.</b> Precipitación mensual registrada durante el período de estudio (marzo - septiembre). San Marcos, Nicaragua. 2002 .....	25
<b>Cuadro 4.</b> Temperatura ( $^{\circ}$ C) y humedad relativa (%) del aire (promedio $\pm$ ES) bajo diferentes tipos de sombra. San Marcos, Nicaragua. 2002 .....	29
<b>Cuadro 5.</b> Fluctuaciones (promedio $\pm$ ES) de la temperatura y la humedad relativa del aire bajo diferentes tipos de sombra. San Marcos, Nicaragua. 2002 .....	30
<b>Cuadro 6.</b> Fenología (promedio $\pm$ ES) de las plantas de café bajo diferentes tipos de sombra. San Marcos, Nicaragua. 2002 .....	32
<b>Cuadro 7.</b> Desarrollo (promedio $\pm$ ES) de infestación de broca en frutos caídos bajo las plantas de café. San Marcos, Nicaragua. 2002 .....	34
<b>Cuadro 8.</b> Población (promedio $\pm$ ES) de broca por frutos caídos en el suelo bajo diferentes tipos de sombra. San Marcos, Nicaragua. 2002 .....	36
<b>Cuadro 9.</b> Población (promedio $\pm$ ES) de broca en frutos caídos en el suelo/0.5 m <sup>2</sup> bajo diferentes tipos de sombra. San Marcos, Nicaragua. 2002 .....	37
<b>Cuadro 10.</b> Desarrollo (promedio $\pm$ ES) de infestación de broca en frutos sobre las plantas de café bajo diferentes tipos de sombra. San Marcos, Nicaragua. 2002 .....	39
<b>Cuadro 11.</b> Población (promedio $\pm$ ES) de broca en la parte aérea por frutos bajo diferentes tipos de sombra. San Marcos, Nicaragua. 2002 .....	41
<b>Cuadro 12.</b> Población (promedio $\pm$ ES) de broca en la parte aérea por planta bajo diferentes tipos de sombra. San Marcos, Nicaragua. 2002 .....	42

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación geográfica de la finca de evaluación. San Marcos, Nicaragua. 2002 .....	16
<b>Figura 2.</b> Caracterización esquemática del modelo agroforestal en el agrosistema cafetalero. San Marcos, Nicaragua. 2002.....	18
<b>Figura 3.</b> Esquema hipotético de los frutos de las floraciones anticipadas y los frutos esperados de la floración principal bajo diferentes tipos de sombra. San Marcos, Nicaragua. 2002 .....	26
<b>Figura 4.</b> Temperatura del aire a 60 cm sobre el suelo bajo diferentes tipos de sombra y horas del día. San Marcos, Nicaragua .....	45
<b>Figura 5.</b> Humedad relativa del aire a 60 cm sobre el suelo bajo diferentes tipos de sombra y horas del día. San Marcos, Nicaragua .....	46
<b>Figura 6.</b> Desarrollo fenológico del café bajo diferentes tipos de sombra. San Marcos, Nicaragua .....	50
<b>Figura 7.</b> Desarrollo de infestación de la broca en frutos caídos en el suelo bajo diferentes tipos de sombra. San Marcos, Nicaragua .....	54
<b>Figura 8.</b> Infestación y desarrollo de poblaciones de broca en frutos caídos en el suelo bajo diferentes tipos de sombra. San Marcos, Nicaragua .....	55
<b>Figura 9.</b> Infestación y desarrollo de poblaciones de broca en el suelo/0.5 m <sup>2</sup> bajo diferentes tipos de sombra. San Marcos. Nicaragua .....	56
<b>Figura 10.</b> Desarrollo de infestación de la broca en las plantas bajo diferentes tipos de sombra. San Marcos, Nicaragua .....	60
<b>Figura 11.</b> Infestación y desarrollo de población de broca por frutos aéreos bajo diferentes tipos de sombra. San Marcos, Nicaragua .....	61
<b>Figura 12.</b> Infestación y desarrollo de población de broca en frutos aéreos por plantas bajo diferentes tipos de sombra. San Marcos, Nicaragua .....	62
<b>Figura 13.</b> Esquema hipotético de poda anual para <i>Gliricidia sepium</i> . San Marcos, Nicaragua. 2002 .....	65
<b>Figura 14.</b> Esquema hipotético de poda anual para <i>Inga</i> spp. San Marcos, Nicaragua. 2002 .....	65

<b>Organization</b> CATIE Graduate School Area of Agroforestry Systems 7170 CATIE, Turrialba, Costa Rica.	<b>Document name</b> MAGISTER SCIENTIAE PROPOSAL
	<b>Date of issue</b> February 10, 2 p.m., 2003
	<b>CODEN:</b> SAFS-MIP-CATIE
<b>Authors</b> Domingo A. Félix Matos	<b>Sponsoring organization</b> CATIE/MIP-FA(NORAD). MANAGUA, NICARAGUA.
<b>Title</b> <p style="text-align: center;"><b>Incidence of the borer (<i>Hypothenemus hampei</i> Ferr. 1867) and their natural controllers in coffee plants under different shade types in San Marcos, Nicaragua.</b></p>	
<b>Abstract</b> <p>In the Central American earth, the first plantations of coffee were sown at full sun, following the pattern of Antillean coffee production although in many properties the coffee was mixed (mingled) with fruit-bearing and other nutritious cultivations. In the following years coffee planters began the practice of planting shade trees (<i>Inga</i> or <i>Erythrina</i>) in a clearly organized form inside their coffee plantations. The generalized use of shade in the coffee plantations was owed partly to the necessity of protecting the coffee from excessive heat and insolation, and for diminishing the spends of the manpower used for clearing the weeds that grew in abundant form in the full sun. The main argument against the use of the shade was less production. This effect was accentuated if the shade was dense, for that reason trees of quick growth were planted with the purpose of reacting to the pruning, allowing to vary the entrance of light during the year. At the end of the XIX century, the advantages and disadvantages of each system were debated arduously in the agricultural media such as in the coffee planter associations (Samper 1999). The debate still continues in the XXI century.</p> <p>During the XX century some plagues such as blight and the coffee borer arrived in Central America. The fight to control these plagues revived the debate on the shade use for the cultivation of coffee. In the African continent, it had been determined that the incidence of the borer was greater in the shady plantations and the activities of the parasitoids were insignificant under the shade excess (Le Pelley 1969). However, the studies in Central America or Mexico presented varied results. In some cases, it was observed that the incidence of the borer was greater in plantations under dense shade in comparison with plantations under the full sun (Baker 1984). In other cases any difference in the damage of the borer was not detected in plantations under full sun or regulated shade of <i>Inga</i> (Monterrey 1992). There was just a study about the effect of zero shade, regulated shade and the dense shade on the incidence of the borer, and it showed a greater development of the borer in regulated shade (Muñoz 1987). However, in this occasion it was not possible to measure the climatological variables inside the studied coffee plantations in order to explain these observations.</p> <p>Guharay <i>et al</i> (2001) outlined that for a certain agriculture-ecological condition, an under shade range exists at which the coffee grows and produces better, the total sum of the impact of the plagues is minimum and the total sum of the activities of natural control is maximum. To estimate this shade range, it is necessary to know the effects of the shade on the incidence and populations of the plagues and their natural enemies. To contribute to this work, the development of the coffee plants, the incidence and development of the populations of the borer of the coffee and their natural enemies were studied under three different shade types in the pacific coffee area of Nicaragua. The coffee plants under the dense shade of <i>Eugenia jambos</i> (60-70% canopy cover), under the half shade of <i>Gliricidia sepium</i> (40-50% of canopy cover) and under the full sun (0% canopy cover) were subjected to exhaustive tests during seven months of the productive cycle. This was to measure the phenology development, the development of the populations of the borer in the fruits on the plants and on the floor and the impact of the entomopathogenic fungi <i>Beauveria bassiana</i> on the borer.</p>	

It was found that the fruits in the coffee plants under the dense shade of *E. jambos* trees present a high incidence and greater population of the borer. The incidences and the populations are less in the plants under the shade of *G. sepium* and in the full sun and they are not significantly different. On the other hand, the incidence of the borer and the populations in the fruits on the floor do not vary among the different shade types. Bigger incidence of solar light caused reduction of the relative humidity of the air below 70% in the afternoon on the plantations of coffee roads in the full sun and under the shade of *G. sepium*. This may be a restrict factor for the activities borer females flight to locate fruits for oviposition. Low humidity probably caused high mortality to these females, reducing the future populations. On the contrary, the high relative humidity on the roads under the *E. jambos* favors the activities of the females and bigger success in the ovipositions, leading to an increase of the populations under this condition. The plantations with shade of *G. sepium*, favored the sporulation of the fungi *B. bassiana* on the cadavers of *H. hampei* because there is enough humidity and at the same time incidence of solar light. The plants in the full sun produced more quantity of mature grains; however, the size of the grains coming from the plants under the shade of *G. sepium* is larger.

The results suggest that for the conditions of the pacific of Nicaragua, the cover of canopy of 40-50% provides better conditions for controlling coffee berry borer in agroforestry systems. Here they achieve a suppression of the populations of the borer the same as in the plants in the full sun and they present bigger activity of natural controller *Beauveria bassiana*.

**Key words** Agroforestry, coffee, natural control, humidity, phenology, production, quality, shade, temperature.

**Classification systems and/or index terms (if any)**

**Supplementary bibliographical information**

**Language** Spanish

**Recipient's notes**

**Number of pages** 75 p.

**Price**

**Security classification**

Domingo Félix Matos

Area Agroforestry  
SAFS, CATIE7170  
Turrialba, Costa Rica

Félicz, D.A. 2003. Incidencia de la broca (*Hypothenemus hampei* Ferr. 1867) y sus controladores naturales en plantas de café bajo diferentes tipos de sombra en San Marcos, Nicaragua. Thesis M.Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

**Palabras claves:** Agroforestería, café, calidad, control natural, fenología, humedad, producción, sombra, temperatura.

## Resumen

En la tierra Centroamericana, las primeras plantaciones de café fueron sembrados a pleno sol, siguiendo el modelo de producción cafetalera Antillana aunque en muchas fincas se entremezclaba el café con frutales y otros cultivos alimenticios. En los años siguientes los caficultores iniciaron la práctica de plantar árboles de sombra (*Inga* o *Eritrina*) en forma ordenada dentro de sus cafetales. La generalización del uso de sombra en los cafetales se debió en parte a la necesidad de proteger a los cafetos de calor excesivo y de la fuerte insolación y economizar la mano de obra utilizada para las limpiezas de malas hierbas que crecían en forma abundante en pleno sol. El argumento principal contra el uso de la sombra era menor producción. Este efecto se acentuaba si la sombra era densa, razón por la cual se optaba por árboles de crecimiento rápido que respondiesen a la poda, permitiendo variar la entrada de luz durante el año. Al concluir el siglo XIX, se debatían arduamente las ventajas y desventajas de cada sistema tanto en la prensa agrícola como en las asociaciones de caficultores (Samper 1999). El debate sigue vigente aún en el siglo XXI.

Durante el siglo XX llegaron a la tierra Centroamericana, algunas plagas como la roya y la broca del café. La lucha para controlar estas plagas, reanimó el debate sobre el uso de sombra para el cultivo de café. En el continente africano, se había determinado que la incidencia de la broca era mayor en las plantaciones sombreadas y las actividades de los parasitoides eran insignificante bajo el exceso de sombra (Le Pelley 1969). Sin embargo, los estudios en Centro América o México presentaban resultados variados. En algunos casos, se observaron que la incidencia de la broca era mayor en plantaciones bajo sombra densa en comparación con plantaciones en pleno sol (Baker 1984). En otros casos no se detectó ninguna diferencia entre el daño de la broca en plantaciones bajo pleno sol o sombra regulada de *Inga* (Monterrey 1992). Solamente en un estudio se había estudiado el efecto de cero sombra, sombra regulada y la sombra densa sobre la incidencia de la broca, encontrándose mayor desarrollo de la broca en sombra regulada (Muñoz *et al.* 1987). Sin embargo, en esta ocasión no se logró medir los variables climatológicas dentro de los cafetales estudiados para poder explicar lo observado.

Guharay *et al.* (2001) plantearon que para una determinada condición agro-ecológica, existe un rango de sombra bajo el cuál el café crece y produce mejor, la suma total del impacto de las plagas es mínimo y la suma total de las actividades de control natural es máximo. Para estimar este rango de sombra, es preciso conocer los efectos de la sombra sobre la incidencia y poblaciones de las plagas y sus enemigos naturales. Para poder aportar a este ejercicio se planteó este estudio donde se estudiaron el desarrollo de las plantas de café y la incidencia y el desarrollo de las poblaciones de la broca del café y sus enemigos naturales bajo tres diferentes tipos de sombra en la zona cafetalera del pacífico de Nicaragua. Las plantas de café bajo la sombra densa de árboles de manzana rosa (60-70% cobertura de dosel), bajo la sombra media de madero negro (40-50% de cobertura de dosel) y bajo el pleno sol (0% cobertura de dosel) fueron sometidas a censos exhaustivos durante siete meses del ciclo productivo, para medir el desarrollo fenológico, el desarrollo

de las poblaciones de la broca en los frutos sobre las plantas y en el suelo y el impacto del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* sobre la broca.

Se encontró que los frutos en las plantas de café bajo la sombra densa de manzana rosa presentan alta incidencia y mayor población de la broca. Las incidencias y las poblaciones son menores en las plantas bajo la sombra de madero negro y en pleno sol y no son significativamente diferente. En cambio, la incidencia de la broca y las poblaciones en los frutos en el suelo no varía entre los diferentes tipos de sombra. Mayor incidencia de luz solar causa reducción de la humedad relativa del aire por debajo de 70% en las horas de la tarde en las calles de las plantaciones de café en pleno sol y bajo la sombra de madero negro. Esto se convierte en un factor limitante para las actividades de las hembras de la broca, que normalmente vuelan a estas horas para ubicar los frutos para la oviposición. Un ambiente de baja humedad probablemente causa alta mortalidad a estas hembras, reduciendo así las poblaciones futuras. Al contrario, la alta humedad relativa en las calles bajo la manzana rosa favorece las actividades de las hembras y mayor éxito en las oviposiciones, resultando en un aumento de las poblaciones bajo esta condición. Las plantaciones con sombra de madero negro, favorecen la esporulación del hongo *B. bassiana* sobre los cadáveres de *H. hampei* debido a que hay suficiente humedad y a la vez incidencia de luz solar. Las plantas en pleno sol produce mayor cantidad de granos maduros, sin embargo, el tamaño de los granos provenientes de las plantas bajo la sombra de madero negro es mayor.

Los resultados sugieren que para las condiciones del pacífico de Nicaragua, la cobertura de dosel de 40-50% provee mejores condiciones para el manejo de café, ya que logran una supresión de las poblaciones de la broca igual que en las plantas en pleno sol y presentan mayor actividad de controlador natural *Beauveria bassiana*.

**Incidencia de la broca (*Hypothenemus hampei* Ferr. 1867 ) y sus controladores naturales en plantas de café bajo diferentes tipos de sombra en San Marcos, Nicaragua.**

## I. INTRODUCCIÓN

El café (*Coffea arabica*) en Nicaragua ha sido el principal cultivo de exportación, representado para 1990, 69 millones de dólares, aproximadamente 33 % de las exportaciones agrícolas (International Trade Division The, World Bank 1992). Se estima que hay unas 100,372 hectáreas cultivadas de café. Estas plantaciones de café están distribuidas en las regiones norte, central y pacífico del país. La mayor parte de los cafetales del pacífico están en la zona llamada meseta cafetalera de Carazo, que incluye parte de los departamentos de Masaya y Managua. La región del Pacífico, representa 17.3 % de la producción nacional cafetalera (Guharay *et al.* 2000).

La broca (*Hypothenemus hampei*) destruye tanto los frutos tiernos como los maduros, provocando pérdidas de peso a través de la actividad alimenticia de las larvas (Ochoa *et al.* 1990; Sousa y Reis 1980). La broca apareció en Nicaragua en 1988; su rápida dispersión a todas las zonas cafetaleras del país y sus severos daños, hacen que hoy en día sea la plaga de mayor importancia económica del cultivo del café (Guharay *et al.* 2000).

Bergamin (1944) estableció un estudio con el fin de conocer la influencia de la sombra sobre la magnitud de las infestaciones de la broca en el fruto de café realizando conteos de granos brocados al sol y a la sombra en café Bourbon. En cafetales sombreados se obtuvo un 25 % de granos infestados mientras que al sol la infestación no sobrepasó el 0.5 %. Sin embargo, Sponagel (1992) no pudo confirmar que el ataque de la broca dependía del clima del cafetal y señaló que la fluctuación poblacional de la broca se debe a la disponibilidad temporal de la oferta alimenticia.

Informaciones procedentes de África, de donde la broca es originaria y donde la misma mantiene un comportamiento estable, dado que en este continente se encuentran sus enemigos naturales, sugieren que aún con mortalidades de hasta 30 % causados por antagonistas no es posible asegurar un control duradero de la broca (Lutzeyer *et al.* 1994). La sombra y niveles de humedad adecuados favorecen ciertos enemigos naturales de la broca; sin embargo, para que los microorganismos entomopatógenos y parasitoides puedan tener un ambiente favorable necesitan de suficiente exposición de luz (Guharay *et al.* 2001).



La influencia de la sombra regulada puede proporcionar condiciones favorables para mantener las plagas con niveles bajos, facilitando el control natural. Para el diseño de sistemas cafetaleros donde el componente sombra pueda suprimir las plagas, es importante entender mejor las interacciones de la sombra y el desarrollo de plagas y sus enemigos naturales. La respuesta de la broca a la sombra es variable y no hay una tendencia clara sobre el efecto de la radiación o la humedad (Guharay *et al.* 2000).

Se planteó estudiar el efecto de los ambientes creados por diferentes tipos de sombras en la incidencia y el desarrollo de la broca. Por lo tanto en este estudio, se registró la fenología del árbol de café, el número de frutos infestados por la broca, el porcentaje de parasitismo natural sobre la broca, las variables ambientales y la caracterización de la cobertura de la sombra en la plantación. Las informaciones obtenidas permitieron estudiar mejor la infestación de los frutos bajo diferentes tipos de sombra. Esto condujo a conocer condiciones adversas a la broca y favorables a los controladores naturales. Para lo cual se plantearon los siguientes objetivos e hipótesis.

**Objetivo general:**

- Inferir y ofrecer las pautas para el diseño del manejo integrado de broca incluyendo el uso de sombra regulada en un sistema agroforestal con sombra.

**Objetivos específicos:**

1. Determinar la dinámica y el comportamiento de las poblaciones de broca durante las distintas etapas en la producción del café (p.ej., las épocas de ocurrencia de este insecto después de la floración y los grados de infección alcanzados).
2. Determinar el porcentaje de parasitismo natural en los frutos infestados por la broca bajo distintas condiciones de sombra.
3. Relacionar la fenología del café y la infestación de la broca con las variables microclimáticas bajo diferentes condiciones de sombra.

**Hipótesis:**

- La incidencia de la broca en café está en función de los tipos de sombrero de los árboles durante los períodos de floración y fructificación.
- La mortalidad de broca se ve afectada por las diferentes condiciones que ejerce la sombra en los cafetos.
- El parasitismo natural sobre la broca del café se ve afectado por los diferentes tipos de sombra.

## I I. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Generalidades sobre la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferr.)

La broca es la principal plaga del café en el universo y se encuentra presente en casi todas las regiones cafetaleras del mundo donde no sólo causa pérdidas del fruto, sino también que afecta la calidad de la bebida (Decazy 1990a). Debido a su biología, su naturaleza exótica y la ausencia de enemigos, ha ocurrido una rápida adaptación de broca a varias zonas agroecológicas y un incremento acelerado de su población.

Este pequeño insecto, de la familia Scolytidae, fue descubierto en 1867 en Francia por Ferrari en un cargamento de café oro. En 1901 el insecto fue observado por primera vez al nivel de campo en Gabón, en 1903 en el Congo y en 1908 en Uganda (Le Pelley 1969). Después de su extensión a Indonesia en 1909 y al Brasil en 1923, aumentó la literatura de referencia sobre morfología, biología, hábitos y posibilidades de control de *H. hampei* (Waterhouse y Norris 1989). Actualmente se trabaja en innumerables proyectos de investigación en todo el mundo sobre las posibilidades de regulación de la plaga y de disminución del daño que ocasiona.

#### 2.1.1 Clasificación taxonómica

Clase: Insecta

Orden: Coleoptera

Suborden: Polyphaga

Superfamilia: Curculionoidea

Familia: Scolytidae

Subfamilia: Ipinae

Tribu: Cryphalini

Género: *Hypothenemus*

Especie: *H. hampei* Ferrari, 1867

(Decazy 1988; Equihua 1987; Wood 1954).

La broca del fruto del cafeto fue descrita en 1867 por J. A. Ferrari, quien la describió como *Cryphalus hampei*. En la taxonomía antigua se encuentran los siguientes sinónimos (Le Pelley 1973): *Stephanoderes hampei* Ferr. 1867, *Stephanoderes coffeae* Hagedorn 1910,

*Xyleborus coffeivorus* Vander Weele 1910 y *Xyleborus coffeicola* Campos Novaes 1922 (Decazy 1988), quedando finalmente como *Hypothenemus hampei* Ferr.

### 2.1.2 Características morfológicas

La broca es un insecto de metamorfosis completa, es decir, halometábola, pasando por los estadios de huevo, larva, pupa y adulto (Coronado y Márquez 1985). El adulto hembra tiene una longitud de 1.4–1.7 mm y un ancho de 0.6–0.8 mm. El adulto macho es más pequeño y alcanza en promedio el 50-70 % del tamaño de la hembra adulta. El escolitido es de color castaño-claro en los primeros 3-4 días cuando emerge de la pupa; entonces se torna negro y alcanza la madurez sexual. Los élitros están cubiertos con cerdas cortas que crecen hacia atrás, característico de muchas especies de la familia Scolytidae. Las cerdas facilitan la eyección del material perforado (aserrín) desde las galerías hacia fuera cuando el insecto marcha hacia atrás (Jacobs y Renner 1988). Las alas membranosas traseras están atrofiadas en los machos. Las patas muestran espinas fuertes que son indispensables para la perforación de las galerías y la eyección del material vegetal desmenuzado.

Los huevos son de forma elíptica, transparente-brillantes y blancos. Alcanzan una longitud de 0.6 mm y son ovipositados en forma singular o en grupos de hasta 10, en galerías hechas en el grano de café. Las larvas son blancas-cremosas con una cabeza marrón esclerotizada. Las larvas machos sufren una muda de piel en 15 días y las hembras dos mudas en 19 días. Los diversos estadios de desarrollo son descritos detalladamente en la literatura (Waterhouse y Norris 1989; Hernández y Sánchez 1972; Le Pelley 1969).

### 2.1.3 Origen, distribución geográfica y plantas hospederas

Para entender la relación entre el insecto plaga (broca del café) y la planta hospedera (café) es interesante considerar sus correspondientes centros genéticos:

El café Arábico tiene su origen genético en la tierra montañosa de Etiopía en una altitud de 1500-2000 msnm, donde aún se encuentra en su forma silvestre. El café *Canephora* o Robusta tiene su origen en África ecuatorial entre 10° de latitud sur y 10° de latitud norte, desde una altitud al nivel del mar hasta 1600 msnm (Purseglove 1968).

El hecho que el café *Arábico* en altitudes sobre los 1500 msnm sólo es atacado por la broca en forma insignificante, lleva a la evidencia que la planta hospedera primaria de la broca fue el café *Canephora* cultivado en tierras bajas (Le Pelley 1969). Esta tesis también está fundamentada por las primeras descripciones de *H. hampei* en Gabón (1901), Chad (1902), Congo (1903) y Uganda (1908) y la presencia endémica de antagonistas naturales en África ecuatorial.

En 1909 se informa de su introducción en Asia (Isla de Java), en 1923 en Sudamérica (Brasil) y en 1963 en la Polinesia (Tahití) (Le Pelley 1969). En Latinoamérica ha sido citada su presencia en diversas publicaciones (Le Pelley 1969; Hernández y Sánchez 1972; MAG y GTZ 1987; Waterhouse y Norris 1989; Murphy y Moore 1990; Barrera *et al.* 1991). Entre 1960-1964 se detectó en Perú a través de granos infestados procedente de Brasil (De Ingunza 1964). En 1971 en Guatemala, 1977 en Honduras, 1978 en Bolivia, Jamaica y México, 1981 en El Salvador y Ecuador, 1988 en Nicaragua y Colombia, 1990 en Cuba, 1995 en República Dominicana y Venezuela (Guharay *et al.* 2000). En los últimos días del año 2000 fue reportado en Costa Rica (La Nación 2000). Panamá hasta el momento es el único país productor de café en la región neotropical en la que no se ha registrado la presencia de la broca.

La distribución local, regional e intercontinental de la plaga puede explicarse por medio de una activa migración (vuelo de hembras), de una pasiva extensión (transporte de animales adultos a través del viento) y desplazamiento a través del hombre. La broca del café ha sido clasificada como plaga monófaga, cuyos únicos hospederos pertenecen al género *Coffea*. Sin embargo, también se mencionan algunos hospederos complementarios de los géneros *Tephrosia*, *Crotolaria* sp, *Centrosema plumieri*, *Caesalpinia* sp, *Leucaena glauca*, *Hibiscus* sp, *Rubus* sp, *Cajanus cajan*, *Phaseolus lunatus*, *Arachis hipogea*, *Ricinus* sp, *Gossipium hirsutum* e *Inga* sp, cuyos frutos son atacados por brocas adultas (Urbina 1986; Johanneson y Mansingh 1984). No obstante en estos frutos *H. hampei* no se reproduce. La broca no tiene hospedero alterno para completar su ciclo de vida (Schroth *et al.* 2000).

Baker (1991) en pruebas de laboratorio demostró el rendimiento de vuelo de la broca (duración de vuelo libre de 20 min, duración de vuelo de 100 min en tres horas consecutivas). En el exterior estos rendimientos probablemente sean superados. Esto

tiene consecuencias decisivas para las estrategias de manejo. A pesar de que la distribución de la plaga es agregada (posiblemente debido a la existencia de comunicación química, aunque no ha sido demostrada hasta el momento) una pequeña parte de la población se traslada a grandes distancias, por lo que las medidas de controles erradicativas solamente tienen muy bajas posibilidades de éxito, incluso inmediatamente después de la introducción de la plaga.

Por la distribución espacial heterogénea agregada (dispersión semicontinua) de la broca en las plantaciones de café hay que considerar algunos factores importantes en la planificación, el establecimiento, el control y la ejecución de ensayos de campo de este escolítico. Esta distribución agregada dificulta una evaluación efectiva en la ejecución de ensayos de campo, lo cual se puede asegurar estadísticamente con parcelas grandes y muchas repeticiones (Sponagel 1994). Mientras más grandes sean las subparcelas del experimento más homogéneos serán los grados de infestación observados a nivel de todas las parcelas y menor puede ser el grado de infestación entre los distintos tratamientos con lo cual puede ser estadísticamente detectable. En la práctica de la experimentación, el establecimiento de parcelas grandes y/o con gran número de repeticiones tiene limitantes en cuanto a requerimientos económicos y laborales.

#### **2.1.4 Biología y hábitos de comportamiento**

Los adultos hembras son fecundados por los machos en las galerías donde eclosionaron (apareamiento entre hermanos). De acuerdo con Baker y Barrera (1985), la broca necesita para procrear que el fruto de café tenga más de 20 % de peso seco en el grano, si el grano cumple con esa condición lo barrenará y pondrá sus huevos dentro de él; en caso contrario, el insecto permanecerá en la pulpa del fruto, hasta que el grano adquiera el desarrollo adecuado para ovipositar. La proporción de sexos es de aproximadamente 1 macho por 10 hembras, pero varía desde 1:6 hasta 1:55 (Le Pelley 1969). Los machos permanecen normalmente en el grano en el cual se han desarrollado, pues carecen de alas funcionales.

Estudios realizados en algunos países sobre la duración de los estados de desarrollo de la broca muestran una gran coincidencia, señalando que dependen básicamente de la temperatura ambiental. La broca encuentra sus condiciones óptimas de desarrollo en altitudes bajas del trópico y subtropical hasta 1000 msnm. A alturas mayores de 1500

msnm, la broca no representa un problema económico. Waterhouse y Norris (1989) reportaron que el insecto se vuelve inactivo a temperaturas por debajo de los 15 °C.

Le Pelley (1969) afirmó que plantaciones densas y sombrías favorecen la reproducción de la plaga más que aquellas abiertas y soleadas. La broca tiene una dispersión agregada dentro del cafetal y aún dentro de cada planta donde se observan algunas ramas más infectadas que otras, siendo normalmente las del último tercio (más viejas) las más infestadas.

Hernández y Sánchez (1972) observando los hábitos de extensión de la plaga determinaron que no vuelan durante lluvias. Las preferencias de vuelo para las hembras son las horas de pleno día (12 a.m. hasta 5 p.m.) y la mayor distancia de vuelo alcanzada es de aproximadamente 350 m. Los autores observaron además que la broca puede desplazarse caminando distancias cortas (hasta 12 m).

La resistencia genética relativa de algunas especies y variedades de café a la broca se debe al grosor de la pulpa. Algunas especies (*C. excelsa* y *C. liberica*) son menos atacadas debido al mayor trecho que debe perforar el insecto en la pulpa para llegar al grano. *C. arabica* y *C. canephora* presentan una pulpa más delgada lo que las hace más susceptible al ataque (Le Pelley 1969).

#### **2.1.5 Tipo de daño y pérdidas ocasionadas**

La broca destruye tanto los frutos tiernos como los maduros y sobremaduros, provocando pérdidas cuantitativas y cualitativas como: caída anticipada de frutos, pérdidas de peso a través de la actividad alimenticia y minadora de las larvas y adultos, pérdidas por la presencia de patógenos secundarios (hongos y bacterias) y disminución de la calidad del café en la taza por la presencia de granos perforados y podridos. Ochoa *et al.* (1990) y Souza y Reis (1980) afirmaron que las pérdidas de peso provocadas por la broca son proporcionales al grado de infestación, aún cuando un grado de infestación de 100 % de los frutos no significa una pérdida total, porque generalmente sólo una de las dos semillas está dañada.

Ochoa *et al.* (1987) realizaron un estudio en el cual obtuvieron diferentes porcentajes de infestación en cafetales situados a diferente altura sobre el nivel del mar. Los porcentajes

de pérdida observados correspondieron a 34 % en zona baja, 32 % en la zona media y 23 % en la parte alta. Méndez y Velasco (1987) concordaron con estas observaciones y además señalaron que el porcentaje de infestación es mayor (de 42 á 68 %) en frutos producto de las floraciones locas o tempranas comparadas con la infestación de frutos producto de la floración normal (1 á 10 %).

Los daños cualitativos son fundamentalmente consecuencia del ataque de parásitos secundarios (Sponagel 1992). Este mismo autor en estudios realizados en la Amazonía ecuatoriana afirma que se produce un 11.6 % de ataque de parásitos secundarios sobre frutos previamente atacadas por la broca y afirma que esto debe valorarse dado que el ataque secundario es mayor que las pérdidas debidas a broca; mientras que por otro lado sólo un 2.3 % de las cerezas libres de la broca son atacadas por los agentes causantes de podredumbre. Entre éstos se encuentran bacterias de los géneros *Erwinia* y *Bacillus*, así como hongos de los géneros *Acremonium*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Verticillium*, *Rhizopus* y *Aspergillus*.

#### **2.1.6 Medidas de control**

Actualmente, las medidas más importantes para reducir la infestación de la broca se concentran en interrumpir el ciclo de propagación. Si no existen frutos en el estado apto para ser brocados, la propagación y extensión del insecto puede ser efectivamente disminuida, pues la broca es una plaga monófaga o limitadamente olífaga. No obstante, la broca hembra con un promedio de vida de 156 días (81-282 días) está apta para sobrevivir por un largo lapso de tiempo sin un hospedero apropiado. Es por tanto necesario cuidar que por un período máximo de tiempo, el insecto no encuentre frutos apropiados en el arbusto y en el suelo (Le Pelley 1969). Una medida muy efectiva en las zonas cultivadas con café con una producción estacional definida, es el denominado "repase". Con este método, después de la cosecha principal son recolectadas en su totalidad aún los frutos verdes de los arbustos. Esta medida debe ser complementada con la recolección de frutos caídos en el suelo. Waterhouse y Norris (1989) afirmaron en Nueva Caledonia que por medio del "repase" pudieron disminuir la infestación de la broca de 80 % a menos de 10 %. Vega y Romero (1985) llamaron a estas medidas vulgarmente "pepena" y "repela".

Otra labor no menos importante que las anteriores es la conocida como "graniteo" que consiste en la recolección de los frutos tempranos, producto de las floraciones "locas"; estos frutos representan una mínima parte de la cosecha total, pero son los primeros en ser atacados por la broca, por lo que se recomienda cosecharlos antes para evitar que la broca tenga progenie en su interior (Méndez y Velasco 1987; Decazy 1985; ANACAFE 1981).

### 2.1.7 Controladores naturales de la broca

Murphy y Moore (1990), Klein-koch *et al.* (1988), Rangi *et al.* (1988) y Le Pelley (1969), señalan algunos antagonistas naturales de la broca, que están siendo utilizados en programas de control biológico de la plaga; como el hongo *Beauveria bassiana* y los parasitoides *Prorops nasuta*, *Cephalonomia stephanoderis*, *Heterospilus coffeicola*, *Phymastichus coffea*, el hemíptero *Dindymus rubiginosus* y nemátodos del género *Heterorhabditis*.

Informaciones procedentes de África sobre el manejo de la broca, utilizando los antagonistas descritos anteriormente señalan que las mortalidades máximas alcanzan el 30 % y aún así son insuficientes para asegurar un control duradero de la población de *H. hampei* (Lutzeyer *et al.* 1994). Es de esperar índices de mortalidad de aproximadamente 50 % mediante la utilización combinada de *H. coffeicola*, *P. nasuta* y *C. stephanoderis* (Bustillo 1991). Una estrategia integrada futura podría consistir en la liberación de las tres especies mencionadas y la aplicación de *B. bassiana*, además de la liberación de nemátodos para el control de la broca en los frutos en el suelo (Moore y Prior 1988). Sin embargo, la introducción dirigida del nemátodo *Heterorhabditis* sp. tropieza con dificultades técnicas. Estas consisten en la rápida desecación y el bajo índice de supervivencia. Estos problemas podrían ser reducidos eventualmente con formulaciones adecuadas (Murphy y Moore 1990). En áreas cafetaleras de Ecuador, Sponagel (1994) observó que la acción de la broca era insignificante o infestación casi nula en cafetos donde habitaba una especie de hormigas *Azteca* sp. (Hymenoptera: Formicidae).

## 2.2 Dinámica de infestación en función de la intensidad de sombreado

Muñoz *et al.* (1987) afirmaron que las condiciones de sombra son más propicias para el desarrollo de altas poblaciones de broca que aquellas en pleno sol. Bergamin (1944) hizo un estudio en donde realizó conteos de granos brocados al sol y a la sombra en café



Bourbon. En cafetales sombreados obtuvo 25 % de granos infestados en tanto que al sol no sobrepasó el 0.5 %. Mendes (1940) demostró que después de la cosecha, los frutos secos en los cafetos sin sombra se encontraban infestados en un 6 %, en tanto que aquellos con sombra registraban un 79 %.

Da Fonseca (1939) señaló que el empleo de sombra en el cultivo del cafeto le proporciona las condiciones semejantes a las de su hábitat natural, pero que en determinados casos esa situación puede ofrecer a la broca las condiciones óptimas para su multiplicación. Estudios sobre la influencia de la sombra en la producción de café y en los niveles de infestación de la broca indicaron que invariablemente los porcentajes de infestación más altos se registraron en las plantaciones con sombra que en aquellos que carecían de ella (Godoy y Graner 1961; Bergamin 1944).

La gran cantidad de cafetos cultivados bajo sombra, las altas condiciones de temperatura y lluvia registradas en Centroamérica, se asemejan a las condiciones en que se desarrolla el café en estado silvestre en África. Estas condiciones son muy semejantes a las del hábitat natural de la broca por lo que se considera que este insecto se encuentra cerca de las condiciones ideales en esta región, ya que dispone de cantidades de árboles de café para infestar y aparentemente no hay enemigos naturales que la controlen (Baker 1984a). Alonso (1985) indicó que el cultivo del cafeto bajo sombra es una práctica que contribuye a mejorar la calidad de la bebida al conservar y aumentar su aroma; el elemento sombra modifica el ambiente o microclima del cafeto al regular la penetración directa de los rayos solares, incidiendo a su vez en una reducción de la temperatura y el aumento de la humedad del suelo y del ambiente. Sin embargo, las observaciones de campo y evaluaciones experimentales ponen en evidencia que las altas infestaciones de la broca son mayores en los cafetales sombreados que en aquellos expuestos a pleno sol.

Le Pelley (1969) observó en Uganda y Brasil, que en plantaciones bajo árboles de sombra y cafetos con un follaje denso se presentaron fuertes ataques de la broca. Por consiguiente cultivando el café sin sombra y/o bien podado podría reducir la presencia de la broca.

A pesar de que en algunas investigaciones (Waterhouse y Norris 1989; Le Pelley 1969) recomendaron un manejo del cultivo sin sombra y/o con densidades bajas para la

disminución de la infestación de la broca, los estudios realizados por Sponagel (1994) en Ecuador, contrasta con estos resultados, dado que en su estudio consideró que al compararla con las parcelas sombreadas, el grado y promedio de infestación por broca en las parcelas con poca sombra se mantuvo en el mismo nivel que en parcelas sombreadas de 41 % á 46 %.

Sponagel (1992) no pudo confirmar que el ataque de la broca dependía del clima para infestar el fruto del café. Como motivo de las fluctuaciones poblacionales, nombró la disponibilidad temporal de la oferta alimentaria. En investigaciones llevadas a cabo en zonas ecuatorianas del Amazonas, pudo demostrarse que el grado de ataque sigue con un retraso temporal de unos tres meses, al desarrollo del fruto. Frente a rendimiento máximo entre junio y octubre se presentan grados de ataque máximos entre noviembre y marzo.

Sponagel (1994) observó que el grado real de infestación incluye la periodicidad de la producción (meses de alta cosecha: infestación baja; meses de baja cosecha: infestación alta). Observó un desarrollo de infestación cíclica en el transcurso del año, el cual está fuertemente influenciado por el ritmo de floración y producción. Como valor de infestación mínimo en las cosechas de las plantaciones experimentales se detectó 10.7 % y como máximo 93.3 %. Una influencia directa de las condiciones de luminosidad (árboles de sombra, plantación densa, etc.) no pudo ser probada.

Frente a esto, estudios realizados en África destacan una infestación más alta en plantaciones sombreadas tanto por sus condiciones más favorables para el desarrollo de la broca como por influencias indirectas debido a que la sombra restringirá la actividad de los enemigos naturales y también la producción de fruto (Le Pelley 1969). Contrariamente Baker *et al.* (1989), detectaron en estudios de campo de una duración de dos años que plantaciones de café *Arábico* y *Robusta* en diferentes altitudes en México, el grado de sombreadamiento no tuvo una influencia en el ataque de la broca. Baker *et al.* (1989) encontraron durante dos años en estudio de dispersión de la broca en México tasas de infestación de 0 á 62 %. Los valores máximos de la infestación correspondieron directamente con los picos de precipitación (meses de lluvias). Sin embargo, los autores mencionaron que la influencia indirecta del clima, que determina el ciclo de vida de floración, puede ser importante. En plantaciones de México, Baker (1984b) señaló que el

ascenso de la infestación es inducido directamente por las condiciones de humedad. Según esto, la población de la broca que se encuentra en los frutos caídos en el suelo, abandona los frutos por la humedad e inician el vuelo de infestación para buscar un nuevo refugio.

## 2.3 Consideraciones sobre el café

### 2.3.1 Recursos genéticos y adaptación ecofisiológica

Desde el punto de vista económico las especies más importantes del género *Coffea* son *Coffea arabica* L., con aproximadamente el 80 % de la producción mundial del café comercialmente y *Coffea canephora* Pierre, con el 20 % restante (Lutzeyer y Scholaen 1994). Hay otras especies importantes del género *Coffea* por su aporte de material genético para el mejoramiento varietal (p.ej. *C. stenophylla* G. Don., *C. liberica* Lebrun y *C. racemosa* Loureiro (Guerrero Filho *et al.* 1990).

El género *Coffea* pertenece a la familia Rubiaceae que incluye 500 géneros con más de 6000 especies, la mayoría de las cuales son arbustos o árboles de origen tropical (Wrigley 1988). La taxonomía del género *Coffea* y el género emparentado *Psilanthus* hasta ahora no es conocida con certeza. A menudo se utiliza la clasificación de Chevalier, a pesar de que los resultados de nuevas investigaciones sugieren otras relaciones parentales (Anthony 1992; Charrier y Berthaud 1985). Chevalier subdividió al género *Coffea* en las secciones *Paracoffea* Miquel., *Agrocoffea* Pierre, *Mascoffea* Chevalier y *Coffea* K. Schumann (incorrectamente descripto también como *Eucoffea*). Este autor desglosó la sección *Coffea* en cinco series, todas las cuales llevan como autor a Chevalier: *Nanocoffea*, *Pachycoffea*, *Melanocoffea*, *Mozambicoffea* y *Erythrocoffea*. A esta última le asignó las especies *Coffea arabica* y *Coffea canephora*. La clasificación taxonómica actual se orienta hacia Bridson (1982, 1988) y Leroy (1980). De acuerdo a estos autores las plantas de café se subdividen en dos géneros: *Psilanthus* con las secciones *Psilanthus* y *Afrocoffea*, así como *Coffea* con las secciones *Baracoffea* y *Coffea*, que incluye a las dos especies econonómicamente importantes *Coffea arabica* y *Coffea canephora*.

*Coffea arabica* tiene, en comparación a otras especies de *Coffea*, un área de distribución natural estrecha en las altiplanicies sudoccidentales de Etiopía (Charrier y Berthaud 1985), así como en la adyacente meseta de Boma en Sudán (Thomas 1942). El café prospera allí como especie del sotobosque en selvas frescas y sombreadas, en altitudes

entre 1300 y 1800 msnm, con temperaturas promedio anual entre 20 y 24 °C, con temperaturas mínimas de hasta 4 °C y máximas de hasta 30 °C (Coste 1989). Los 1500-1800 mm de precipitaciones caen en el período lluvioso, pero en los cuatro meses de sequía se forma una densa niebla nocturna.

*C. canephora* se originó en África Central y Occidental. Las primeras plantaciones que se tuvieron fueron alrededor del año 1900 en Java (actualmente Indonesia), donde reemplazó en tierras bajas a *C. arabica* (Charrier y Berthaud 1988; Wrigley 1988). Hoy en día los países con zonas bajas tropicales como Vietnam, Costa de Marfil, Indonesia, Uganda y Brasil son los productores más grandes a nivel mundial. *C. canephora* es una especie de polinización cruzada obligada y por ello, para mantener la pureza varietal, es necesario reproducirla vegetativamente.

*Coffea liberica*, la tercera especie de *Coffea* utilizada con fines comerciales sobre todo a fines del siglo XIX, está adaptada, al igual que *C. canephora*, a las zonas bajas tropicales.

### 2.3.2 Historia del cultivo del café

El cultivo del café se inició en el mundo árabe (Charrier y Berthaud 1988). *Coffea arabica* fue introducida ya en el siglo XVI en Sri Lanka por los árabes. Un peregrino de la India lo habría introducido alrededor del año 1600 en su país (Wrigley 1988). El monopolio del comercio del café estuvo en posesión de los árabes hasta fines del siglo XVII. Con la intención de romper este monopolio la Sociedad de Comercio de Holanda e India Oriental transportó plantas de café hacia Java y al jardín botánico de Ámsterdam. Luis XIV de Francia también recibió una planta como obsequio, cuyos vástagos fueron establecidos en Martinica a principios del siglo XVIII. Estas plantas constituyeron la base del cultivo del café en todos los países de América con excepción de Brasil (Wrigley 1988). Allí se origina el cultivo del café a partir de plantas traídas de la entonces colonia holandesa Surinam y de la isla de Reunión (conocida en aquel entonces como Bourbon). La base genética del café proveniente de Bourbon es también muy estrecha. Según Lecomte (citado por Wrigley 1988) sobrevivió una sola mata de una pequeña plantación de cafetos traídos del Yemen. Vástagos de esta planta dieron origen a la variedad Bourbon, que alcanzó notoriedad no sólo en el Brasil sino también en Kenia.

Para ampliar la base genética del café cultivado, en primer lugar con miras al mejoramiento, la FAO en 1964 estableció una colección de especies silvestres de *Coffea* en el CATIE. Las especies coleccionadas se pusieron a disposición de las instituciones de investigación relacionadas con el café en diferentes países del mundo.

### **2.3.3 El café en Nicaragua**

Según Pablo Levy, en Nicaragua las primeras plantas de café fueron sembradas en el año 1848, en la hacienda La Ceiba de Don Manuel Matus, ubicada en Jinotepe, en el departamento de Carazo. Por su parte Gámez en 1975 anota que fue en el año de 1846 cuando se inició la primera plantación de café en las Sierras de Managua, por Don José Dolores Gámez de Granada. Aunque distintos autores difieren en cuanto al año y el sitio donde las primeras plantas de café fueron sembradas, están de acuerdo que la caficultura, en Nicaragua, dio sus primeros pasos en el Pacífico (Guharay *et al.* 2000). Posteriormente, el cultivo de café se difundió hacia las sierras de Managua y de allí hacia el Norte del país. La mayor expansión del cultivo de café en la zona Norte se dio durante las décadas de los setenta, ochenta y noventa del siglo XIX, primero en la zona de Matagalpa, luego en Jinotega y las Segovias.

### **2.3.4 Bases socioeconómicas de las unidades de producción**

En Nicaragua existen más de 20,000 pequeños productores, que manejan en forma tradicional y semi tecnificado su cafetal y producen más de la mitad de la cosecha nacional; en este tipo de sistemas toda la familia participa, principalmente la mujer (Galloway y Beer 1997). En este sistema de producción la sombra más frecuente son las Ingas, Musáceas y varias especies de árboles de montañas. Los ingresos generados por las Musáceas representan el 15 % de los ingresos totales; los cuales fueron controlados en forma balanceada, tanto por hombres como por mujeres. Las familias consumen el 89 % de las frutas de las Musáceas, 73 % de la leña y el 59 % de los cítricos producidos en la finca (Schibli 2001).

## **2.4 Comportamiento del sistema agroforestal en café**

Los árboles de sombra afectan el micro-clima del cafetal. La sombra reduce la cantidad de radiación solar que llega al café en porcentajes que varían desde un 20-80 % (Goldberg y Kigel 1986). La sombra afecta el crecimiento de los cafetos. En zonas de mayor calor, niveles de sombra de 40-60 % permiten mantener la superficie de la hoja por debajo o

cerca de 25 °C de temperatura, lo cual es beneficioso para la fisiología de esta especie (Muschler 1998).

La respuesta de la broca a la sombra en Nicaragua es variable y no hay una tendencia clara sobre el efecto de la radiación o la humedad (Guharay *et al.* 2000). La sombra y un mayor nivel de humedad favorecen a *Beauveria bassiana*, porque protege al hongo de los rayos ultravioleta, especialmente en la mañana y la tarde. Sin embargo, para que esporule sobre los cadáveres de la broca, el hongo necesita cierta exposición a la luz. En cafetales con exceso de sombra posiblemente haya menos esporulación, afectando la dispersión de las conidias y epizootias subsecuentes (Guharay *et al.* 2001) La esporulación de *B. bassiana* y su dispersión dentro de la plantación está favorecida por condiciones más secas y mayores niveles de radiación (Pascalet 1939). La acción de *B. bassiana* sucederá en un ambiente de sombra manejada y no tanto a pleno sol ni en sombra excesiva. Los parasitoides de la broca son afectados por sombra excesiva. La sombra regulada para afectar la broca y favorecer el hongo *B. bassiana*, también será un buen ambiente para los parasitoides (Guharay y Moterrey 1997).

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Area de estudio y manejo de cafetales

Este estudio inició en marzo del año 2002 y finalizó en septiembre del año 2002, en las fincas de la Empresa Inversiones Generales S.A. San Marcos (Carazo), Nicaragua, denominada "Triángulo de Oro", situada a una altura de 570 msnm a 11° 55' 00" N y 83° 12' 00" O (Figura 1). Esta zona está clasificada como subtropical según la clasificación de Holdridge. Las precipitaciones anuales oscilan entre 1000 y 1400 mm, con un período seco bien marcado de 6 á 7 meses, habitualmente de noviembre a mayo. La temperatura media anual es de 23.7 °C, con una máxima de 30.1 °C y una mínima de 18.0 °C; la humedad relativa del aire es de 82.6 % y la velocidad promedio del viento fue de 3.2 m/s durante 7 meses (Guharay *et al.* 2000).

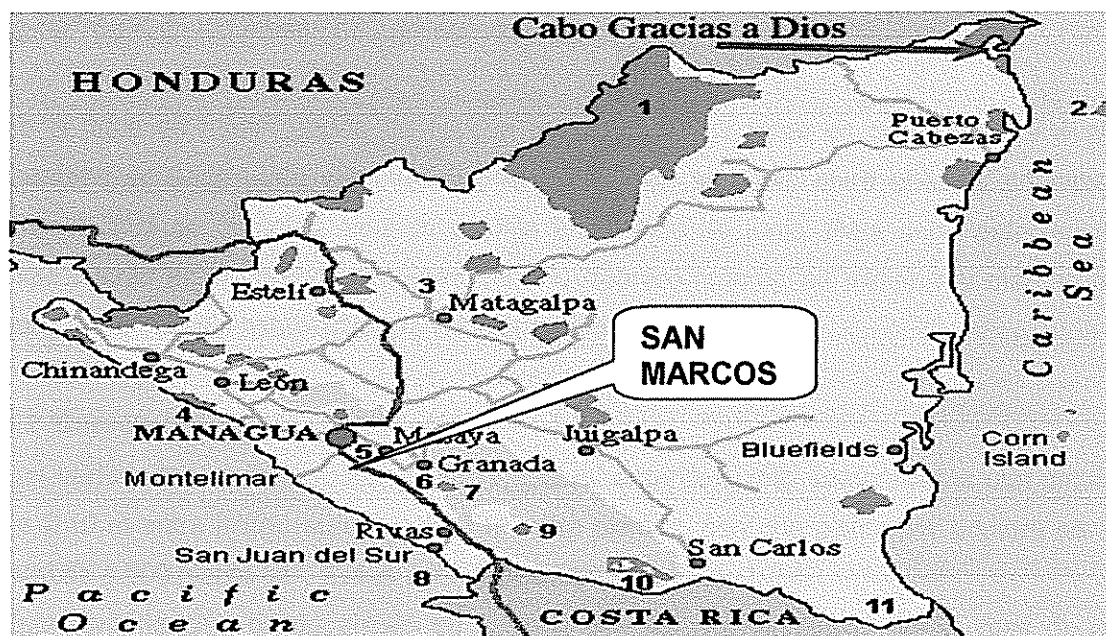


Figura 1. Ubicación geográfica de la finca de evaluación. San Marcos, Nicaragua. 2002.

El área total de la empresa donde se realizó el estudio, es de 179 ha conformadas de la siguiente manera: Hacienda San Dionisio con 87 ha, Hacienda San Francisco con 41 ha y Hacienda Santa Rosa con 40 ha. Estas se encuentran ubicadas en el km 39 ½ de la carretera Managua-San Marcos. El área productiva de café es de 172 ha, con una producción promedio de 4 000 quintales oro anuales.

Esta zona se caracteriza por tener suelos profundos, moderadamente planos, francos arenosos, con buen drenaje y de origen volcánico. El pH estuvo entre 5 y 6 y los suelos ricos en potasio y materia orgánica, pero bajos en fósforo. Se considera que los mismos poseen una alta fertilidad natural y no tienen limitaciones de profundidad, textura o drenaje (Guharay *et al.* 2000).

En los últimos 10 años las plagas y enfermedades causaron daños que oscilaron entre 2 y 50 % de la producción (comunicación personal de Guillermo Quiñónez, 2002). Anualmente, se hicieron dos aplicaciones de fertilizante de la siguiente manera: 1) una aplicación de 60 kg ha<sup>-1</sup> de Urea (46 % N) y 25 kg ha<sup>-1</sup> de MOP (muriato de potasio) combinada con la fórmula 15-15-20 en dosis de 70 kg ha<sup>-1</sup> de N, 70 kg ha<sup>-1</sup> de P y 93 kg ha<sup>-1</sup> de K en los meses de noviembre-mayo; y 2) una aplicación de 57.8 kg ha<sup>-1</sup> de Urea y 24.2 kg ha<sup>-1</sup> de MOP combinada con la fórmula 30-0-20 en dosis de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N y 60 kg ha<sup>-1</sup> de K en los meses de julio-agosto.

En la finca se hacen podas de recepa por hilera y por lotes en ciclos de 3 y 4 años. También se hace poda selectiva y poda alta "rock and roll" entre enero y principio de marzo. Esta se completa con un deshije en el mes de junio. Para dejar establecido el experimento en los primeros meses del año (febrero-marzo), se midieron y marcaron las parcelas en el sitio establecido para llevar a cabo el experimento.

### 3.2 Características de la plantación

Las variedades de café fueron Caturra, Catuaí amarillo y rojo sembradas a una distancia de 2.10 m entre hilera (surco) y 1.05 m entre plantas, con una planta por postura para un total de 4 500 planta ha<sup>-1</sup>. Estas variedades fueron de porte bajo.

Esta investigación se desarrolló en la finca que estuvo constituida por 3 lotes de café, estableciéndose los siguientes criterios para el estudio:

- Infestación por broca en frutos en el suelo.
- Ausencia de pepena (recolección de frutos en el suelo).
- Diferentes coberturas de sombra.

La edad promedio de los cafetos en los lotes seleccionados fue de 15 años, pocos lotes presentaban edades que oscilaban entre 2 y 3 años.

Las especies de árboles predominantes en el agrosistema cafetalero fueron madero negro (*Gliricidia sepium*) y manzana rosa (*Eugenia jambos*). Los árboles fueron sembrados



Las especies de árboles predominantes en el agrosistema cafetalero fueron madero negro (*Gliricidia sepium*) y manzana rosa (*Eugenia jambos*). Los árboles fueron sembrados dentro de las hileras de café a una distancia de 8.5\*8.5 m para la especie *G. sepium*, alcanzando una altura de 8 m y para la especie de *E. jambos* a 2 m lineales una de otra, alcanzando una altura promedio de 6 m; esta última especie se sembró como cortina rompevientos. La edad promedio de los árboles de sombra fue de 11 años y no recibieron podas durante en el tiempo de estudio (Figura 2).

La distribución de los árboles generó un microclima heterogéneo en la plantación, debido a que se encuentran zonas completamente sombreadas mientras otras están expuestas al sol. La maleza predominante fue el zacate *Sorghum halepense* en el período de invierno.

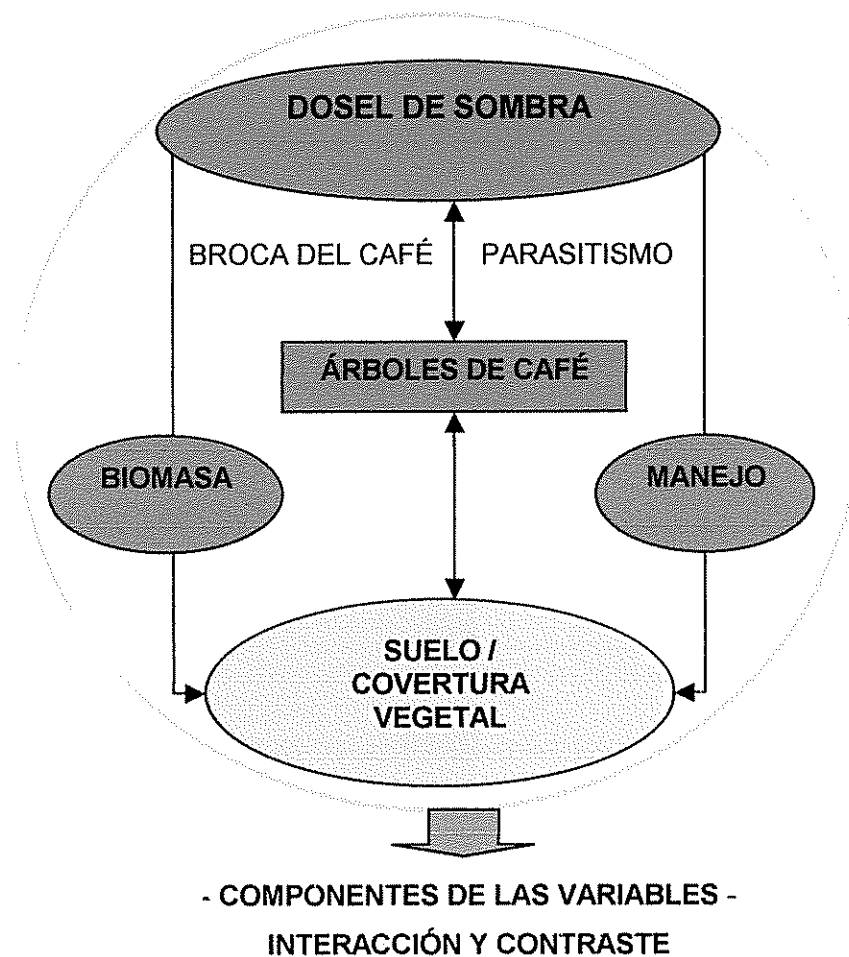


Figura 2. Caracterización esquemática del modelo agroforestal en el agrosistema cafetalero. San Marcos, Nicaragua. 2002.

### 3.3 Diseño experimental y tratamientos

Los tamaños de las parcelas para los árboles de *G. sepium* fueron de 2 500 m<sup>2</sup> (50\*50 m). Cada parcela experimental tuvo un espacio útil de 35 m<sup>2</sup> (8.4\*4.2 m) formado por un grupo de 16 cafetos distribuidas en 4 hileras; se dejó una franja de 41.6 m de ancho por 45.8 m de largo (98 % del área total) alrededor de la parcela útil como borde. Las parcelas de *G. sepium* tuvieron 1125 plantas de café y 14 árboles de sombra, distribuidas en 25 hileras de café y 7 filas de árboles de sombra. Los tamaños de las parcelas para la especie *E. jambos* tuvieron la misma dimensión que para *G. sepium* (2 500 m<sup>2</sup>), con la diferencia que las parcelas útiles estuvieron ubicada en los bordes de la plantación, junto a la cortina rompevientos; cada fila tenía 25 árboles de la especie *E. jambos* y en el borde de la parcela útil 4 árboles

Se empleó un diseño de bloques completos al azar en el tiempo con tres réplicas y tres tratamientos e incluyó una replicación parcial de los tratamientos dentro de cada bloque que fue homogenizada mediante la obtención de un promedio, para un total de 12 parcelas experimentales (Cuadro 1). Como covariables se utilizaron la temperatura ambiente y la humedad relativa del aire. Cada parcela fue muestreada durante el período marzo-septiembre del año 2002; se hicieron 7 recuentos cada 21 días. La unidad muestral dentro de cada parcela experimental estuvo constituida por un grupo de 16 plantas.

**Cuadro 1. Ubicación y distribución de las parcelas bajo diferentes tipos de sombra. San Marcos, Nicaragua. 2002.**

TIPOS DE SOMBRA	PORCENTAJES DE SOMBRA	Ubicación de las parcelas			
		Santa Rosa	San Dionisio	San Francisco	# de parcelas
Sombra densa <i>Eugenia jambos</i>	60-70 %	1	1	2	4
Sombra media <i>Gliricidia sepium</i>	40-50 %	2	1	1	4
Pleno sol	0 %	1	2	1	4

### 3.4 Análisis de la información

La información colectada en el campo recopiló una base de datos incluyendo los siguientes parámetros: tipos de sombra, estudio fenológico, producción, densidad de plantas, finca, labores, propietario, parcelas, ubicación de las fincas, población e incidencia de *H. hampei* y sus controladores naturales. Esto generó los análisis que se describen en el siguiente modelo estadístico.

El modelo lineal aplicado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ij} + M_k + \tau M_{jK} + b_1 (X_1 - \bar{X}_1) + b_2 (X_2 - \bar{X}_2) + \varepsilon_{ijK}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = la k-ésima observación de la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento.

$\mu$  = corresponde a la media poblacional.

$\beta_i$  = efecto de la j-ésima repetición.

$\tau_j$  = efecto del i-ésimo tratamiento.

$\varepsilon_{ij}$  = error de la medición cometida en el i-ésimo tratamiento y la j-ésima repetición.

$M_k$  = efecto de medición de la k-ésima observación.

$\tau M_{jK}$  = interacción tratamiento\*medición de la j-ésima repetición en la k-ésima observación.

$b_1$  = pendiente de la temperatura del aire.

$b_2$  = pendiente de la humedad relativa del aire.

$X_1$  = temperatura del aire.

$X_2$  = humedad relativa del aire.

$\varepsilon_{ijK}$  = error de medición cometida en el i-ésimo tratamiento de la j-ésima repetición y la k-ésima observación.

### 3.5 Metodología de muestreo

Los factores principales que según la hipótesis de este estudio podrían afectar la dinámica poblacional de la broca y el parasitismo natural, fueron la temperatura ambiental y la humedad relativa del aire. Estos factores y la infestación de la broca en los frutos de café se registraron periódicamente en cada parcela durante el estudio.

### **3.5.1 Factores ambientales**

Los factores registrados fueron: temperatura ambiental (°C), humedad relativa del aire (%) y precipitación (mm). Se estimó la precipitación mensual con los datos colectados en la estación meteorológica ubicada en la finca.

La toma de datos inició el primero de marzo y finalizó el 29 de septiembre, haciendo registros diarios de la temperatura ambiental y la humedad relativa del aire. Para esto se hizo uso de un termo-higrómetro portátil entre 6:00 y 7:00 a.m. y entre 13:00 y 14:00 p.m. en cada parcela experimental, el cual cuenta con elementos y sensores que digitalmente registran la temperatura ambiental y la humedad relativa en forma simultánea. Estas variables se midieron a 60 cm sobre el nivel del suelo.

### **3.5.2 Cobertura de los árboles de sombra**

La sombra (grados de cobertura) en cada parcela experimental se estimó cada mes encima de las copas de los árboles de café midiendo cuatro puntos con el uso de un densiómetro esférico. La cobertura se midió en cuatro puntos de la parcela que representaron los distintos grados de sombra presente. En cada punto se realizaron cuatro lecturas y se tomó un promedio de la cobertura proyectada.

### **3.5.3 Muestreos de frutos en el suelo y en la planta**

Los muestreos exhaustivos del café fueron realizados cada 21 días, en las primeras 60 bandolas (más jóvenes) de cada una de las 16 plantas en la parcela útil. Estos iniciaron el 21 de marzo y finalizaron el 29 de septiembre del año 2002.

Para el muestreo de frutos del suelo se marcó la primera planta en cada parcela útil, constituyendo este el primer punto de muestreo a partir del cual, se ubicaron seguidamente 3 plantas más hasta totalizar cuatro plantas en línea. En cada planta se lanzó un marco de 0.25\*0.25 m en la parte derecha bajo el dosel de la planta, recolectándose todos los frutos encontrados. Los sitios de muestreos en el suelo no se repitieron. Para cada fecha el muestreo se iniciaba en la planta siguiente a la del muestreo anterior. Para el quinto y siguientes muestreos, el marco se lanzó en la parte izquierda del dosel de la planta para que no coincidiera con el muestreo anterior, ya que las plantas correspondientes a esta fecha habían sido muestreadas durante los primeros recuentos.

En cada fecha de muestreo, se tomaron alrededor de la parcela útil 10 frutos brocados del suelo y 10 frutos brocados de los cafetos; luego estos frutos se introdujeron en un recipiente o bolsa de polietileno que contenía un papel secante para evitar la proliferación de hongos saprofitos por efecto de la transpiración de los frutos. Con la ayuda de un estereoscopio, se registraron los números de diferentes estadios de la broca y la presencia de los enemigos naturales. No se encontró parasitoides y solo se encontró al hongo *B. bassiana* esporulando sobre los cadáveres de la broca. Se realizó un muestreo por mes para cuantificar las poblaciones.

### **3.6 Variables de respuesta evaluadas**

En este estudio se midieron las siguientes variables en todas las plantas de café (16 plantas en 12 parcelas = 192 plantas) que permitieron comprender mejor el comportamiento de la broca bajo diferentes tipos de sombra. Se contabilizó las primeras 60 bandolas en cada planta de café. El conteo exhaustivo de los estados fisiológico del café se hizo de forma secuencial en un movimiento helicoidal partiendo de la parte apical hasta la base de la planta en el sentido de las manecillas del reloj.

La altura de las plantas únicamente se midió en el mes de marzo, utilizando una cinta métrica desde el nivel del suelo hasta la parte apical en los 16 cafetos. El número de hojas en las plantas de café se contabilizaron partiendo de la parte apical de la planta hasta la bandola número 60. Se hicieron siete conteos (cada mes, de marzo a septiembre). Se evaluaron todas las floraciones ocurridas durante las tres floraciones ocurridas en los meses de marzo, abril y mayo. Se contaron todas las flores abiertas que se presentaron al momento de la evaluación. El número de glomérulos en las primeras 60 bandolas se contabilizó partiendo desde el eje principal de la planta hasta los extremos de las bandolas exceptuando los frutos secos o marchitos de la cosecha anterior. Se consideró como un glomérulo, los nudos que presentaron al menos un fruto. También se muestrearon la posición y el número de glomérulos infestados por broca. El número de frutos por bandola, fue la suma de los frutos presentes en cada bandola. Para esta variable se contabilizaron los frutos de las primeras 60 bandolas / planta.

### **3.7 Fecha de medición**

Los muestreos en los cafetos de las parcelas experimentales se realizaron a partir de marzo con las primeras apariciones de las "floraciones locas" del café. El muestreo de

infestación por broca se realizó después de iniciadas las floraciones locas, por esta razón aparecen frutos brocados en el mes de marzo. Se hicieron muestreos de infestación desde que la broca empezó a perforar los primeros frutos hasta que se inició la recolección de los frutos (finales de septiembre).

### **3.8 Análisis estadístico de resultados**

Los datos fueron sometidos a medidas de tendencia central (media aritmética, varianza, desviación estándar, coeficiente de variación) para uniformar el tamaño de las muestras en cada fecha de registro y recuento.

La estructuración de los datos para las variables observadas en los cafetos, se hicieron mediante el uso de los programas Excel y SPSS V.9. Se hicieron comparaciones múltiples de medias relacionando las variables microclimáticas y fenológicas en las parcelas.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Caracterización de cobertura de árboles de sombra

Se identificaron cafetos bajo tres tipos de sombra: sombra densa de manzana rosa, sombra media de madero negro y en pleno sol. En el Cuadro 2, se presenta los promedios y los errores estándares de la cobertura de dosel sobre los cafetos bajo diferentes tipos de sombra durante los meses de marzo a septiembre del 2002.

**Cuadro 2. Cobertura de dosel (promedio  $\pm$  ES) sobre los cafetos bajo diferentes tipos de sombra. San Marcos, Nicaragua. 2002.**

TIPOS DE SOMBRA	EPOCA SECA		EPOCA LLUVIOSA				
	MARZO (n=4)	ABRIL (n=4)	MAYO (n=4)	JUNIO (n=4)	JULIO (n=4)	AGOSTO (n=4)	SEPT. (n=4)
Sombra densa manzana rosa	60 $\pm$ 0.0 <sup>b</sup>	60 $\pm$ 0.0 <sup>b</sup>	63 $\pm$ 0.0 <sup>b</sup>	64 $\pm$ 0.0 <sup>b</sup>	66 $\pm$ 0.0 <sup>b</sup>	69 $\pm$ 0.0 <sup>b</sup>	68 $\pm$ 0.0 <sup>b</sup>
Sombra media madero negro	41 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>	44 $\pm$ 0.9 <sup>a</sup>	44 $\pm$ 1.0 <sup>a</sup>	44 $\pm$ 0.8 <sup>a</sup>	46 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>	48 $\pm$ 1.9 <sup>a</sup>	49 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>
Pleno sol	0 $\pm$ 0.0	0 $\pm$ 0.0	0 $\pm$ 0.0	0 $\pm$ 0.0	0 $\pm$ 0.0	0 $\pm$ 0.0	0 $\pm$ 0.0
<b>Pr <math>\leq</math>   F  </b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>

Valores con la misma letra en la columna no presentan diferencias significativas a  $Pr \leq | F | 0.05$  | según prueba de Student-Newman-Keuls y Tukey.

Los cafetos bajo la manzana rosa tuvieron una cobertura de dosel entre 60 y 69 %, caracterizado por las copas cerradas, espaciamiento corto (2 m lineales) y poca defoliación; los cafetos bajo la sombra de madero negro tuvieron una cobertura de dosel entre 41 y 49 %, con copas más abiertas y defoliación parcial en el período seco (marzo y abril). En ambos tipos de sombra la cobertura de dosel fue menor en la época seca (marzo y abril), y aumentó durante la época lluviosa (de mayo a septiembre). A pleno sol no hubo cobertura.

Como es de esperar, la cobertura de dosel mostró diferencias significativas entre los diferentes tipos de sombra durante los meses de estudio. Las mediciones de la cobertura de dosel en las parcelas de diferentes tipos de sombra presentaron baja variación, confirmando la uniformidad de las condiciones de sombreado dentro de las parcelas y las repeticiones.

## 4.2 Factores ambientales

### 4.2.1 Precipitación

La precipitación mensual registrada en la zona de estudio muestra que los meses de marzo y abril fueron relativamente secos (Cuadro 3). El invierno inició en el mes de mayo con una alta cantidad de precipitación y las lluvias continuaron durante los meses de junio y julio. En el mes de agosto se observó una reducción en la precipitación (conocido localmente como la canícula) y en el mes de septiembre se registró un aumento en la precipitación.

**Cuadro 3. Precipitación mensual registrada durante el período de estudio (marzo – septiembre). San Marcos, Nicaragua. 2002.**

MES	PRECIPITACIÓN (mm)
Marzo	5.25
Abril	17.5
Mayo	581.0
Junio	271.0
Julio	187.5
Agosto	142.0
Septiembre	449.0

Fuente: Estación meteorológica de la Empresa Inversiones Generales, S.A. San Marcos, Nicaragua. 2002.

El patrón de lluvia recibida durante el período de estudio se puede considerar normal, con la excepción del hecho que la precipitación recibida durante el mes de mayo (581 mm) fue mucho mayor que el promedio histórico de la zona (185 mm) Guharay *et al.* 2000). Esto fue resultado de un período corto (de 22 de mayo a 28 de mayo) de altas precipitaciones causado por la presencia de un fenómeno temporal de baja presión. Las lluvias que antecedieron a este fenómeno provocaron la floración principal en los cafetos en la fecha del 23 de mayo. Pero la continuación de las lluvias y la presencia de alta humedad durante los siguiente 5 días consecutivos, causó pudrición total de los botones florales y los frutos recién formados de la floración principal. Un ejemplo hipotético ilustra los frutos provenientes de las floraciones anticipadas y los frutos esperados de la floración principal



(Figura 3). Por ende, en este estudio no se logró estudiar la infestación y desarrollo poblacional de la broca sobre los frutos provenientes de la floración principal, sino solamente aproximadamente el 20 ó 25 % de los frutos provenientes de las floraciones anticipadas que ocurrieron en los meses de febrero y marzo.

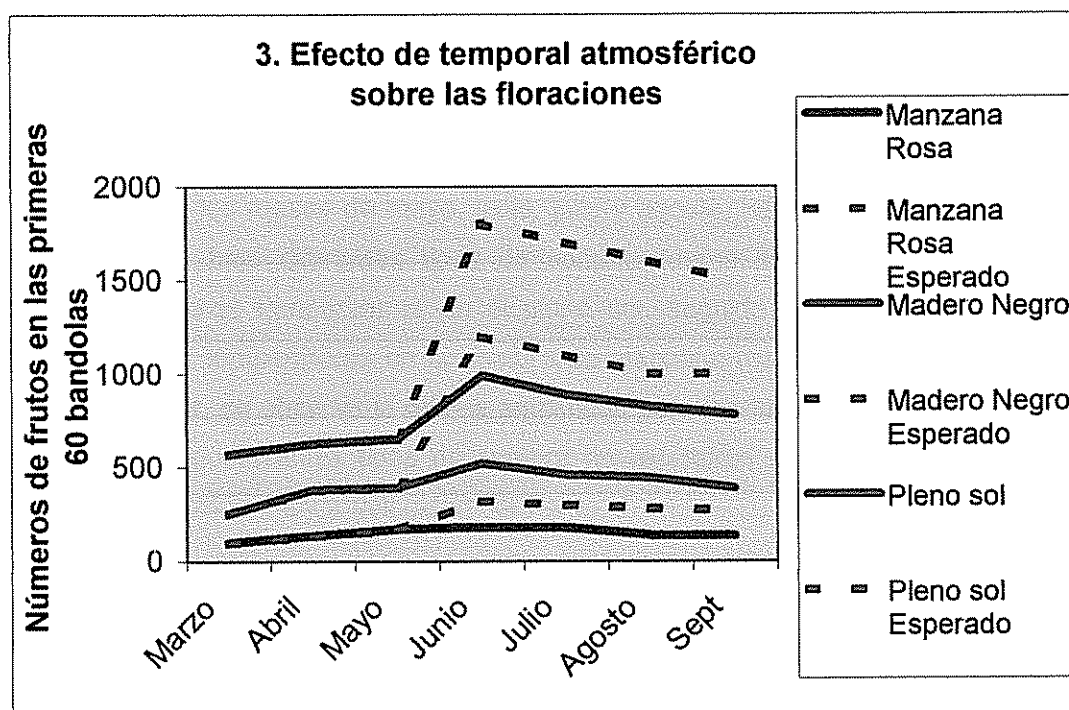


Figura 3. Esquema hipotético de los frutos de las floraciones anticipadas y los frutos esperados de la floración principal bajo diferentes tipos de sombra. San Marcos, Nicaragua. 2002.

#### **4.2.2 Temperatura y humedad relativa del aire bajo diferentes tipos de sombra**

A las 6.00 a.m. la temperatura del aire tomada a 60 cm sobre el nivel del suelo en las calles de los cafetales fue entre 22 y 28 °C durante los meses de marzo a septiembre (Cuadro 4). Se registraron temperaturas más bajas en la época seca (marzo - abril) y temperaturas más altas en el período lluvioso (mayo - septiembre). En ningún momento, las temperaturas registradas en las calles de los cafetales a las 6.00 a.m. fueron significativamente diferentes entre los diferentes tipos de sombra. A las 13.00 p.m. la temperatura del aire en las calles de los cafetales fue mayor y osciló entre 23 y 34 °C durante los meses de marzo a septiembre. Se registraron temperaturas más altas en el mes de abril. En los meses de mayo, junio, julio y agosto, las temperaturas en las calles de los cafetales bajo diferentes tipos de sombra fueron significativamente diferentes, registrando mayores temperaturas en el pleno sol, seguido por la sombra de madero negro y menores temperaturas en la sombra de manzana rosa. En los meses de marzo, abril y septiembre, se observó la misma tendencia, pero las temperaturas de las calles de los cafetales bajo diferentes tipos de sombra no resultaron significativamente diferentes posiblemente debido a mayor velocidad del viento.

A las 6.00 a.m. la humedad relativa del aire en las calles de los cafetales osciló entre 71 y 93 % durante los meses de marzo a septiembre sin diferencias significativas bajo los diferentes tipos de sombra. A las 13.00 p.m. la humedad relativa del aire en las calles de los cafetales fue menor y osciló entre 42 y 92 % durante los meses de marzo a septiembre. En los meses de mayo, julio y agosto, la humedad relativa registradas en las calles de los cafetales a las 13.00 p.m. fueron significativamente diferentes en los diferentes tipos de sombra, registrando menos humedad relativa en pleno sol, seguido por la sombra de madero negro y con mayores valores en la sombra de manzana rosa (Cuadro 4).

#### **4.2.3 Fluctuación diaria de la temperatura y la humedad relativa del aire bajo diferentes tipos de sombra**

La radiación solar recibida durante el día aumentó la temperatura del aire en las calles de los cafetales en las horas de la tarde, al mismo tiempo redujo la humedad relativa. Por lo tanto, el grado de cambio en la temperatura y la humedad relativa, variaron según la época y los tipos de sombra (Cuadro 5).

En las calles de los cafetales bajo la sombra densa de manzana rosa, la temperatura del aire aumentó de 5 á 7 °C durante la tarde en los meses de la época seca. Sin embargo, durante la época lluviosa, la diferencia entre las temperaturas de la tarde y de la mañana bajo esta condición fue mínima y a veces la temperatura por la mañana fue mayor que la temperatura por la tarde. En las calles de los cafetales bajo la sombra de madero negro, se observó un aumento de temperaturas de 5 á 6 °C durante la época seca y en la época lluviosa el aumento de la temperatura fue de 2 á 3 °C. El aumento de la temperatura en las horas de la tarde (13:00 p.m.) en las calles de los cafetales bajo el pleno sol fue mayor (entre 5 y 10 °C) durante todos los meses del estudio.

Al comparar las diferencias de las temperaturas del aire entre las horas de la tarde y la mañana en las calles de los cafetales, se observó que durante los meses de marzo, abril, junio y septiembre, no hubo diferencia significativa entre las fluctuaciones de la temperatura bajos los diferentes tipos de sombra posiblemente a efecto del viento. En los meses de mayo, julio y agosto, se encontró que la fluctuación fue significativamente mayor en los cafetales bajo pleno sol en comparación con los cafetales sombreados. Solamente en los meses de mayo y agosto, se encontró que las fluctuaciones diarias de temperatura fueron mayores en las calles de los cafetales con la sombra de madero negro en comparación con los cafetales con la sombra de manzana rosa.

Durante la época seca, se observó mayor reducción de la humedad relativa del aire en las horas de la tarde en las calles de todos los cafetales y no hubo diferencia significativa entre las fluctuaciones diarias de la humedad relativa observadas en los cafetales bajo diferentes tipos de sombra. Durante la época lluviosa, los cafetales bajo sombra de manzana rosa mantuvieron una humedad relativa estable durante el día, presentando fluctuaciones mínimas entre las horas de la mañana y de la tarde. Sin embargo, en los cafetales bajo la sombra de madero negro y en el pleno sol, la humedad relativa del aire sufría mayores fluctuaciones. Durante los meses de mayo, julio y agosto las fluctuaciones diarias fueron significativamente mayores en los cafetales bajo pleno sol y en los meses de mayo y agosto, las fluctuaciones diarias de la humedad relativa del aire en los cafetales bajo la sombra de madero negro fueron mayores que en los cafetales bajo la sombra de manzana rosa.

**Cuadro 4. Temperatura (°C) y humedad relativa (%) del aire (promedio  $\pm$  ES) bajo diferentes tipos de sombra. San Marcos, Nicaragua. 2002.**

FACTORES AMBS.	EPOCA SECA			EPOCA LLUVIOSA			
	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.
<b>Temperatura a las 06:00 a.m.</b>							
Sombra manzana rosa	22.0 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	23.9 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>	25.4 $\pm$ 0.6 <sup>a</sup>	24.8 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	25.7 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>	26.3 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>	26.5 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>
Sombra madero negro	22.8 $\pm$ 1.7 <sup>a</sup>	24.5 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	27.7 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	24.7 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	25.5 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	26.1 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>	28.0 $\pm$ 0.6 <sup>a</sup>
Pleno sol	23.0 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	24.3 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>	26.1 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	25.6 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	25.9 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	26.3 $\pm$ 1.0 <sup>a</sup>	26.0 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>
<b>Pr <math>\leq</math>   F  </b>	<b>0.338</b>	<b>0.556</b>	<b>0.022</b>	<b>0.124</b>	<b>0.805</b>	<b>0.967</b>	<b>0.057</b>
<b>Temperatura a las 13:00 p.m.</b>							
Sombra manzana rosa	27.7 $\pm$ 1.5 <sup>a</sup>	31.0 $\pm$ 0.9 <sup>a</sup>	23.6 $\pm$ 1.5 <sup>a</sup>	25.9 $\pm$ 0.8 <sup>a</sup>	26.0 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	25.7 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	26.8 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>
Sombra madero negro	27.9 $\pm$ 2.3 <sup>a</sup>	31.0 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	30.5 $\pm$ 0.6 <sup>b</sup>	28.1 $\pm$ 1.8 <sup>ab</sup>	28.3 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	29.3 $\pm$ 0.4 <sup>b</sup>	29.6 $\pm$ 1.1 <sup>a</sup>
Pleno sol	28.8 $\pm$ 2.3 <sup>a</sup>	34.4 $\pm$ 1.6 <sup>a</sup>	34.3 $\pm$ 0.9	31.8 $\pm$ 0.9 <sup>b</sup>	32.4 $\pm$ 1.3 <sup>b</sup>	33.3 $\pm$ 0.5 <sup>o</sup>	30.2 $\pm$ 2.1 <sup>a</sup>
<b>Pr <math>\leq</math>   F  </b>	<b>0.894</b>	<b>0.094</b>	<b>0.000</b>	<b>0.035</b>	<b>0.002</b>	<b>0.000</b>	<b>0.253</b>
<b>Humedad relativa a las 06:00 a.m.</b>							
Sombra manzana rosa	81.7 $\pm$ 1.8 <sup>a</sup>	77.1 $\pm$ 2.7 <sup>a</sup>	82.0 $\pm$ 2.1 <sup>a</sup>	89.2 $\pm$ 3.2 <sup>a</sup>	79.6 $\pm$ 2.7 <sup>a</sup>	83.0 $\pm$ 3.5 <sup>b</sup>	93.0 $\pm$ 3.6 <sup>b</sup>
Sombra madero negro	83.3 $\pm$ 1.3 <sup>a</sup>	75.7 $\pm$ 1.8 <sup>a</sup>	71.2 $\pm$ 2.3	91.4 $\pm$ 1.3 <sup>a</sup>	83.1 $\pm$ 2.3 <sup>a</sup>	86.4 $\pm$ 1.0 <sup>a</sup>	87.8 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>
Pleno sol	79.8 $\pm$ 1.1 <sup>a</sup>	77.4 $\pm$ 1.8 <sup>a</sup>	75.8 $\pm$ 4.3 <sup>a</sup>	88.1 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	84.7 $\pm$ 4.0 <sup>a</sup>	81.9 $\pm$ 2.5 <sup>a</sup>	93.6 $\pm$ 1.6 <sup>a</sup>
<b>Pr <math>\leq</math>   F  </b>	<b>0.277</b>	<b>0.861</b>	<b>0.142</b>	<b>0.543</b>	<b>0.522</b>	<b>0.475</b>	<b>0.204</b>
<b>Humedad relativa a las 13:00 p.m.</b>							
Sombra manzana rosa	65.2 $\pm$ 11.1 <sup>a</sup>	46.5 $\pm$ 3.9 <sup>a</sup>	86.8 $\pm$ 6.6 <sup>b</sup>	85.0 $\pm$ 4.9 <sup>a</sup>	78.6 $\pm$ 4.5 <sup>b</sup>	84.8 $\pm$ 2.4 <sup>c</sup>	92.7 $\pm$ 1.7 <sup>a</sup>
Sombra madero negro	66.4 $\pm$ 8.1 <sup>a</sup>	45.5 $\pm$ 1.3 <sup>a</sup>	58.9 $\pm$ 3.1 <sup>a</sup>	81.1 $\pm$ 7.7 <sup>a</sup>	76.6 $\pm$ 3.9 <sup>b</sup>	69.1 $\pm$ 5.4 <sup>b</sup>	82.5 $\pm$ 6.7 <sup>a</sup>
Pleno sol	62.1 $\pm$ 9.3 <sup>a</sup>	42.4 $\pm$ 4.1 <sup>a</sup>	48.7 $\pm$ 6.0 <sup>a</sup>	72.7 $\pm$ 4.0 <sup>a</sup>	58.6 $\pm$ 5.1 <sup>a</sup>	55.6 $\pm$ 3.0 <sup>a</sup>	74.4 $\pm$ 10.1 <sup>a</sup>
<b>Pr <math>\leq</math>   F  </b>	<b>0.949</b>	<b>0.733</b>	<b>0.003</b>	<b>0.351</b>	<b>0.025</b>	<b>0.002</b>	<b>0.244</b>

Valores con la misma letra en la columna no presentan diferencias significativas a  $Pr \leq F | 0.05 |$  según prueba de Student-Newman-Keuls y Tukey.

**Cuadro 5. Fluctuaciones (promedio  $\pm$  ES) de la temperatura y la humedad relativa del aire bajo diferentes tipos de sombra. San Marcos, Nicaragua. 2002.**

FLUCT. AMB.	EPOCA SECA			EPOCA LLUVIOSA			
	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.
<b>Diferencia de la temperatura (13:00 p.m. – 6:00 a.m.)</b>							
Sombra manzana rosa	5.7 $\pm$ 1.6 <sup>a</sup>	7.1 $\pm$ 1.3 <sup>a</sup>	-1.8 $\pm$ 0.9 <sup>a</sup>	1.1 $\pm$ 0.8 <sup>a</sup>	0.3 $\pm$ 0.8 <sup>a</sup>	-0.5 $\pm$ 0.7 <sup>a</sup>	0.3 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>
Sombra madero negro	5.1 $\pm$ 1.9 <sup>a</sup>	6.5 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>	2.7 $\pm$ 0.5 <sup>b</sup>	3.4 $\pm$ 2.1 <sup>a</sup>	2.7 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	3.2 $\pm$ 0.9 <sup>b</sup>	1.6 $\pm$ 1.4 <sup>a</sup>
Pleno sol	5.8 $\pm$ 1.9 <sup>a</sup>	10.1 $\pm$ 1.7 <sup>a</sup>	8.2 $\pm$ 0.9 <sup>c</sup>	6.1 $\pm$ 1.1 <sup>a</sup>	6.4 $\pm$ 1.1 <sup>b</sup>	7.0 $\pm$ 1.0 <sup>c</sup>	4.2 $\pm$ 2.2 <sup>a</sup>
<b>Pr <math>\leq</math>   F  </b>	<b>0.961</b>	<b>0.187</b>	<b>0.000</b>	<b>0.114</b>	<b>0.003</b>	<b>0.001</b>	<b>0.261</b>
<b>Diferencia de la humedad relativa (6:00 a.m. – 13:00 p.m.)</b>							
Sombra manzana rosa	16.5 $\pm$ 10.4 <sup>a</sup>	30.8 $\pm$ 6.1 <sup>a</sup>	-4.8 $\pm$ 4.4 <sup>a</sup>	4.2 $\pm$ 1.7 <sup>a</sup>	1.0 $\pm$ 2.4 <sup>a</sup>	-1.8 $\pm$ 1.4 <sup>a</sup>	0.3 $\pm$ 1.8 <sup>a</sup>
Sombra madero negro	16.9 $\pm$ 9.4 <sup>a</sup>	30.3 $\pm$ 2.2 <sup>a</sup>	12.2 $\pm$ 1.3 <sup>b</sup>	10.2 $\pm$ 6.4 <sup>a</sup>	6.6 $\pm$ 1.5 <sup>a</sup>	17.2 $\pm$ 5.9 <sup>b</sup>	5.3 $\pm$ 6.4 <sup>a</sup>
Pleno sol	17.7 $\pm$ 8.8 <sup>a</sup>	35.0 $\pm$ 4.1 <sup>a</sup>	27.0 $\pm$ 5.6 <sup>c</sup>	15.4 $\pm$ 4.2 <sup>a</sup>	26.1 $\pm$ 3.9 <sup>b</sup>	26.2 $\pm$ 5.4 <sup>b</sup>	19.1 $\pm$ 8.7 <sup>a</sup>
<b>Pr <math>\leq</math>   F  </b>	<b>0.996</b>	<b>0.773</b>	<b>0.003</b>	<b>0.273</b>	<b>0.000</b>	<b>0.007</b>	<b>0.150</b>

Valores con la misma letra en la columna no presentan diferencias significativas a Pr  $\leq$  F | 0.05 | según prueba de Student-Newman-Keuls y Tukey.

### **4.3 Fenología del café bajo diferentes tipos de sombra.**

Las plantaciones sombreadas y en pleno sol recibieron descopes. Las plantaciones de café con sombra densa de manzana rosa y sombra media de madero negro alcanzaron altura significativamente mayores (2.3 m) que las alturas de las plantas de café en pleno sol (1.3 m) (Cuadro 6). Estas diferencias en altura se debieron a mayor elongamiento de las plantas sombreadas en busca de los rayos solares.

El número de hojas presentes en las primeras 60 bandolas de las plantaciones con sombra media de madero negro fue significativamente mayor al número de hojas en las plantaciones con sombra densa de manzana rosa y en pleno sol. Se observó que las plantaciones de café con sombra media de madero tuvieron un aumento continuo de las hojas durante el estudio; en cambio, en sombra densa de manzana rosa y en pleno sol el promedio de hojas disminuyó después de julio.

El promedio de glomérulos y frutos totales en las primeras 60 bandolas de las plantas de café fueron significativamente diferente entre los tipos de sombra. A pleno sol hubo mayor promedio de glomérulos y frutos totales seguidos de los cafetos con sombra de madero negro.

Durante la época seca (marzo – abril), los diferentes tipos de sombra presentaron menor número de glomérulos y frutos totales debido a que estos provienen de las floraciones anticipadas. En el invierno (mayo – septiembre) los glomérulos y frutos totales mantuvieron resultados similares a la época seca debido a que la floración principal fue afectada por un fenómeno atmosférico de 5 días de duración en el mes de mayo. Los glomérulos comienzan a descender en el mes de junio por la caída natural de los frutos y por desarrollo de infestación de la broca. En las diferentes condiciones de sombra y fechas de estudio el promedio de glomérulos varió de 31 á 244; en tanto que el promedio de frutos totales varió de 94 á 989.

**Cuadro 6. Fenología (promedio  $\pm$  ES) de las plantas de café bajo diferentes tipos de sombra. San Marcos, Nicaragua. 2002.**

VARIABLES	EPOCA SECA			EPOCA LLUVIOSA			
	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.
<b>Altura promedio de los cafetos</b>							
Sombra manzana rosa	2.2 $\pm$ 0.2 <sup>b</sup>						
Sombra madero negro	2.0 $\pm$ 0.1 <sup>b</sup>						
Pleno sol	1.3 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>						
<b>Pr <math>\leq</math>   F  </b>	<b>0.008</b>						
<b>Promedio de hojas en las primeras 60 bandolas (más jóvenes)</b>							
Sombra manzana rosa	980 $\pm$ 39.3 <sup>a</sup>	981 $\pm$ 39.5 <sup>a</sup>	1129 $\pm$ 67.2 <sup>a</sup>	1405 $\pm$ 67.4 <sup>a</sup>	1427 $\pm$ 67.0 <sup>a</sup>	1397 $\pm$ 67.6 <sup>a</sup>	1385 $\pm$ 67.7 <sup>a</sup>
Sombra madero negro	1451 $\pm$ 89.6 <sup>b</sup>	1450 $\pm$ 89.5 <sup>b</sup>	1438 $\pm$ 88.0 <sup>b</sup>	1781 $\pm$ 93.9 <sup>b</sup>	1706 $\pm$ 86.3 <sup>b</sup>	1768 $\pm$ 94.3 <sup>b</sup>	1766 $\pm$ 94.3 <sup>b</sup>
Pleno sol	1135 $\pm$ 57.0 <sup>a</sup>	1131 $\pm$ 57.9 <sup>a</sup>	1138 $\pm$ 59.6 <sup>a</sup>	1335 $\pm$ 76.4 <sup>a</sup>	1399 $\pm$ 89.6 <sup>a</sup>	1331 $\pm$ 76.4 <sup>a</sup>	1330 $\pm$ 76.9 <sup>a</sup>
<b>Pr <math>\leq</math>   F  </b>	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>	<b>0.405</b>	<b>0.042</b>	<b>0.349</b>	<b>0.052</b>	<b>0.045</b>
<b>Promedio de glomérulos en las primeras 60 bandolas (más jóvenes)</b>							
Sombra manzana rosa	30.9 $\pm$ 4.2 <sup>a</sup>	37.6 $\pm$ 4.6 <sup>a</sup>	78.9 $\pm$ 10.6 <sup>a</sup>	65.9 $\pm$ 6.1 <sup>a</sup>	70.7 $\pm$ 7.0 <sup>a</sup>	59.8 $\pm$ 5.4 <sup>a</sup>	57.6 $\pm$ 5.4 <sup>a</sup>
Sombra madero negro	84.2 $\pm$ 12.1 <sup>b</sup>	92.3 $\pm$ 11.8 <sup>b</sup>	101.1 $\pm$ 12.6 <sup>a</sup>	142.8 $\pm$ 12.3 <sup>b</sup>	154.9 $\pm$ 14.3 <sup>b</sup>	156.7 $\pm$ 14.3 <sup>b</sup>	142.5 $\pm$ 12.5 <sup>b</sup>
Pleno sol	147.2 $\pm$ 13.2 <sup>c</sup>	150.1 $\pm$ 13.3 <sup>c</sup>	168.8 $\pm$ 15.1 <sup>b</sup>	236.7 $\pm$ 15.7 <sup>c</sup>	244.2 $\pm$ 16.4 <sup>c</sup>	242.8 $\pm$ 15.7 <sup>c</sup>	232.5 $\pm$ 14.9 <sup>c</sup>
<b>Pr <math>\leq</math>   F  </b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>
<b>Promedio de frutos en las primeras 60 bandolas (más jóvenes)</b>							
Sombra manzana rosa	94.1 $\pm$ 15.5 <sup>a</sup>	134.2 $\pm$ 20.3 <sup>a</sup>	167.4 $\pm$ 27.6 <sup>a</sup>	178.4 $\pm$ 19.8 <sup>a</sup>	175.4 $\pm$ 22.4 <sup>a</sup>	137.7 $\pm$ 15.4 <sup>a</sup>	133.1 $\pm$ 15.2 <sup>a</sup>
Sombra madero negro	251 $\pm$ 50.6 <sup>a</sup>	378.3 $\pm$ 54.8 <sup>b</sup>	390.3 $\pm$ 76.7 <sup>b</sup>	518.4 $\pm$ 56.1 <sup>b</sup>	459.0 $\pm$ 58.1 <sup>b</sup>	443.5 $\pm$ 54.5 <sup>b</sup>	386.3 $\pm$ 43.2 <sup>b</sup>
Pleno sol	567 $\pm$ 72.7 <sup>b</sup>	626.9 $\pm$ 72.5 <sup>c</sup>	650.8 $\pm$ 74.3 <sup>c</sup>	988.6 $\pm$ 74.7 <sup>c</sup>	884.7 $\pm$ 77.2 <sup>c</sup>	821.9 $\pm$ 67.8 <sup>c</sup>	780.4 $\pm$ 63.6 <sup>c</sup>
<b>Pr <math>\leq</math>   F  </b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>

Valores con la misma letra en la columna no presentan diferencias significativas a  $Pr \leq F | 0.01 |$  según prueba de Student-Newman-Keuls y Tukey.

#### **4.4 Epidemiología de broca en frutos caídos bajo las plantas de café**

##### **4.4.1 Infestación de broca en frutos caídos bajo las plantas**

Durante los meses de la época seca se encontró más frutos caídos bajo los cafetos que durante la época lluviosa (Cuadro 7). Sin embargo, en la época seca no se encontraron diferencias significativas entre la cantidad de frutos caídos en los cafetos bajo los diferentes tipos de sombra. Durante la época lluviosa (mayo – septiembre), el número de frutos caídos bajo el área de las plantas de café disminuyó; sin embargo, las plantaciones en pleno sol presentaron más frutos caídos, siendo significativamente mayores durante los meses de junio y julio respecto a las plantaciones sombreadas.

Los frutos en el suelo brocados bajo las plantaciones sombreadas y en pleno sol presentaron porcentajes similares en la época seca y lluviosa y solo en una fecha ocurrió una diferencia significativa entre los diferentes tipos de sombra. Sin embargo, los porcentajes de frutos en el suelo brocados, que se presentaron bajo las plantaciones con sombra de manzana rosa durante los meses de junio y julio, provocaron diferencias significativas respecto a las plantaciones con sombra de madero negro y en pleno sol. Debido probablemente a que el área bajo las plantaciones con sombra densa presentaron mejores condiciones de humedad para el desarrollo de la broca.



**Cuadro 7. Desarrollo (promedio  $\pm$  ES) de infestación de broca en frutos caídos bajo las plantas de café. San Marcos, Nicaragua. 2002.**

INFESTACION	EPOCA SECA		EPOCA LLUVIOSA			
	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETP.
<b>Promedio de frutos caídos bajo la planta</b>						
Sombra manzana rosa	73.5 $\pm$ 13.1 <sup>a</sup>	20.0 $\pm$ 3.8 <sup>a</sup>	9.5 $\pm$ 3.0 <sup>a</sup>	8.5 $\pm$ 2.1 <sup>a</sup>	25.0 $\pm$ 6.4 <sup>a</sup>	10.5 $\pm$ 2.3 <sup>a</sup>
Sombra madero negro	25.5 $\pm$ 6.2 <sup>a</sup>	18.0 $\pm$ 4.4 <sup>a</sup>	8.0 $\pm$ 2.2 <sup>a</sup>	9.5 $\pm$ 2.4 <sup>a</sup>	13.0 $\pm$ 2.6 <sup>a</sup>	13.5 $\pm$ 3.2 <sup>a</sup>
Pleno sol	56.5 $\pm$ 22.6 <sup>a</sup>	32.5 $\pm$ 9.8 <sup>a</sup>	39.0 $\pm$ 10.8 <sup>b</sup>	26.5 $\pm$ 5.5 <sup>b</sup>	27.5 $\pm$ 8.9 <sup>a</sup>	16.0 $\pm$ 4.9 <sup>a</sup>
<b>Pr <math>\leq</math>   F  </b>	<b>0.097</b>	<b>0.256</b>	<b>0.002</b>	<b>0.002</b>	<b>0.255</b>	<b>0.572</b>
<b>Promedio de frutos caídos bajo la planta brocados</b>						
Sombra manzana rosa	36.5 $\pm$ 10.7 <sup>a</sup>	10.5 $\pm$ 3.4 <sup>a</sup>	7.0 $\pm$ 2.0 <sup>a</sup>	5.5 $\pm$ 1.5 <sup>a</sup>	12.5 $\pm$ 3.7 <sup>a</sup>	4.0 $\pm$ 1.3 <sup>a</sup>
Sombra madero negro	16.0 $\pm$ 5.3 <sup>a</sup>	8.5 $\pm$ 2.4 <sup>a</sup>	3.5 $\pm$ 1.2 <sup>a</sup>	2.5 $\pm$ 1.2 <sup>a</sup>	7.5 $\pm$ 1.9 <sup>a</sup>	5.5 $\pm$ 1.2 <sup>a</sup>
Pleno sol	45.0 $\pm$ 22.0 <sup>a</sup>	10.5 $\pm$ 4.8 <sup>a</sup>	18.5 $\pm$ 6.0 <sup>b</sup>	8.5 $\pm$ 2.7 <sup>a</sup>	11.5 $\pm$ 4.4 <sup>a</sup>	7.5 $\pm$ 2.1 <sup>a</sup>
<b>Pr <math>\leq</math>   F  </b>	<b>0.355</b>	<b>0.907</b>	<b>0.019</b>	<b>0.100</b>	<b>0.571</b>	<b>0.304</b>
<b>% de frutos caídos bajo la planta brocados</b>						
Sombra manzana rosa	45.7 $\pm$ 7.1 <sup>a</sup>	43.6 $\pm$ 11.4 <sup>a</sup>	80.3 $\pm$ 9.7 <sup>b</sup>	71.6 $\pm$ 0.3 <sup>b</sup>	46.7 $\pm$ 8.2 <sup>a</sup>	35.8 $\pm$ 11.4 <sup>a</sup>
Sombra madero negro	58.3 $\pm$ 8.7 <sup>a</sup>	55.8 $\pm$ 11.3 <sup>a</sup>	44.4 $\pm$ 13.3 <sup>a</sup>	24.2 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	53.8 $\pm$ 10.3 <sup>a</sup>	56.9 $\pm$ 11.7 <sup>a</sup>
Pleno sol	47.2 $\pm$ 9.7 <sup>a</sup>	27.7 $\pm$ 10.4 <sup>a</sup>	39.5 $\pm$ 8.2 <sup>a</sup>	33.7 $\pm$ 0.07 <sup>a</sup>	30.0 $\pm$ 6.7 <sup>a</sup>	55.8 $\pm$ 11.8 <sup>a</sup>
<b>Pr <math>\leq</math>   F  </b>	<b>0.521</b>	<b>0.222</b>	<b>0.014</b>	<b>0.026</b>	<b>0.153</b>	<b>0.354</b>

Valores con la misma letra en la columna no presentan diferencias significativas a Pr  $\leq$  F | 0.05 | según prueba de Student-Newman-Keuls y Tukey.

#### **4.4.2 Población de broca por frutos caídos bajo la planta**

La población de broca por frutos caídos en el suelo disminuyó durante los meses de junio a septiembre, lo cual guarda relación con la disponibilidad de frutos caídos en el suelo (Cuadro 8).

Los estados inmaduros de broca tuvieron pocos individuos por frutos bajo las plantaciones sombreadas y en pleno sol. Se presentó un caso excepcional en el mes de mayo y probablemente no representativo, donde la población de pupas por frutos en el suelo bajo las plantaciones con sombra de madero negro fue significativamente mayor a las poblaciones de pupas encontradas bajo sombra de manzana rosa y en pleno sol. Esta diferencia se reflejó en la población total de broca durante el mes de mayo mostrando diferencias significativas bajo las plantaciones con sombra de madero negro respecto a las plantaciones con sombra de manzana rosa y en pleno sol.

La población de broca por frutos en el suelo bajo las plantaciones sombreadas y en pleno sol con excepción del mes de mayo, no varió durante los meses de estudio.

#### **4.4.3 Población de broca/0.5 m<sup>2</sup> en frutos caídos bajo el área de las plantas**

La población de adultos vivos y los estados inmaduros en los frutos caídos en el suelo/0.5 m<sup>2</sup> se obtuvo de multiplicar el área de goteo de la planta de café equivalente aproximadamente a 8 marcos de 0.25\*0.25 m (Cuadro 9).

Los estados inmaduros de broca encontrados en los frutos caídos bajo las plantaciones sombreadas y en pleno sol tuvieron pocos individuos/0.5 m<sup>2</sup> durante los meses de estudio.

La población de broca/0.5 m<sup>2</sup> bajo el área de las plantas de café fue mayor durante los meses de abril y mayo (de 53 á 158 individuos/0.5 m<sup>2</sup>); sin embargo, las plantaciones sombreadas y en pleno sol no fueron significativamente diferente. Luego durante los meses de junio a septiembre se observó un descenso. En este caso, las plantaciones de café en pleno sol presentaron un valor significativamente más alto únicamente en el mes de junio respecto a sombra de manzana rosa y sombra de madero negro.

**Cuadro 8. Población (promedio  $\pm$  ES) de broca por frutos caídos en el suelo bajo diferentes tipos de sombra. San Marcos, Nicaragua. 2002.**

# de indiv/10 frutos	EPOCA SECA		EPOCA LLUVIOSA			
	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.
<b>Promedio de huevos/frutos en el suelo</b>						
Sombra manzana rosa	0.1 $\pm$ 0.07 <sup>a</sup>	0.6 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.6 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	0.7 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	0.9 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>
Sombra madero negro	0.1 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	4.1 $\pm$ 1.0 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.4 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	0.9 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	0.9 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>
Pleno sol	0.2 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	4.8 $\pm$ 2.0 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.5 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	0.8 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	0.8 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>
<b>Pr <math>\leq</math>   F  </b>	<b>0.645</b>	<b>0.058</b>	<b>-</b>	<b>0.808</b>	<b>0.834</b>	<b>0.819</b>
<b>Promedio de larvas/frutos en el suelo</b>						
Sombra manzana rosa	0.1 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	0.3 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	0.1 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	0.5 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	0.3 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	0.4 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>
Sombra madero negro	0.1 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>	0.6 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	0.1 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	0.7 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	0.4 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	0.3 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>
Pleno sol	0.4 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	0.6 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	0.1 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	0.7 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	0.2 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	0.4 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>
<b>Pr <math>\leq</math>   F  </b>	<b>0.034</b>	<b>0.652</b>	<b>0.902</b>	<b>0.682</b>	<b>0.424</b>	<b>0.814</b>
<b>Promedio de pupas/frutos en el suelo</b>						
Sombra manzana rosa	0.1 $\pm$ 0.06 <sup>a</sup>	3.3 $\pm$ 0.6 <sup>a</sup>	0.1 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	0.3 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	0.2 $\pm$ 0.13 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>
Sombra madero negro	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	18.1 $\pm$ 3.2 <sup>b</sup>	0.1 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	0.5 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	0.02 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>
Pleno sol	0.02 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	2.3 $\pm$ 0.7 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.2 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	0.1 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>
<b>Pr <math>\leq</math>   F  </b>	<b>0.066</b>	<b>0.000</b>	<b>0.343</b>	<b>0.282</b>	<b>0.170</b>	<b>-</b>
<b>Promedio de adultos vivos/frutos en el suelo</b>						
Sombra manzana rosa	3.4 $\pm$ 1.0 <sup>a</sup>	0.3 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	0.6 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	1.3 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	0.7 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	0.6 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>
Sombra madero negro	5.9 $\pm$ 1.2 <sup>a</sup>	0.3 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	0.5 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	1.5 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	0.6 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	0.7 $\pm$ 0.6 <sup>a</sup>
Pleno sol	2.5 $\pm$ 0.9 <sup>a</sup>	0.5 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	0.7 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	1.1 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	0.5 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	0.7 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>
<b>Pr <math>\leq</math>   F  </b>	<b>0.069</b>	<b>0.081</b>	<b>0.807</b>	<b>0.696</b>	<b>0.201</b>	<b>0.337</b>
<b>Promedio de la población total/frutos en el suelo</b>						
Sombra manzana rosa	3.6 $\pm$ 1.4 <sup>a</sup>	4.4 $\pm$ 0.8 <sup>a</sup>	0.8 $\pm$ 0.9 <sup>a</sup>	2.6 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>	1.7 $\pm$ 2.1 <sup>a</sup>	1.9 $\pm$ 1.0 <sup>a</sup>
Sombra madero negro	6.1 $\pm$ 3.5 <sup>a</sup>	23.0 $\pm$ 4.1 <sup>b</sup>	0.7 $\pm$ 1.5 <sup>a</sup>	3.0 $\pm$ 0.8 <sup>a</sup>	1.8 $\pm$ 2.3 <sup>a</sup>	1.9 $\pm$ 1.2 <sup>a</sup>
Pleno sol	3.1 $\pm$ 0.7 <sup>a</sup>	8.2 $\pm$ 2.5 <sup>a</sup>	0.8 $\pm$ 2.4 <sup>a</sup>	2.4 $\pm$ 0.7 <sup>a</sup>	1.5 $\pm$ 2.5 <sup>a</sup>	1.8 $\pm$ 1.0 <sup>a</sup>
<b>Pr <math>\leq</math>   F  </b>	<b>0.165</b>	<b>0.000</b>	<b>0.855</b>	<b>0.825</b>	<b>0.791</b>	<b>0.955</b>

Valores con la misma letra en la columna no presentan diferencias significativas a  $Pr \leq F | 0.05 |$  según prueba de Student-Newman-Keuls y Tukey.

**Cuadro 9. Población (promedio  $\pm$  ES) de broca en frutos caídos en el suelo/0.5 m<sup>2</sup> bajo diferentes tipos de sombra. San Marcos, Nicaragua. 2002.**

# de indiv/0.5 m <sup>2</sup>	EPOCA SECA		EPOCA LLUVIOSA			
	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.
<b>Promedio de huevos en frutos en el suelo/0.5 m<sup>2</sup></b>						
Sombra manzana rosa	0.7 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>	10.2 $\pm$ 4.2 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	5.0 $\pm$ 1.6 <sup>a</sup>	8.1 $\pm$ 2.3 <sup>a</sup>	3.7 $\pm$ 1.2 <sup>a</sup>
Sombra madero negro	0.5 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	24.9 $\pm$ 8.2 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	1.4 $\pm$ 0.9 <sup>a</sup>	7.3 $\pm$ 2.1 <sup>a</sup>	5.8 $\pm$ 1.5 <sup>a</sup>
Pleno sol	1.7 $\pm$ 1.1 <sup>a</sup>	81.8 $\pm$ 41.4 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	5.4 $\pm$ 2.6 <sup>a</sup>	12.6 $\pm$ 5.3 <sup>a</sup>	4.9 $\pm$ 1.6 <sup>a</sup>
<b>Pr <math>\leq</math>   F  </b>	<b>0.445</b>	<b>0.104</b>	-	<b>0.251</b>	<b>0.536</b>	<b>0.602</b>
<b>Promedio de larvas en frutos en el suelo/0.5 m<sup>2</sup></b>						
Sombra manzana rosa	0.5 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	0.6 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>	0.6 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	2.3 $\pm$ 0.6 <sup>a</sup>	1.4 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	1.4 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>
Sombra madero negro	1.3 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>	3.4 $\pm$ 1.1 <sup>a</sup>	0.1 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	3.1 $\pm$ 1.5 <sup>a</sup>	3.9 $\pm$ 1.6 <sup>a</sup>	1.3 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>
Pleno sol	6.9 $\pm$ 2.4 <sup>b</sup>	11.6 $\pm$ 7.2 <sup>a</sup>	0.5 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	8.6 $\pm$ 3.5 <sup>a</sup>	6.4 $\pm$ 3.6 <sup>a</sup>	3.2 $\pm$ 1.2 <sup>a</sup>
<b>Pr <math>\leq</math>   F  </b>	<b>0.006</b>	<b>0.171</b>	<b>0.234</b>	<b>0.105</b>	<b>0.325</b>	<b>0.184</b>
<b>Promedio de pupas en frutos en el suelo/0.5 m<sup>2</sup></b>						
Sombra manzana rosa	7.6 $\pm$ 2.9 <sup>b</sup>	38.8 $\pm$ 14.6 <sup>a</sup>	0.3 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	1.7 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>	0.2 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>
Sombra madero negro	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	127.4 $\pm$ 35.8 <sup>a</sup>	0.1 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	1.9 $\pm$ 0.8 <sup>a</sup>	0.3 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>
Pleno sol	0.25 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	47.4 $\pm$ 26.2 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0	2.4 $\pm$ 1.2 <sup>a</sup>	1.6 $\pm$ 0.9 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>
<b>Pr <math>\leq</math>   F  </b>	<b>0.003</b>	<b>0.047</b>	<b>0.524</b>	<b>0.846</b>	<b>0.137</b>	-
<b>Promedio de adultos vivos en frutos en el suelo/0.5 m<sup>2</sup></b>						
Sombra manzana rosa	135.8 $\pm$ 45.0 <sup>a</sup>	2.9 $\pm$ 1.0 <sup>a</sup>	4.1 $\pm$ 1.4 <sup>a</sup>	5.5 $\pm$ 1.7 <sup>a</sup>	7.7 $\pm$ 2.3 <sup>a</sup>	2.1 $\pm$ 0.7 <sup>a</sup>
Sombra madero negro	83.6 $\pm$ 23.6 <sup>a</sup>	2.0 $\pm$ 0.6 <sup>a</sup>	2.1 $\pm$ 0.7 <sup>a</sup>	4.6 $\pm$ 2.4 <sup>a</sup>	4.2 $\pm$ 1.1 <sup>a</sup>	4.1 $\pm$ 0.9 <sup>a</sup>
Pleno sol	98.1 $\pm$ 43.9 <sup>a</sup>	1.6 $\pm$ 0.9 <sup>a</sup>	16.9 $\pm$ 7.2 <sup>b</sup>	8.5 $\pm$ 2.4 <sup>a</sup>	6.4 $\pm$ 2.6 <sup>a</sup>	4.8 $\pm$ 1.4 <sup>a</sup>
<b>Pr <math>\leq</math>   F  </b>	<b>0.620</b>	<b>0.539</b>	<b>0.036</b>	<b>0.443</b>	<b>0.511</b>	<b>0.190</b>
<b>Promedio de la población total en frutos en el suelo/0.5 m<sup>2</sup></b>						
Sombra manzana rosa	143.2 $\pm$ 47.2 <sup>a</sup>	53.5 $\pm$ 20.1 <sup>a</sup>	4.9 $\pm$ 1.4 <sup>a</sup>	9.5 $\pm$ 2.8 <sup>a</sup>	17.4 $\pm$ 5.1 <sup>a</sup>	7.5 $\pm$ 2.2 <sup>a</sup>
Sombra madero negro	85.4 $\pm$ 24.3 <sup>a</sup>	158.0 $\pm$ 44.0 <sup>a</sup>	2.3 $\pm$ 0.8 <sup>a</sup>	11.1 $\pm$ 5.1 <sup>a</sup>	15.8 $\pm$ 4.7 <sup>a</sup>	11.2 $\pm$ 2.74 <sup>a</sup>
Pleno sol	107.0 $\pm$ 46.3 <sup>a</sup>	142.5 $\pm$ 74.5 <sup>a</sup>	17.4 $\pm$ 7.2 <sup>b</sup>	24.8 $\pm$ 8.9 <sup>a</sup>	27.0 $\pm$ 12.4 <sup>a</sup>	13.2 $\pm$ 3.7 <sup>a</sup>
<b>Pr <math>\leq</math>   F  </b>	<b>0.601</b>	<b>0.308</b>	<b>0.035</b>	<b>0.168</b>	<b>0.587</b>	<b>0.407</b>

Valores con la misma letra en la columna no presentan diferencias significativas a Pr  $\leq$  F | 0.05 | según prueba de Student-Newman-Keuls y Tukey.

#### **4.5 Epidemiología de broca en frutos sobre las plantas de café**

##### **4.5.1 Infestación de broca en frutos sobre las plantas**

En la época seca (marzo - abril), los glomérulos afectados por la broca en las plantaciones sombradas y en pleno sol no fueron significativamente diferentes (Cuadro 10). Sin embargo, en la época lluviosa (mayo - septiembre) las plantaciones bajo sombra de manzana rosa (de 13 á 20 glomérulos afectados) fueron significativamente más afectadas en comparación a las plantaciones bajo sombra de madero negro y en pleno sol, que no fueron significativamente diferentes.

Durante la época lluviosa el promedio de frutos brocados en las primeras 60 bandolas (más jóvenes) bajo las plantaciones con sombra de madero negro y en pleno sol no fueron significativamente diferentes. Sin embargo, el porcentaje de frutos brocados fue significativamente mayor bajo las plantaciones con sombra de manzana rosa (de 17 á 25 % en la época lluviosa) respecto a las plantaciones con sombra madero negro y en pleno sol, que presentaron porcentajes de infestación relativamente bajos hasta 2 %.

Únicamente en las plantaciones de café con sombra de madero negro se pudo encontrar el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* esporulando sobre los cadáveres de la broca (*H. hampei*); sin embargo, por la alta variabilidad entre los sitios investigados las plantaciones sombreadas y en pleno sol no fueron significativamente diferentes.

**Cuadro 10. Desarrollo (promedio  $\pm$  ES) de infestación de broca en frutos sobre las plantas de café bajo diferentes tipos de sombra. San Marcos, Nicaragua. 2002.**

INFESTACION	EPOCA MARZO	SECA ABRIL	MAYO	EPOCA JUNIO	LLUVIOSA JULIO	AGOSTO	SEPT.
<b>Promedio de glomérulos afectados en las primeras 60 bandolas (más jóvenes)</b>							
Sombra manzana rosa	0.02 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.4 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	13.4 $\pm$ 3.3 <sup>b</sup>	16.1 $\pm$ 3.2 <sup>b</sup>	14.4 $\pm$ 2.9 <sup>b</sup>	20.8 $\pm$ 3.9 <sup>b</sup>	20.2 $\pm$ 3.8 <sup>b</sup>
Sombra madero negro	0.4 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	0.9 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	3.9 $\pm$ 1.0 <sup>a</sup>	11.3 $\pm$ 2.6 <sup>ab</sup>	9.9 $\pm$ 2.3 <sup>ab</sup>	11.1 $\pm$ 2.8 <sup>a</sup>	9.2 $\pm$ 1.7 <sup>a</sup>
Pleno sol	0.2 $\pm$ 0.09 <sup>a</sup>	0.4 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	1.4 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	5.9 $\pm$ 1.1 <sup>a</sup>	5.3 $\pm$ 1.0 <sup>a</sup>	5.8 $\pm$ 1.1 <sup>a</sup>	6.2 $\pm$ 1.4 <sup>a</sup>
<b>Pr <math>\leq</math>   F  </b>	<b>0.020</b>	<b>0.059</b>	<b>0.020</b>	<b>0.045</b>	<b>0.098</b>	<b>0.064</b>	<b>0.086</b>
<b>Promedio de frutos brocados en las primeras 60 bandolas (más jóvenes)</b>							
Sombra manzana rosa	0.01 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.5 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	45.8 $\pm$ 12.0 <sup>b</sup>	50.1 $\pm$ 11.4 <sup>b</sup>	44.6 $\pm$ 10.4 <sup>b</sup>	43.3 $\pm$ 9.4 <sup>b</sup>	39.7 $\pm$ 8.9 <sup>b</sup>
Sombra madero negro	0.5 $\pm$ 0.25 <sup>b</sup>	1.1 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>	5.4 $\pm$ 1.5 <sup>a</sup>	15.5 $\pm$ 3.6 <sup>a</sup>	14.0 $\pm$ 3.2 <sup>a</sup>	15.2 $\pm$ 4.0 <sup>a</sup>	10.9 $\pm$ 2.1 <sup>a</sup>
Pleno sol	0.2 $\pm$ 0.09 <sup>a</sup>	0.5 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	1.5 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	7.2 $\pm$ 1.6 <sup>a</sup>	11.7 $\pm$ 3.5 <sup>a</sup>	10.1 $\pm$ 3.3 <sup>a</sup>	7.3 $\pm$ 1.4 <sup>a</sup>
<b>Pr <math>\leq</math>   F  </b>	<b>0.016</b>	<b>0.065</b>	<b>0.006</b>	<b>0.015</b>	<b>0.127</b>	<b>0.056</b>	<b>0.017</b>
<b>% de Frutos brocados en las primeras 60 bandolas (más jóvenes)</b>							
Sombra manzana rosa	1.2 $\pm$ 1.19 <sup>a</sup>	0.9 $\pm$ 0.6 <sup>a</sup>	23.4 $\pm$ 3.7 <sup>b</sup>	25.3 $\pm$ 4.3 <sup>b</sup>	17.3 $\pm$ 2.6 <sup>b</sup>	21.8 $\pm$ 3.0 <sup>b</sup>	20.3 $\pm$ 2.8 <sup>b</sup>
Sombra madero negro	0.9 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	0.3 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	1.6 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	2.3 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	1.9 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	2.2 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>	2.1 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>
Pleno sol	0.2 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	0.04 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.2 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>	1.1 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>	1.3 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	1.3 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>	0.9 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>
<b>Pr <math>\leq</math>   F  </b>	<b>0.920</b>	<b>0.224</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>
<b>% de Frutos con presencia de <i>B. bassiana</i></b>							
Sombra manzana rosa	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>
Sombra madero negro	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.04 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>
Pleno sol	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>
<b>Pr <math>\leq</math>   F  </b>	-	-	-	-	-	<b>0.598</b>	-

Valores con la misma letra en la columna no presentan diferencias significativas a Pr  $\leq$  F | 0.01 | según prueba de Student-Newman-Keuls y Tukey.

#### **4.5.2 Población de broca aérea por frutos**

Las plantaciones sombreadas y en pleno sol presentaron mayor población de broca aérea por frutos durante el mes de abril (mes seco) (Cuadro 11). Luego se observó un descenso de la población durante el mes de mayo, probablemente por las altas precipitaciones registradas en este mes. El descenso observado durante el mes de mayo se extendió hasta el mes de junio. Cuando el período de lluvias se normalizó durante los meses de julio a septiembre, la población de broca aérea por frutos aumentó a los niveles del mes de abril. Únicamente durante el mes de agosto las plantaciones sombreadas fueron significativamente mayores a las poblaciones de broca en pleno sol.

Se observaron pocos individuos inmaduros por frutos durante los meses de abril, mayo y junio, pero hubo un aumento durante los meses de julio a septiembre, debido a que la broca encontró más frutos disponibles para infestar en esta época; sin embargo, la población de broca aérea por frutos no fue significativamente diferente entre las plantaciones sombreadas y en pleno sol. Como era de esperar la población de huevos fue mayor a los demás estados inmaduros, siendo significativamente diferente en las plantaciones sombreadas respecto a pleno sol durante el mes de agosto.

#### **4.5.3 Población de broca aérea por plantas**

La población de broca aérea por plantas fue  $\leq 11$  individuos por frutos de las plantas durante el mes de abril (mes seco) y no fueron significativamente diferentes entre las plantaciones sombreadas y en pleno sol (Cuadro 12). Se observó un aumento durante la época lluviosa (mayo – septiembre), donde la población de broca fue significativamente mayor en las plantaciones con sombra de manzana rosa respecto a las plantaciones con sombra de madero negro y en pleno sol.

Los estados inmaduros (huevos, larvas y pupas) se presentaron en bajas cantidades durante los meses de abril, mayo y junio; y luego aumentaron durante los meses de julio, agosto y septiembre debido a mayor disponibilidad de frutos en esta época. No obstante, las plantaciones bajo sombra de manzana rosa presentaron mejores condiciones de humedad para el desarrollo de las poblaciones de broca aérea por frutos. Esto influyó para que las poblaciones fueran mayores en este ambiente respecto a las plantaciones con sombra de madero negro y pleno sol.

**Cuadro 11. Población (promedio  $\pm$  ES) de broca en la parte aérea por frutos bajo diferentes tipos de sombra. San Marcos, Nicaragua. 2002.**

# de indiv/10 frutos	EPOCA SECA		EPOCA LLUVIOSA			
	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETP.
<b>Promedio de huevos/frutos en la parte aérea de la planta</b>						
Sombra manzana rosa	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	1.5 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>	2.4 $\pm$ 0.3 <sup>b</sup>	3.8 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>
Sombra madero negro	0.2 $\pm$ 0.06 <sup>ab</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	1.3 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	3.1 $\pm$ 0.4 <sup>b</sup>	4.3 $\pm$ 0.7 <sup>a</sup>
Pleno sol	0.3 $\pm$ 0.1 <sup>b</sup>	0.5 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	0.2 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	1.5 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	1.2 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	2.8 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>
<b>Pr <math>\leq</math>   F  </b>	<b>0.042</b>	<b>0.134</b>	<b>0.371</b>	<b>0.914</b>	<b>0.001</b>	<b>0.200</b>
<b>Promedio larvas/frutos en la parte aérea de la planta</b>						
Sombra manzana rosa	1.0 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.4 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	1.8 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	1.2 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	1.9 $\pm$ 0.3 <sup>b</sup>
Sombra madero negro	0.4 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	0.02 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	1.5 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	1.5 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	1.8 $\pm$ 0.3 <sup>b</sup>
Pleno sol	0.3 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	0.1 $\pm$ 0.07 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	1.6 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>	0.8 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	0.9 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>
<b>Pr <math>\leq</math>   F  </b>	<b>0.091</b>	<b>0.305</b>	<b>0.371</b>	<b>0.892</b>	<b>0.139</b>	<b>0.026</b>
<b>Promedio de pupas/frutos en la parte aérea de la planta</b>						
Sombra manzana rosa	0.8 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.8 $\pm$ 0.3 <sup>b</sup>	0.3 $\pm$ 0.09 <sup>a</sup>	0.5 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>
Sombra madero negro	0.2 $\pm$ 0.09 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.4 $\pm$ 0.1 <sup>ab</sup>	0.2 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>	0.4 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>
Pleno sol	0.2 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	0.02 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.2 $\pm$ 0.07 <sup>a</sup>	0.2 $\pm$ 0.06 <sup>a</sup>	0.4 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>
<b>Pr <math>\leq</math>   F  </b>	<b>0.306</b>	<b>0.371</b>	-	<b>0.036</b>	<b>0.514</b>	<b>0.493</b>
<b>Promedio de adultos vivos/frutos en la parte aérea de la planta</b>						
Sombra manzana rosa	4.9 $\pm$ 1.3 <sup>a</sup>	1.2 $\pm$ 0.06 <sup>a</sup>	1.2 $\pm$ 0.07 <sup>b</sup>	1.8 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	1.1 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>	1.1 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>
Sombra madero negro	5.2 $\pm$ 0.8 <sup>a</sup>	1.1 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>	1.1 $\pm$ 0.04 <sup>ab</sup>	1.4 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	1.4 $\pm$ 0.1 <sup>b</sup>	1.2 $\pm$ 0.06 <sup>a</sup>
Pleno sol	4.4 $\pm$ 1.1 <sup>a</sup>	0.1 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	1.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	1.5 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	1.1 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>	1.1 $\pm$ 0.06 <sup>a</sup>
<b>Pr <math>\leq</math>   F  </b>	<b>0.885</b>	<b>0.314</b>	<b>0.016</b>	<b>0.570</b>	<b>0.004</b>	<b>0.204</b>
<b>Promedio de la población total/frutos en la parte aérea de la planta</b>						
Sombra manzana rosa	6.7 $\pm$ 1.9 <sup>a</sup>	1.2 $\pm$ 0.6 <sup>a</sup>	1.6 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	5.9 $\pm$ 1.04 <sup>a</sup>	4.9 $\pm$ 0.6 <sup>b</sup>	7.3 $\pm$ 0.8 <sup>a</sup>
Sombra madero negro	5.9 $\pm$ 0.9 <sup>a</sup>	1.1 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	1.1 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>	4.5 $\pm$ 1.0 <sup>a</sup>	6.1 $\pm$ 0.7 <sup>b</sup>	7.6 $\pm$ 1.0 <sup>a</sup>
Pleno sol	5.2 $\pm$ 1.2 <sup>a</sup>	1.7 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	1.2 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	4.8 $\pm$ 0.7 <sup>a</sup>	3.2 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	5.1 $\pm$ 0.7 <sup>a</sup>
<b>Pr <math>\leq</math>   F  </b>	<b>0.757</b>	<b>0.177</b>	<b>0.272</b>	<b>0.535</b>	<b>0.000</b>	<b>0.082</b>

Valores con la misma letra en la columna no presentan diferencias significativas a  $Pr \leq F | 0.05 |$  según prueba de Student-Newman-Keuls y Tukey.



**Cuadro 12. Población (promedio  $\pm$  ES) de broca en la parte aérea por planta bajo diferentes tipos de sombra. San Marcos, Nicaragua. 2002.**

# de indiv/plantas	EPOCA SECA		EPOCA LLUVIOSA			
	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETP.
<b>Promedio de huevos/plantas en la parte aérea</b>						
Sombra manzana rosa	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	44.8 $\pm$ 10.3 <sup>a</sup>	71.3 $\pm$ 15.1 <sup>b</sup>	39.4 $\pm$ 8.5 <sup>b</sup>
Sombra madero negro	0.3 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	3.8 $\pm$ 1.4 <sup>b</sup>	2.5 $\pm$ 0.8 <sup>b</sup>	15.5 $\pm$ 3.5 <sup>a</sup>	56.7 $\pm$ 16.4 <sup>b</sup>	11.9 $\pm$ 2.3 <sup>a</sup>
Pleno sol	0.1 $\pm$ 0.04 <sup>ab</sup>	0.1 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	32.7 $\pm$ 11.1 <sup>a</sup>	13.1 $\pm$ 7.8 <sup>a</sup>	19.4 $\pm$ 4.0 <sup>a</sup>
<b>Pr <math>\leq</math>   F  </b>	<b>0.043</b>	<b>0.001</b>	<b>0.000</b>	<b>0.072</b>	<b>0.011</b>	<b>0.002</b>
<b>Promedio de larvas/plantas en la parte aérea</b>						
Sombra manzana rosa	0.2 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	4.3 $\pm$ 2.4 <sup>a</sup>	81.8 $\pm$ 18.8 <sup>b</sup>	46.3 $\pm$ 9.6 <sup>b</sup>	72.4 $\pm$ 15.7 <sup>b</sup>
Sombra madero negro	0.9 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>	0.8 $\pm$ 0.3 <sup>b</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	30.2 $\pm$ 7.4 <sup>a</sup>	22.6 $\pm$ 6.1 <sup>a</sup>	24.4 $\pm$ 5.1 <sup>a</sup>
Pleno sol	0.1 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	0.01 $\pm$ 0.09 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	23.0 $\pm$ 7.7 <sup>a</sup>	5.4 $\pm$ 2.8 <sup>a</sup>	13.9 $\pm$ 2.8 <sup>a</sup>
<b>Pr <math>\leq</math>   F  </b>	<b>0.048</b>	<b>0.001</b>	<b>0.067</b>	<b>0.002</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>
<b>Promedio de pupas/plantas en la parte aérea</b>						
Sombra manzana rosa	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	19.4 $\pm$ 44 <sup>b</sup>	8.9 $\pm$ 1.8 <sup>b</sup>	17.1 $\pm$ 3.7 <sup>b</sup>
Sombra madero negro	0.1 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	4.8 $\pm$ 1.3 <sup>a</sup>	3.6 $\pm$ 0.8 <sup>a</sup>	4.0 $\pm$ 0.9 <sup>a</sup>
Pleno sol	0.1 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>	0.1 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	3.1 $\pm$ 1.2 <sup>a</sup>	1.5 $\pm$ 0.9 <sup>a</sup>	1.7 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>
<b>Pr <math>\leq</math>   F  </b>	<b>0.110</b>	<b>0.000</b>	-	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>
<b>Promedio de adultos vivos/plantas en la parte aérea</b>						
Sombra manzana rosa	6.7 $\pm$ 3.7 <sup>a</sup>	54.9 $\pm$ 14.4 <sup>b</sup>	50.4 $\pm$ 11.5 <sup>b</sup>	117.5 $\pm$ 28.5 <sup>b</sup>	48.1 $\pm$ 10.3 <sup>b</sup>	105.7 $\pm$ 24.1 <sup>b</sup>
Sombra madero negro	7.5 $\pm$ 3.7 <sup>a</sup>	5.7 $\pm$ 1.6 <sup>a</sup>	18.5 $\pm$ 3.8 <sup>a</sup>	19.8 $\pm$ 4.4 <sup>a</sup>	21.8 $\pm$ 5.4 <sup>a</sup>	14.9 $\pm$ 2.8 <sup>a</sup>
Pleno sol	0.8 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	1.5 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	4.9 $\pm$ 1.1 <sup>a</sup>	14.8 $\pm$ 4.5 <sup>a</sup>	7.8 $\pm$ 3.3 <sup>a</sup>	8.5 $\pm$ 1.5 <sup>a</sup>
<b>Pr <math>\leq</math>   F  </b>	<b>0.249</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>
<b>Promedio de la población total/plantas en la parte aérea</b>						
Sombra manzana rosa	8.5 $\pm$ 4.7 <sup>a</sup>	54.9 $\pm$ 14.4 <sup>b</sup>	54.6 $\pm$ 11.8 <sup>b</sup>	264.2 $\pm$ 61.4 <sup>b</sup>	174.6 $\pm$ 36.8 <sup>b</sup>	234.8 $\pm$ 51.7 <sup>b</sup>
Sombra madero negro	11.0 $\pm$ 5.5 <sup>a</sup>	14.9 $\pm$ 4.8 <sup>a</sup>	28.9 $\pm$ 6.3 <sup>b</sup>	70.9 $\pm$ 16.5 <sup>a</sup>	105.2 $\pm$ 29.6 <sup>ab</sup>	55.6 $\pm$ 11.0 <sup>a</sup>
Pleno sol	1.2 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	1.8 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>	4.9 $\pm$ 1.1 <sup>a</sup>	74.8 $\pm$ 23.7 <sup>a</sup>	28.6 $\pm$ 15.5 <sup>a</sup>	44.6 $\pm$ 8.4 <sup>a</sup>
<b>Pr <math>\leq</math>   F  </b>	<b>0.232</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.002</b>	<b>0.000</b>

Valores con la misma letra en la columna no presentan diferencias significativas a  $Pr \leq F | 0.05 |$  según prueba de Student-Newman-Keuls y Tukey.

## V. DISCUSIÓN

### 5.1 Introducción y características de los tipos de sombra

En estudios realizados en Costa Rica se llegó a la conclusión que la alternativa más confiable para el cultivo del café se presenta bajo un sistema agroforestal, que regule las condiciones adversas del clima (Fournier 1988). Este efecto de los árboles de sombra, es más necesario en sitios de altas temperaturas, períodos de sequía prolongados y baja fertilidad del suelo.

Los estados fisiológicos del café no dependen solamente de la sombra, más bien la interacción con factores microambientales es lo que conlleva a las plantas de café a tener comportamientos diferentes de su fenología. La temperatura limita la producción y el número de hojas dependiendo de las condiciones de sombra en que interactúe (Kumar y Tieszen 1980).

En este estudio se planteó relacionar tres tipos de ambiente: sombra densa de manzana rosa (60-70 %), sombra media de madero negro (40-50 %) y pleno sol (0 %), a los cuales se le hicieron comparaciones entre sí, dado que la mayoría de las comparaciones que se tienen sobre la sombra, la fenología y las plagas del café han sido sobre plantaciones de café en sombra densa y en pleno sol (Berjamin 1944, Le Pelley 1969, Muñoz *et al.* 1987 y Monterrey 1990). Sin embargo, el nivel de la sombra modifica la disponibilidad de luz solar que llega al sistema agroforestal influyendo en los cambios fenológicos de los árboles de café y sobre las plagas y sus enemigos naturales.

La diferencia de cobertura de sombra en la época seca está relacionado con la pérdida de follaje de las especies (p.ej., mencionado por Tavares *et al.* (1999) para *Terminalia amazonia*), mientras en la época lluviosa se presenta la recuperación del follaje (Cuadro 2) que disminuye significativamente la disponibilidad de luz solar para los cafetos. De esta forma, en la época lluviosa, existe una gran competencia por luz solar en las plantaciones bajo *E. jambos*, mientras que *G. sepium* proporciona sombra media o regulada a lo largo del año con disponibilidad entre 40 y 50%. Este último tipo de características es deseable en árboles de sombra para cafetales (Muschler 1999).

## 5.2 Relación de la sombra con variables ambientales en el cafetal

La sombra densa de manzana rosa (*E. jambos*) y sombra media de madero negro (*G. sepium*) ejercieron una influencia significativa sobre las condiciones ambientales del café. En zonas de mayor calor, niveles de sombra de 40-60 % pueden reducir la temperatura de las hojas significativamente (Muschler 1998).

Durante el verano (marzo – abril) las condiciones ambientales fueron muy similares bajo los diferentes tipos de sombra. En el invierno (mayo – septiembre), la sombra amortigua los cambios bruscos de temperatura y humedad relativa del aire en horas de la tarde (13:00 p.m.) (Figura 4B). Barradas y Fanjul (1986), al realizar mediciones microclimáticas en plantaciones de café bajo sombra y en pleno sol, encontraron que los árboles ejercen una influencia muy alta sobre las temperaturas del aire. El rango de temperaturas fueron reducidas en 1.5 °C por los árboles, lo que significa que los árboles ejercen una regulación en los cambios bruscos de temperatura entre el día y la noche. Las mayores diferencias de temperatura y humedad relativa entre la mañana y la tarde en las plantaciones en pleno sol provocaron (Figuras 4C, 5 y 6) cambios fenológicos en las hojas de las plantas de café. Rosenberg *et al.* (1983), mencionaron que la máxima radiación solar ocurre al mediodía; por lo tanto la temperatura y la evapotranspiración son usualmente altas al mediodía provocando un estrés a causa de una mayor demanda atmosférica suficiente para que las estomas de las hojas se cierren, aumentando la temperatura del follaje.

Confirmando lo reportado por Castro *et al.* (1961) y Alonso (1985), la humedad relativa del aire en un cafetal a pleno sol es menor que bajo sombra; mientras la temperatura exhibe un comportamiento contrario. Al relacionar la temperaturas bajo los diferentes tipos de sombra con las preferencias de vuelo de *H. hampei* para buscar frutos para perforar, vemos que las altas temperaturas del mediodía causaron mayor mortalidad en las plantaciones con sombra media de madero negro y en pleno sol. En cambio, hubo mayor infestación en las plantaciones con sombra densa de manzana rosa. Hernández y Sánchez (1972) señalaron que la broca no realiza vuelos durante lluvias. Las preferencias de vuelo para las hembras son las horas de pleno día (12:00 a.m. hasta 5:00 p.m.). Por lo tanto, las mortalidades de broca ocurridas bajo las plantaciones con sombra media y en pleno sol fueron debido a las altas temperaturas ocurridas en horas de la tarde, lo cual afectó el desarrollo de las hembras de *H. hampei*.

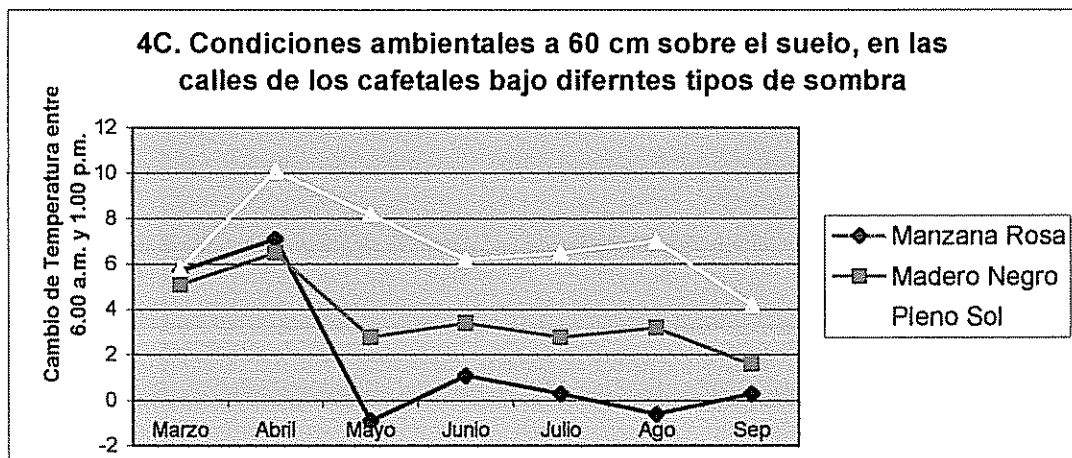
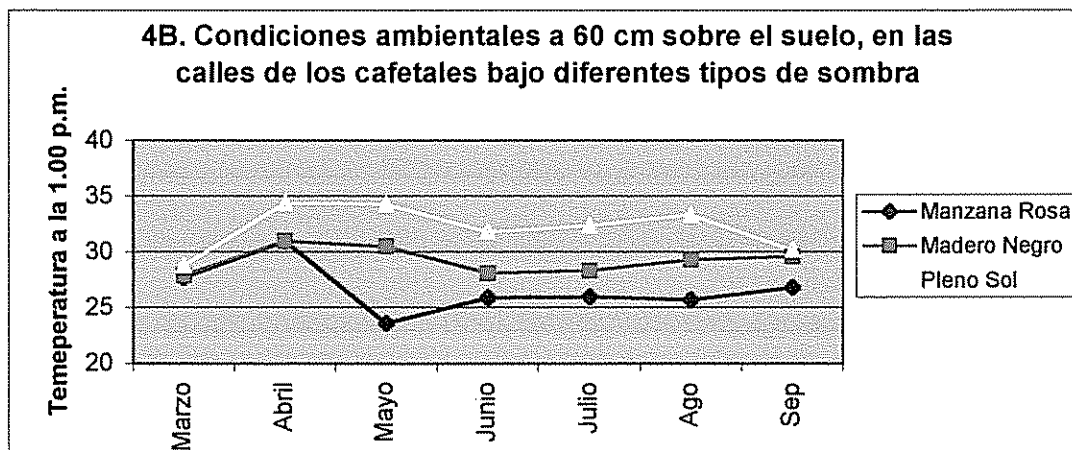
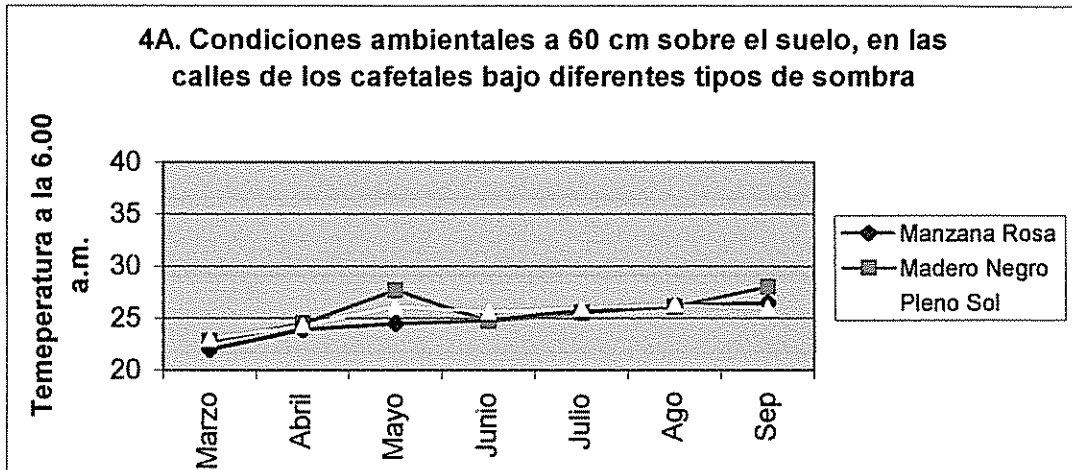


Figura 4. Temperatura del aire a 60 cm sobre el suelo bajo diferentes tipos de sombra y horas del día. San Marcos, Nicaragua.

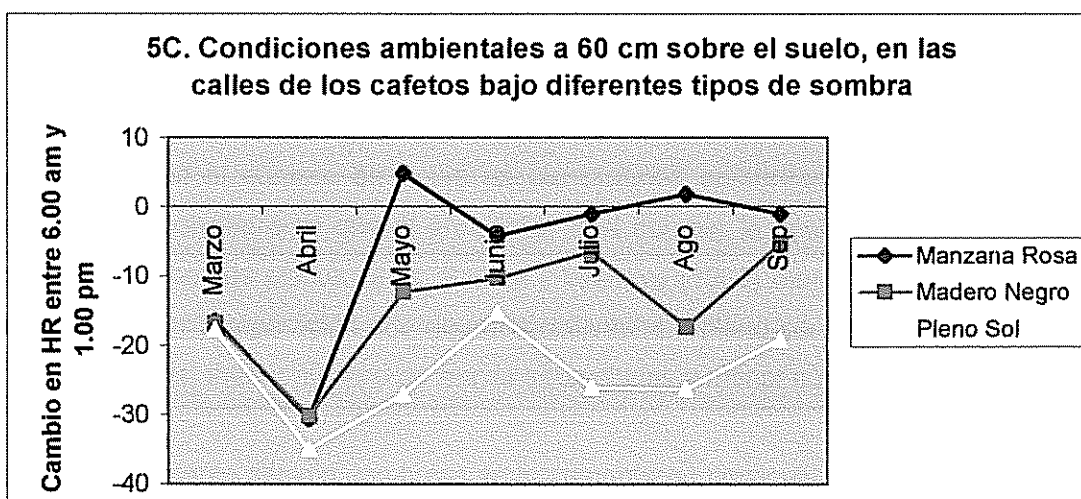
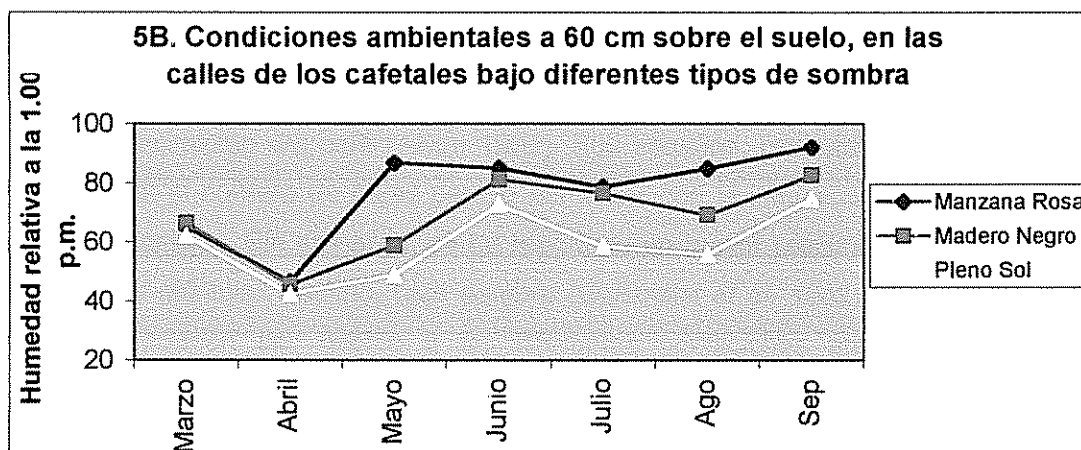
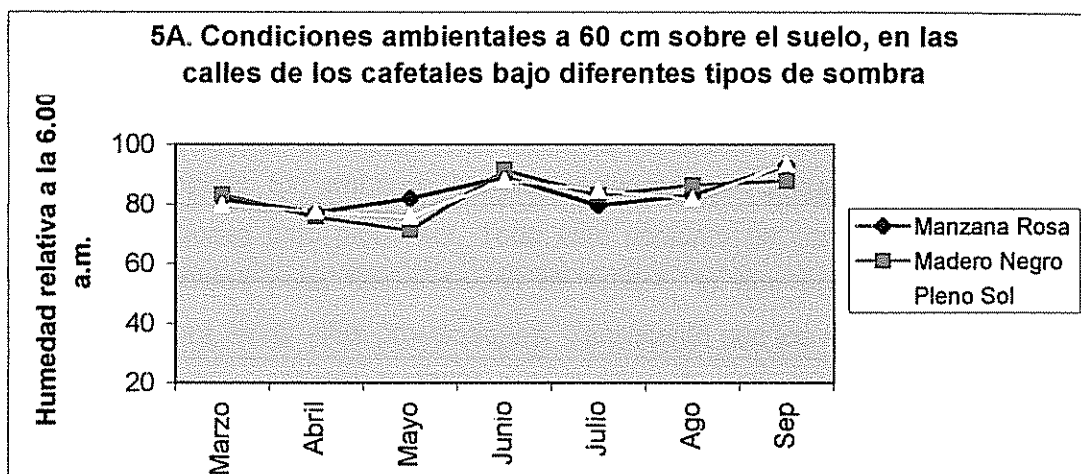


Figura 5. Humedad relativa del aire a 60 cm sobre el suelo bajo diferentes tipos de sombra y horas del día. San Marcos, Nicaragua.

### 5.3 Relación de la sombra con la fenología del café

Los cafetos bajo sombra densa de manzana rosa y sombra media de madero negro fueron significativamente más altos debido a mayor elongamiento de las plantas en busca de los rayos solares. Sin embargo, las plantas fueron más delgadas y con menos frutos que las plantaciones bajo pleno sol. Todo este conjunto de características le da a los cafetos sombreados poca diferenciación de tejidos, lo que equivale a una condición desfavorable para rendir altas producciones. Consistente con los estudios realizados en el Salvador por Suárez y Vilanova (1963), quienes también encontraron que los cafetos bajo sombra en comparación con los cultivados a plena exposición solar, fueron más altos y con menor número de frutos.

Se han obtenido resultados contradictorios relativos a la influencia de la sombra en el modo de crecimiento del café (Alvim 1959). Sus estudios, realizados con plántulas, han señalado que el número de hojas parece aumentar con la intensidad luminosa hasta una máxima exposición. Sin embargo, se ha reportado un mayor crecimiento en plántulas, así como de las plántulas adultas, bajo sombra (Guiscafre *et al.* 1942; Machado 1946). Las diferencias podrían ser debido a las diferentes condiciones ambientales de ambos estudios.

El número de hojas fue significativamente mayor en las plantaciones con sombra media de madero negro respecto a las plantaciones en sombra densa y en pleno sol (Figura 6A). Monterrey *et al.* (2001) trabajando en tres fincas de Nicaragua, no encontraron diferencias significativas en el número de hojas en plantaciones sombreadas y en pleno sol. Con base a esto, consideraron que el área foliar total durante la época seca no fue diferente entre ambos tipos de plantaciones. Suárez y Vilanova (1963) mencionaron que los cafetos bajo sombra en comparación con aquellos cultivados a pleno sol tienen menor número de ramas primarias, menor número de ramas secundarias y menor número de hojas.

Durante el presente estudio, las hojas se incrementaron continuamente en las primeras 60 bandolas (más jóvenes) de las plantaciones con sombra media de madero negro; mientras que las plantaciones en sombra densa y en pleno sol las plantas mostraron una tendencia a defoliarse durante los meses de agosto y septiembre. Siles (2001) encontró que en la época de mayor desarrollo de los frutos, el número de hojas por bandolas disminuyó en los cafetos bajo pleno sol, con respecto a los cafetos bajo *Eucalyptus*

*deglupta*. Por otro lado, Monterrey *et al.* (2001) en estudios realizados en Nicaragua, señalaron que en plantaciones sombreadas y a pleno sol los promedios de hojas manifestaron un descenso decreciente en el mes de septiembre, que parece terminar en el mes de marzo del año entrante. En el presente estudio, el aumento del número de hojas encontrado en las plantaciones con sombra media (40-50 %) de madero negro contrasta con los resultados de estos autores.

El número de glomérulos en las primeras 60 bandolas (más jóvenes) de las plantas de café fue progresivamente menor conforme aumentó la cobertura de los árboles de sombra (Figura 6B). Por lo tanto, las plantaciones de café con regulación de sombra podrían representar un mayor número de glomérulos debido a la incidencia de luz solar. La intensidad de luz solar percibida en las plantaciones de café en pleno sol provocaron mayor número de glomérulos y frutos totales comparadas con las plantaciones de café en sombra densa; esto se explica por la influencia que ejerce la luz solar. Por su parte, Renna *et al.* (1994) comentaron que las plantas en pleno sol mostraron una significación más acentuada de tejido a nivel de bandolas, en relación con plantas bajo sombra, lo cual conlleva a una mayor producción de flores dado que depende de la cantidad de tejido leñoso.

El efecto más perjudicial es la reducción de carga en los frutos reportado por Kumar (1979) y Cannell (1972-1985). En este estudio la carga de frutos totales fue más afectada en las plantaciones de café con sombra densa de manzana rosa (Figura 6C); en cambio la sombra regulada o la ausencia de ésta provocó mayor cantidad o carga de frutos. Alvim (1954) reportó que la sombra, al reducir la fotosíntesis también reduce la producción y en general el desarrollo de las plantas.

El número de frutos fue aumentando hasta alcanzar la máxima carga en el mes de junio, luego experimentó un descenso progresivo desde julio hasta septiembre; sin embargo, no parece ser debido a afecto de la sombra, porque los diferentes tipos de sombra mostraron un comportamiento similar. Van Overbeeck (1952) sugirió que la caída del fruto en el cafeto es de la misma naturaleza fisiológica que la de "june drop" (caída de junio) de peras, cítricos, etc, la cual parece ser causa de una escasez de carbohidratos en la planta más bien que una deficiencia hormonal.

Los árboles de sombra tienen influencia marcada sobre las variables microclimáticas (Fernández y Muschler 1999). Esto puede ser una ventaja para la fotosíntesis del café. Así las más altas temperaturas registradas en las plantaciones con sombra media de madero negro contribuyeron a que el número de hojas fuera significativamente mayor respecto a las plantaciones en sombra densa, lo cual fue influenciado por una alta incidencia de luz solar. Se podría asumir entonces, que la combinación de estos dos factores microambientales (temperatura y luz solar) favorecieron el incremento de las hojas en las plantaciones con sombra de madero negro. Gindel (1962) en estudios realizados en Costa Rica, encontró que los elementos climáticos que controlan el desarrollo foliar del café son la radiación solar y la temperatura. Sin embargo, Huerta (1954) encontró que aún cuando el número de hojas aumentó con la intensidad luminosa, la superficie foliar total de la planta no experimentó un cambio significativo debido al tamaño reducido de las hojas individuales presentes a mayor iluminación.

Las temperaturas del aire alcanzadas durante el estudio fueron mayores a 22 °C. Valores de 19 á 22 °C son mencionados como óptimos para la fotosíntesis del café (Nunes *et al.* 1968, Kumar y Tieszen 1980). Las altas temperaturas pueden significar una limitante para la producción de café (*Coffea arabica*), en la zona del estudio.

Los glomérulos y frutos totales parecen ser estimulados por altas temperaturas y valores menores de humedad relativa (<74 %), lo cual es consecuencia de una alta incidencia de luz solar. La mayoría de las evidencias experimentales indican que el café no se comporta como una especie de sombra en lo que respecta a la luz (Alvim 1958). Se observó una tendencia decreciente en el número de glomérulos en los meses de agosto y septiembre. Sin embargo, este descenso en general no parece estar asociado a una mayor o menor penetración de luz solar, debido a que se observó un descenso similar en las plantaciones sombreadas y en pleno sol. Este descenso bien puede ser atribuido a que las plantas de café entran en una etapa de maduración de sus frutos y cuando estos comienzan a desprenderse, asimismo disminuye el número de glomérulos.



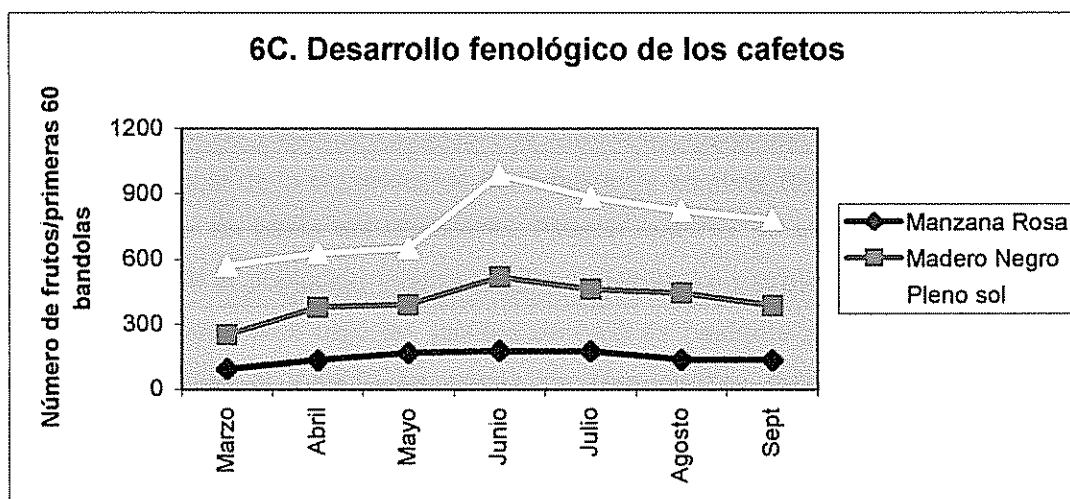
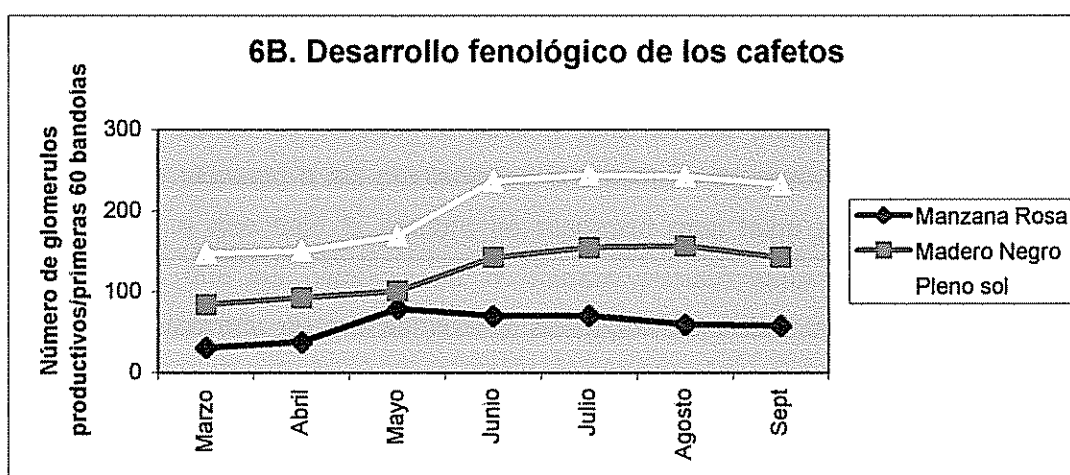
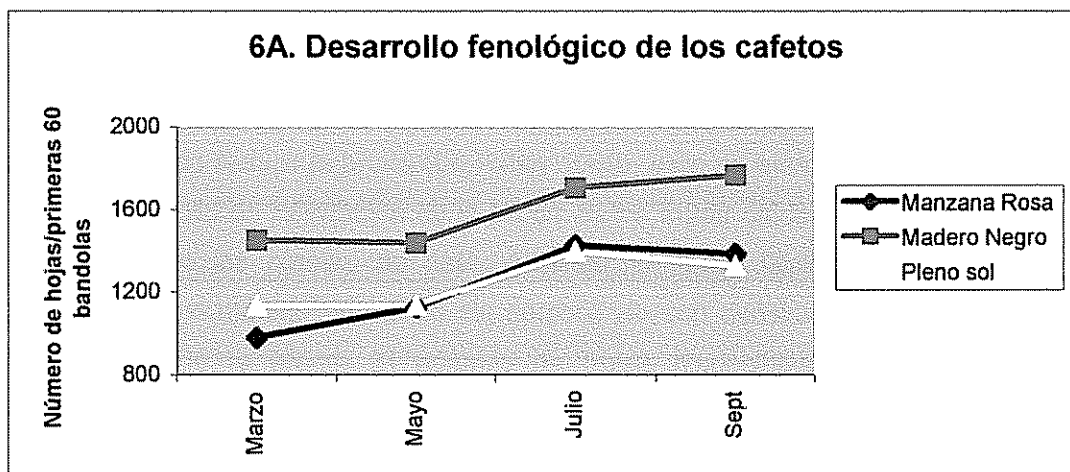


Figura 6. Desarrollo fenológico del café bajo diferentes tipos de sombra. San Marcos, Nicaragua.

## 5.4 Epidemiología de broca bajo diferentes ambientes de sombra

### 5.4.1 Desarrollo y poblaciones de broca en frutos caídos bajo diferentes tipos de sombra

La sombra puede reducir la broca (Le Pelley 1969), pero no ejerce una influencia marcada sobre el desarrollo de infestación de la broca en los frutos caídos en el suelo bajo el área de influencia de las plantas de café. A pesar de esto, Waterhouse y Norris (1989) recomendaron un manejo de cultivo sin sombra y/o con densidades bajas para disminuir la infestación de la broca. El número de frutos disponibles debajo de las plantas sombreadas y en pleno sol fue máximo en el verano (abril), disminuyendo en la época lluviosa (mayo – septiembre) debido al deterioro avanzado de los frutos (Figura 6A). Sin embargo, durante el estudio, el desarrollo de infestación de broca bajo las plantaciones de madero negro (*G. sepium*) y en pleno sol fue similar (Figura 7C). Las diferencias que se presentaron durante los meses de junio y julio en las plantaciones con sombra de manzana rosa respecto a las plantaciones con sombra de madero negro y en pleno sol fueron debido a que bajo la sombra de manzana rosa hubo mayor humedad. Castro (1990) señala que las hembras de *H. hampei* pueden emigrar de los frutos por la destrucción avanzada de las semillas y abandono de frutos muy calientes por el sol, buscando las que tengan mayor contenido de humedad.

La disminución de las poblaciones de broca está directamente relacionando con la emigración y muerte de los individuos. La población de broca en frutos en el suelo tuvo un descenso durante los meses de junio a septiembre bajo los diferentes tipos de sombra. Sin embargo, no se podría afirmar que el descenso experimentado en este período se deba a la influencia de la cobertura de los árboles de sombra, debido a que se observó un descenso similar en pleno sol (Figura 8). Existen factores de mortalidad endógenos que operan dentro de la población misma (Andrews 1989). La estrategia que utiliza *H. hampei* para infestar a los frutos bajo las plantas de café es bastante amplia y compleja, lo que hace suponer que el insecto es capaz de reproducirse bajo cualquier ambiente de sombra, sin que sus poblaciones sean reducidas significativamente.

La mortalidad de las poblaciones de broca en los frutos en el suelo durante los meses de junio a septiembre, bien puede ser atribuida a las altas precipitaciones (581 mm) ocurridas en los últimos 5 días del mes de mayo, lo que podría haber originado dos aspectos importantes: 1) mortalidad de una gran parte de los estados inmaduros al llenarse de

agua los frutos residuales en el suelo y; 2) emigración de un gran número de la población de adultos vivos a frutos de la planta por el deterioro de los frutos residuales en el suelo. Baker (1984b) señaló que el ascenso de la infestación es inducido por las condiciones de humedad. Según esto la población que se encuentra en los frutos caídos en el suelo, abandonan los frutos por la humedad e inician el vuelo de infestación para buscar un nuevo refugio. En muchos casos el abandono del fruto por la broca es simplemente otra manifestación de mortalidad (Baker 1999).

El período crítico que aparentemente tuvo la población de *H. hampei* durante los meses de junio a septiembre, se caracterizó por los bajos niveles de los estados inmaduros (huevos, larvas y pupas) en los frutos en el suelo bajo los diferentes tipos de sombra. No obstante, la baja infestación no deja de revestir vital importancia porque de la cantidad de frutos infestados en el suelo dependerá la re-infestación en el período post-cosecha. Guharay y Monterrey (1997) señalaron que no es tan importante considerar el porcentaje de frutos infestados en la planta, sino la cantidad de frutos en el suelo, porque aún con una infestación reducida, los insectos sobrevivientes logran afectar la mayoría de los frutos disponibles en las plantas al final del período de post-cosecha.

Por otro lado, la población de adultos vivos de *H. hampei* tuvo mayor incidencia en el período seco (abril). Las hembras de *H. hampei* probablemente entran en una inactividad fisiológica debido a las condiciones adversas que enfrenta dentro del fruto, producto de un aumento en la densidad de la población (aglomeración de adultos) y a la disminución de la disponibilidad de alimentos, por lo tanto, se ve restringida a permanecer en el fruto dadas las condiciones adversas del ambiente fuera de este. Similar comportamiento observó Urbina (1987), al examinar cerezas caídas en el suelo durante la época seca, donde pudo encontrar hasta 50-100 individuos dentro de un fruto completamente carcomido.

El desarrollo de infestación de la población de broca/0.5 m<sup>2</sup> guarda relación con la disponibilidad de frutos en el suelo. La población de broca/0.5 m<sup>2</sup> tuvo mayor incidencia en la época seca (abril) cuando hubo mayor disponibilidad de frutos en el suelo y disminuyó paulatinamente a medida que la cantidad de frutos en el suelo era menor en la época lluviosa (mayo-septiembre). Además para esta época hubo mayor humedad en el suelo (Figura 9). La humedad del suelo es un indicador de las condiciones reinantes fuera

del mismo, pareciendo ser la lluvia un factor determinante para que el insecto abandone el fruto e inicie su colonización (Decazy 1990b).

King (1975) mencionó que la sincronía en la emergencia es más notable en insectos que tienen un período de inactividad fisiológica o diapausa durante la época seca del año, la que puede ser rota por las primeras lluvias de la estación. A la vez señaló que los cambios pueden actuar indirectamente a través de la súbita disponibilidad de alimento o la suspensión de un factor físico limitante tal como la baja humedad.

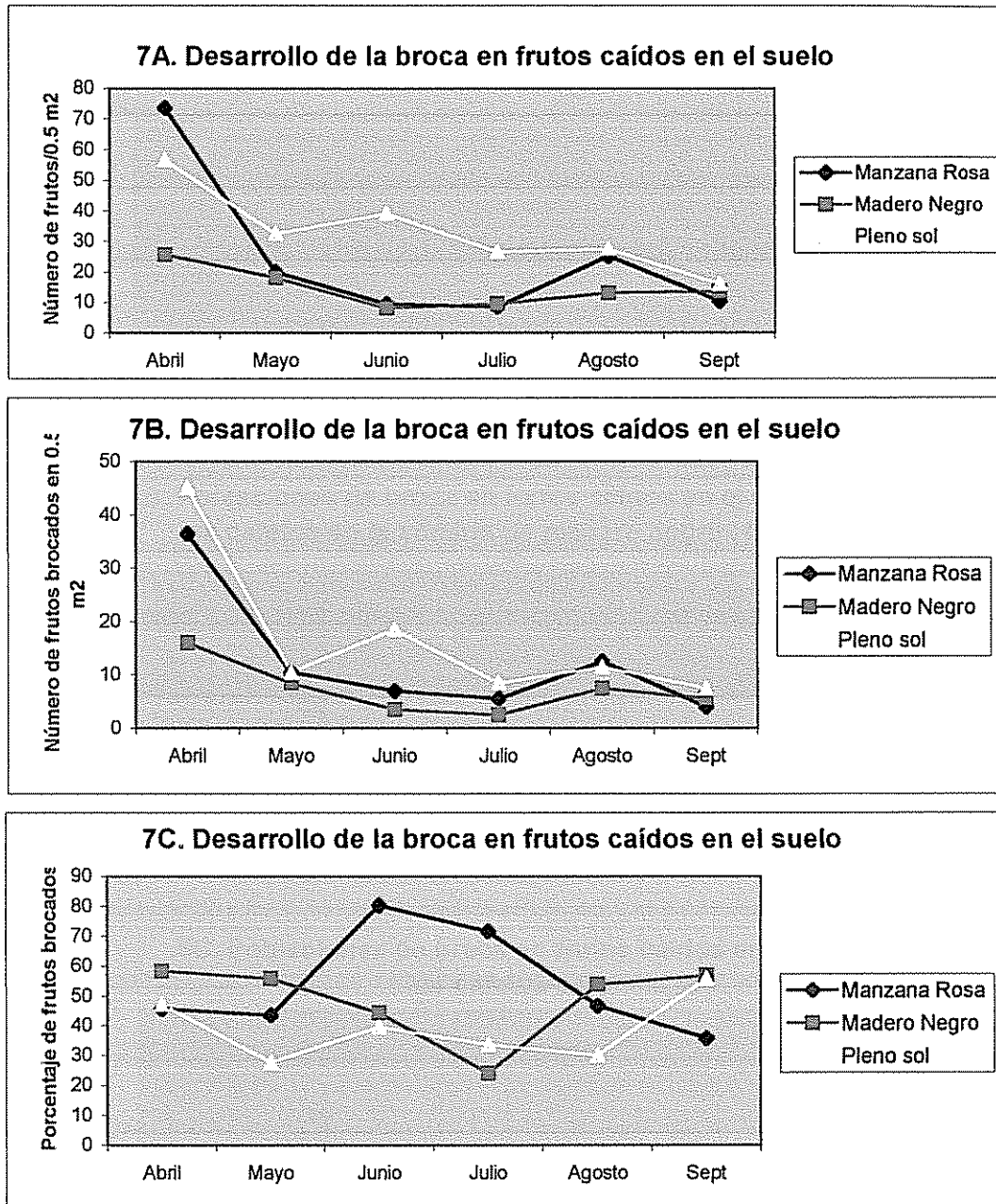
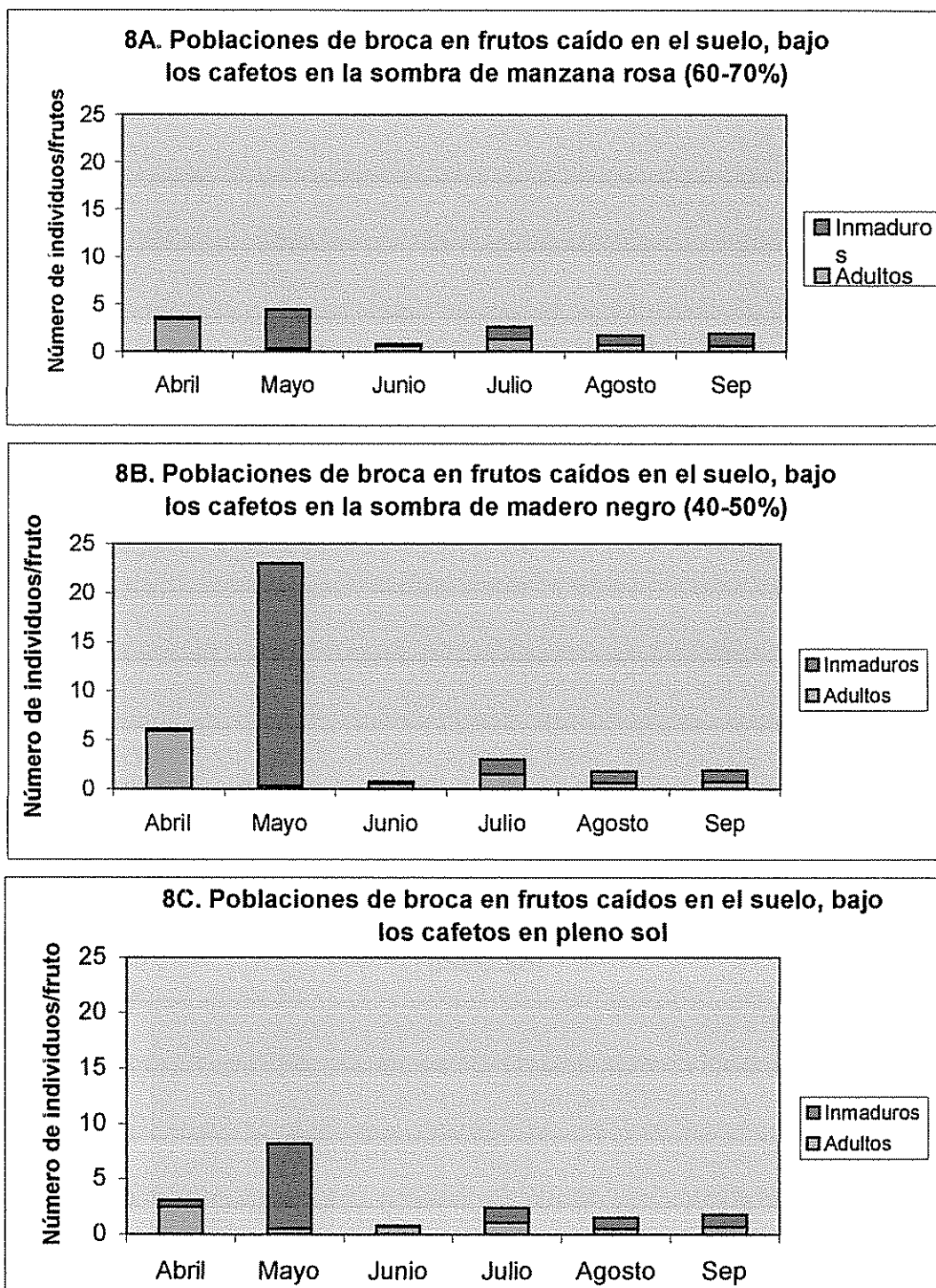
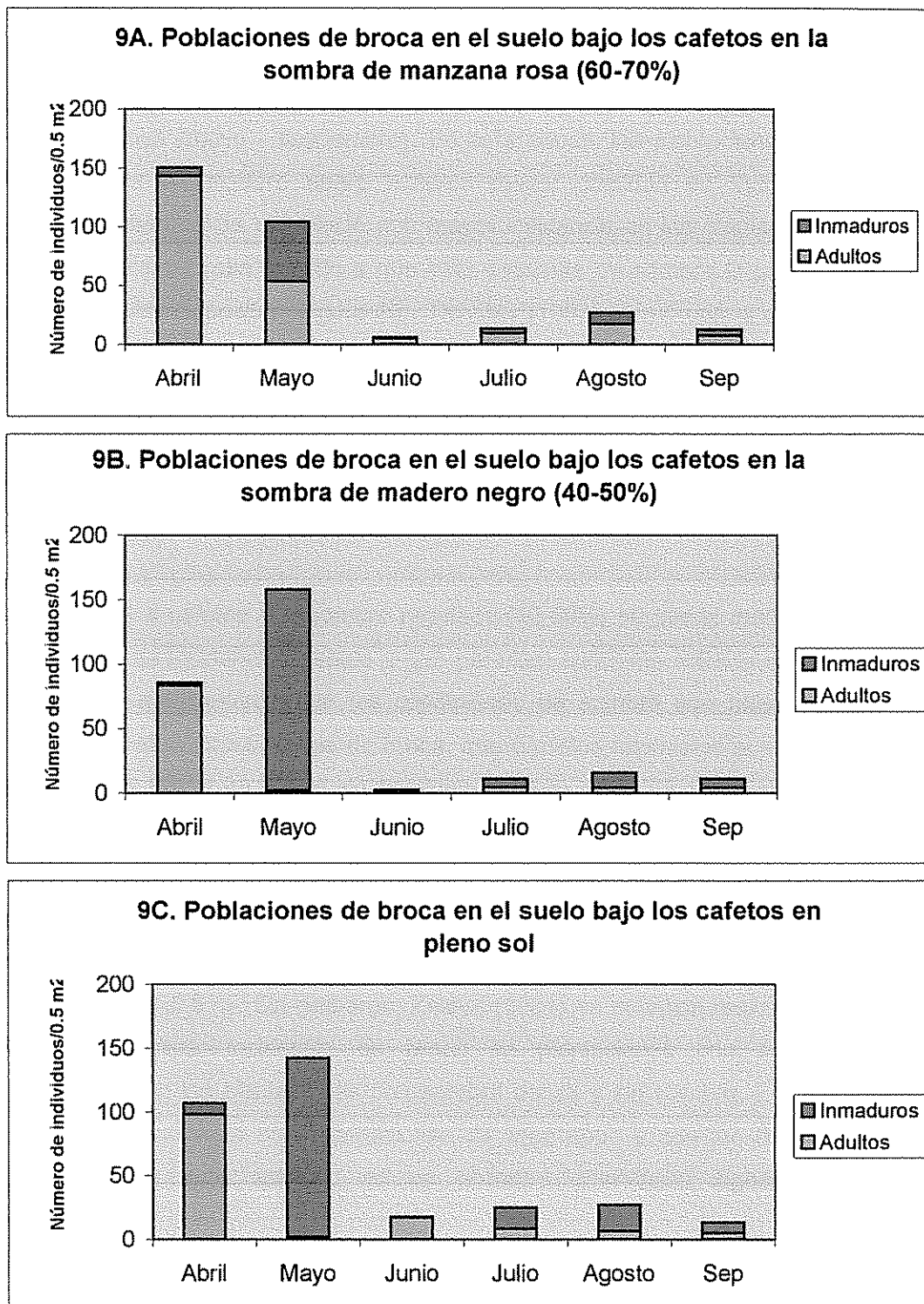


Figura 7. Desarrollo de infestación de la broca en frutos caídos en el suelo bajo diferentes tipos de sombra. San Marcos, Nicaragua.



**Figura 8. Infestación y desarrollo de poblaciones de broca en frutos en el suelo bajo diferentes tipos de sombra. San Marcos, Nicaragua.**



**Figura 9. Infestación y desarrollo de poblaciones de broca en el suelo/0.5 m<sup>2</sup> bajo diferentes tipos de sombra. San Marcos. Nicaragua.**

#### 5.4.2 Desarrollo y poblaciones de broca en frutos de la parte aérea bajo diferentes tipos de sombra

El desarrollo de infestación de *H. hampei* en los frutos de las plantas de café fue mayor en la época lluviosa (mayo - septiembre). En esta época, las plantaciones bajo pleno sol y sombra media de madero negro tuvieron mayor cantidad de frutos disponibles; sin embargo, *H. hampei* se estableció con mayor incidencia en las plantaciones con sombra densa de manzana rosa, debido a que este ambiente de sombra le proporcionó mejores condiciones para ovipositar (Figura 10). Ticheller (1963) afirmó que el ataque de los frutos en las condiciones de campo tiene lugar específicamente cuando hay frutos más convenientes para el insecto. Las hembras prefieren los frutos que más convengan a su descendencia para reproducirse, al menos cuando tengan la oportunidad de elegir. Parece ser que las hembras de *H. hampei* son más estimuladas por los frutos que se encuentran bajo los árboles con sombra densa.

Manteniendo los cafetos con sombra regulada (40-50%) se puede mantener la broca con niveles bajos de incidencias debido a que permiten suficiente entrada de luz solar. Muñoz *et al.* (1987) mencionaron que las condiciones de sombra son más propicias para el desarrollo de altas infestaciones de broca, que aquellos expuestos al sol. El desarrollo de infestación de broca en frutos de la planta (Figura 10C) tuvo mayor incidencia en las plantaciones bajo sombra densa de manzana rosa (de 17 á 25 %) respecto a sombra media de madero negro y en pleno sol (<2 %). Berjamin (1944) señaló que el sombrío proporciona condiciones favorables para el desarrollo de la plaga. Este mismo autor reportó que en cafetos sombreados obtuvo 25 % de granos infestados; en cambio, al sol no sobrepasó el 0.5 %. Sin embargo, Zelaya (1984) en estudios realizados en Honduras, encontró la mayor incidencia de broca en plantaciones con sombra media, en comparación con las plantaciones con sombra densa y sin sombra. En otro experimento realizado en Nicaragua bajo plantaciones de *Inga spp* y con las mismas condiciones ambientales de este estudio, no se encontró diferencias significativas entre las infestaciones de este insecto en plantaciones con sombra media y sin sombra (Monterrey 1994).

El efecto de la sombra sobre las condiciones microambientales en algunos casos favorecen y en otros casos perturban el desarrollo de infestación de *H. hampei*. Las plantaciones de café en sombra densa de manzana rosa resultaron más afectadas por el



desarrollo de infestación de *H. hampei*. En este ambiente de sombra hubo la más alta humedad relativa (>78 %) y poca incidencia de luz solar. La broca es más activa en condiciones de baja iluminación y se ve favorecida por altas humedades relativas (Baker 1985). Mientras que las condiciones microambientales que se mantuvieron en sombra media de madero negro y en pleno sol perturbaron el desarrollo de infestación de *H. hampei*. Esto se explica principalmente por las temperaturas mayores a 28 °C, humedad relativa (<74 %) y alta incidencia de luz solar registrados en estos dos ambientes.

Los factores microambientales ejercen influencia sobre las poblaciones de broca en la parte aérea de las plantas. Las poblaciones de broca en las partes aéreas por planta fueron mayores en el ambiente de alta humedad relativa y escasa incidencia de luz solar registrada en las plantaciones con sombra densa de manzana rosa. Mientras que en el ambiente de baja humedad relativa y mayor incidencia de luz solar la población de broca aérea fue significativamente menor. *H. hampei* es muy susceptible a humedades bajas; si la hembra sale del fruto durante un período sin lluvias y encuentra condiciones desfavorables puede morir antes de descubrir un nuevo fruto para infestar (Urbina 1987).

La baja población de broca en la parte aérea por frutos durante los meses de mayo y junio (Figura 11) puede ser atribuido a que la floración principal fue afectada por lluvias torrenciales durante el mes de mayo que impidió la formación de los botones florales (Cuadro 3). Sponagel (1992) no pudo confirmar que el ataque de *H. hampei* dependía del clima del cafetal para infestar el fruto del café. Como motivo de las fluctuaciones poblacionales nombró la disponibilidad temporal de las ofertas alimenticias. Este mismo autor, pudo demostrar con investigaciones en zonas ecuatorianas del Amazonas, que el grado de ataque sigue el desarrollo del fruto con un retraso temporal de unos tres meses. Por tal razón la población de broca aérea fue más frecuente entre los meses de julio y septiembre debido a que en ésta época hubo más frutos provenientes de las primeras floraciones. Los pocos frutos disponibles durante los meses de mayo y junio provinieron de las floraciones anticipadas y muchos de estos frutos no habían alcanzado la consistencia necesaria para la alimentación de *H. hampei*. Los frutos jóvenes no son un buen sustrato para la broca, lo cual refuerza la noción de que la broca es una plaga de residuos de cosecha (Baker 1999). La broca necesita para procrear que el fruto de café tenga más de 20% de consistencia en el grano; si el grano cumple con esa condición lo barrenará y pondrá sus huevos dentro de él. En caso contrario, el insecto se limitará a

permanecer en el fruto, lugar donde no oviposita en espera de que el grano adquiriera el desarrollo adecuado (Baker y Barrera 1985).

La población de adultos vivos en los frutos de la parte aérea fue más alta durante todos los meses de estudio, lo cual confirma que el estado adulto es más resistente a las condiciones adversas del ambiente. Por tal razón la broca posiblemente se conserva en estado adulto, ya que la reproducción le significa un desgaste que no compensa a la población debido a la susceptibilidad de los estados inmaduros (Méndez 1992).

El grado de infestación de la broca en la parte aérea por planta no fue proporcional a la disponibilidad de frutos encontrados en las plantas de café. Se observó que los cafetos bajo la sombra densa de manzana rosa tuvieron menor número de frutos; sin embargo, la población de broca en la parte aérea infestó con mayor incidencia a los frutos de estos cafetos, comparados con las plantaciones con sombra media de madero negro y en pleno sol (Figura 12). Sobre ese particular, Sponagel (1994) afirma que el grado real de infestación depende de la periodicidad de la producción (meses de alta cosecha: infestación baja; meses de baja cosecha: infestación alta).

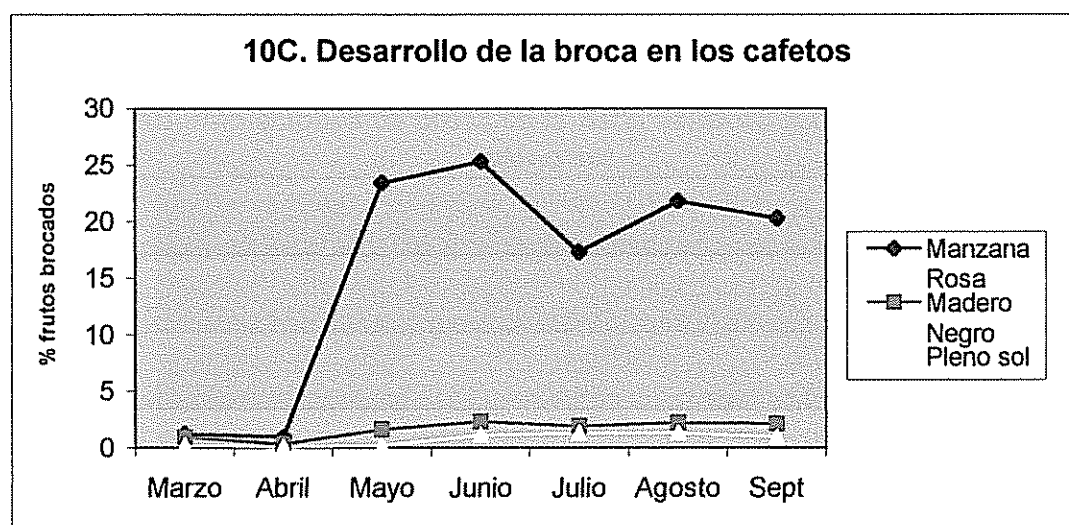
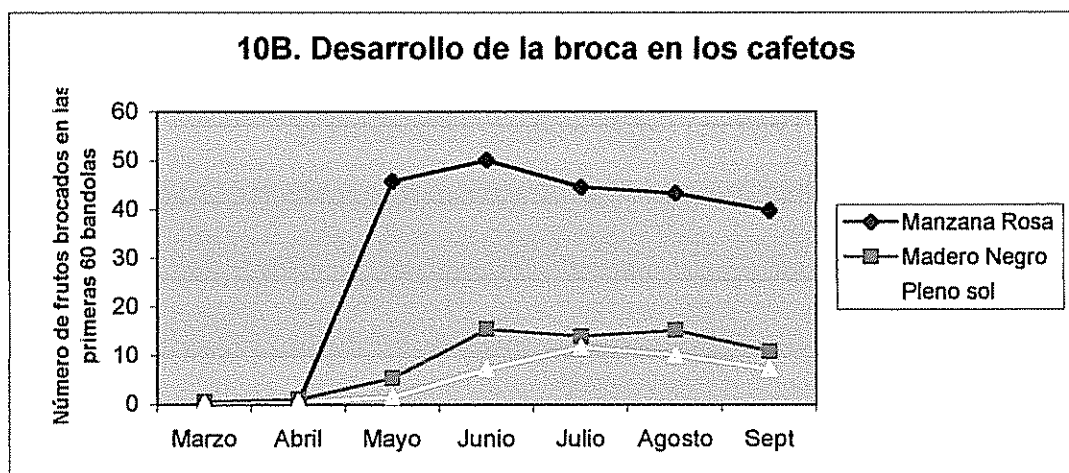
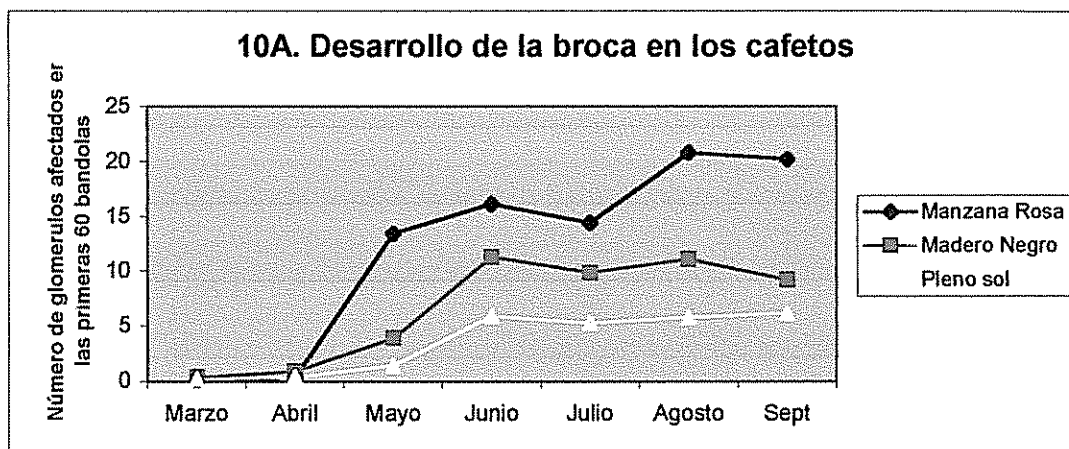
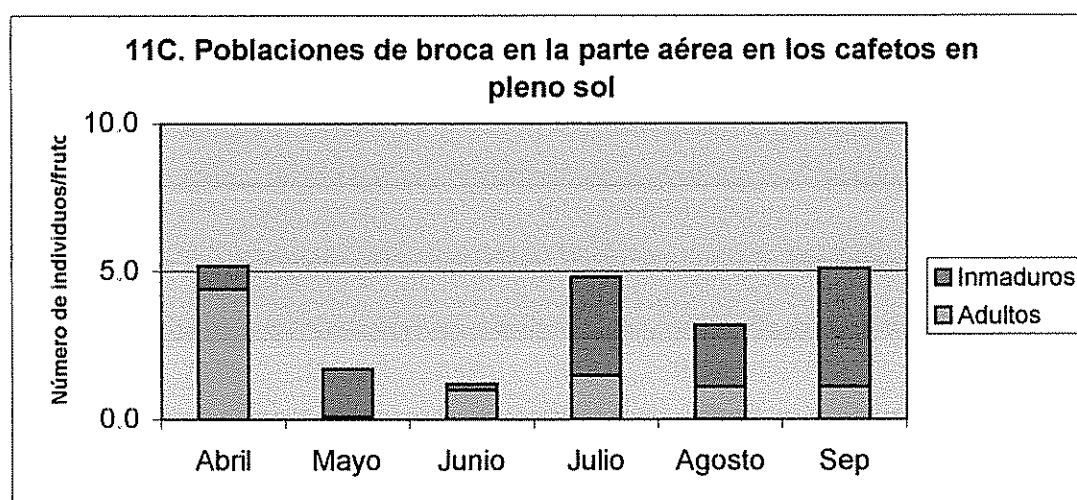
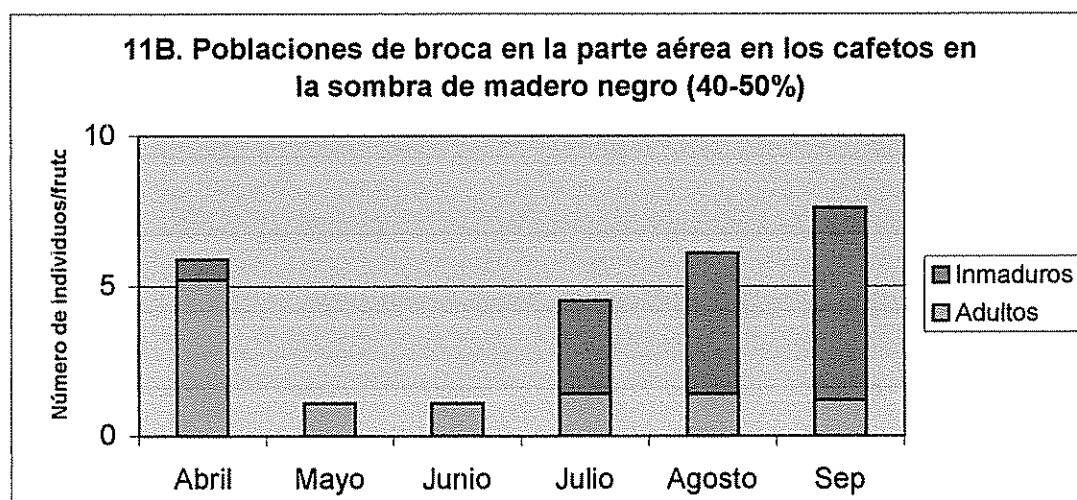
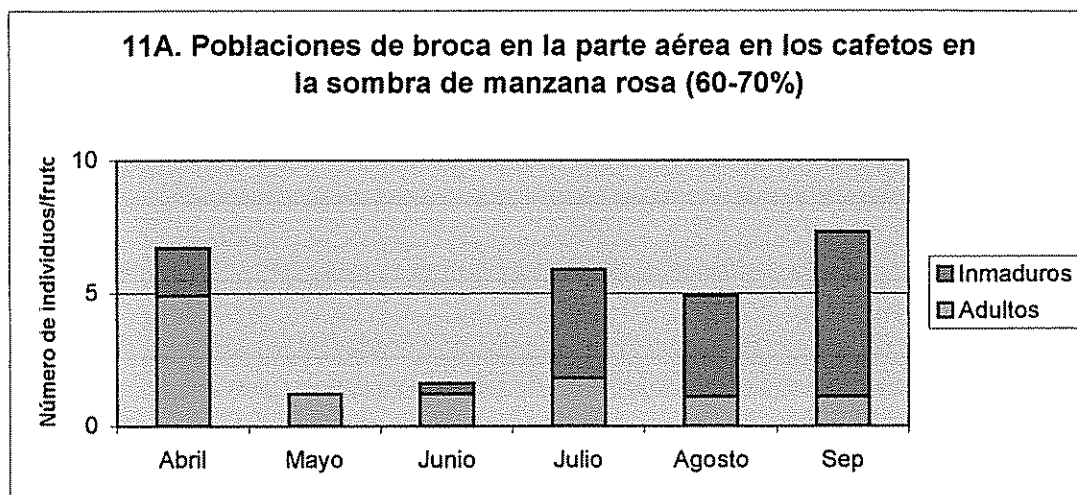


Figura 10. Desarrollo de infestación de la broca en las plantas bajo diferentes tipos de sombra. San Marcos, Nicaragua.



**Figura 11. Infestación y desarrollo de población de broca por frutos aéreos bajo diferentes tipos de sombra. San Marcos, Nicaragua.**

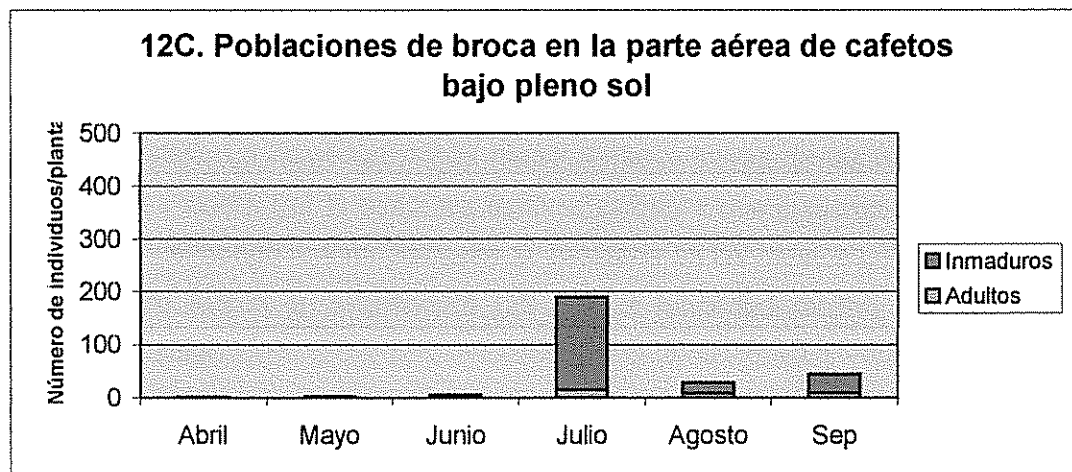
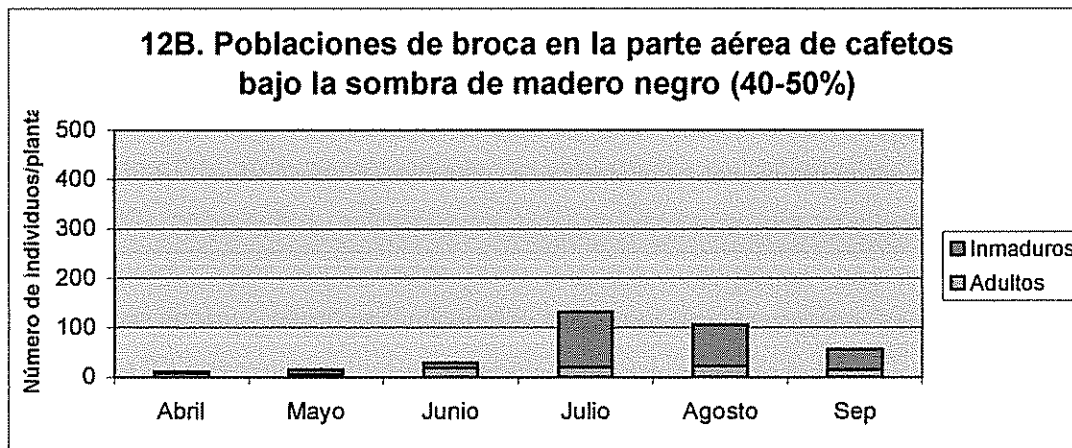
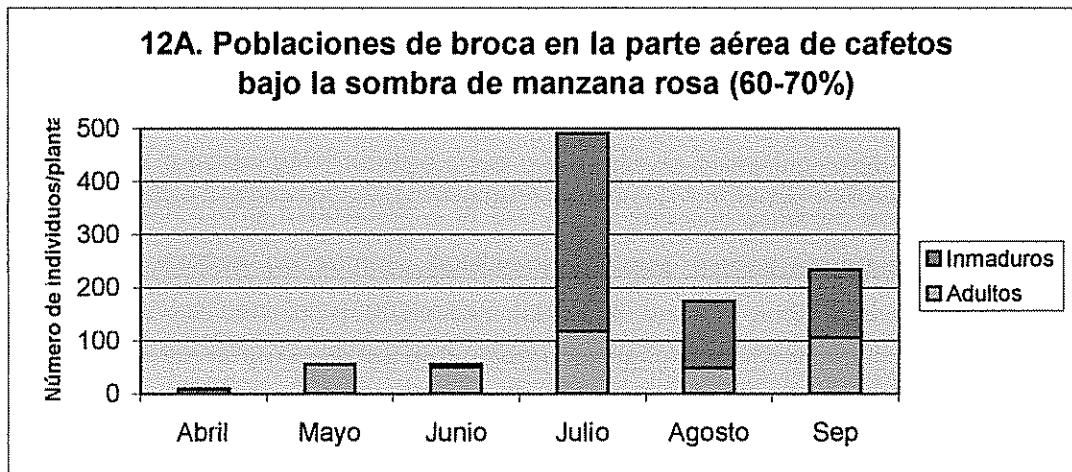


Figura 12. Infestación y desarrollo de población de broca en frutos aéreos por plantas bajo diferentes tipos de sombra. San Marcos, Nicaragua.

### 5.5 Desarrollo de los controladores naturales bajo diferentes ambientes de sombra

Guharay *et al.* (2001) señalaron que la sombra y un mayor nivel de humedad favorecen a *B. bassiana* porque protege al hongo de los rayos ultravioletas, especialmente en la mañana y en la tarde. Sin embargo, para que esporule sobre los cadáveres de la broca, el hongo necesita cierta exposición a la luz. Estos mismos autores, señalaron que en los cafetos con exceso de sombra posiblemente haya menos esporulación, afectando la dispersión de las conidias y epizootias subsecuentes. Se pudo observar que la sombra densa, así como la ausencia de ésta afectan el desarrollo de *Beauveria bassiana*, ya que durante todos los meses del estudio no se observó la presencia del hongo bajo estos dos ambientes. El hongo *B. bassiana* necesita condiciones de iluminación muy particulares para esporular sobre los cadáveres de *H. hampei*. Fue interesante observar que *B. bassiana* únicamente se encontró en las plantaciones de café con sombra media de madero negro (Cuadros 2 y 10), cuando estas mantuvieron coberturas de sombra alrededor de 47 %. Esto tiene particular importancia en las medidas de control natural. Le Pelley (1969), en estudios realizados en Africa, fundamenta una infestación más alta de la broca en plantaciones sombreadas tanto por sus condiciones más favorables para el desarrollo de la plaga como por influencias indirectas debido a que la sombra restringirá la actividad de los enemigos naturales y también la producción de frutos.

McCoy *et al.* citado por Goettel (1991), señaló que la temperatura óptima para el desarrollo de *B. bassiana* está entre 20 y 30 °C. Este mismo autor indicó que para la producción de propágulos infestivos sobre los cadáveres de *H. hampei* es necesario alta humedad relativa. La humedad puede manifestarse a través de las lluvias y la humedad del aire (Albes 1986). Por lo tanto, los factores abióticos que pudieron haber favorecido la esporulación del hongo entomopatógeno *B. bassiana* en los cafetos con sombra media de madero negro fueron la temperatura (29 °C), la humedad relativa del aire (69 %) y suficiente luz solar.

### 5.6 Diseño de sombra para supresión de plagas en los cafetos

El mejor rango de sombra oscila entre 40 y 60 %. El grado de sombra fluctúa durante el año, dependiendo de la fenología de la especie utilizada. Este rango se afina identificando las variaciones durante el año, ya que para controlar la broca los organismos varían según el ciclo fenológico del cultivo (Guharay *et al.* 2001). Los porcentajes de sombra que fluctuaron entre 40 y 50 % bajo la especie *G. sepium* (madero negro) mantuvieron la población de broca con bajos niveles de incidencias y favoreció el crecimiento de micelios del hongo *B. bassiana* al menos durante un mes; sin embargo, la producción de frutos en este ambiente de sombra fue significativamente menor comparado con las plantaciones en pleno sol.

En cada época (lluviosa o seca) los organismos son favorecidos según su ciclo de vida o desfavorecidos por diferentes factores vinculados con el nivel de sombra. Al identificar estos factores, se puede ajustar el manejo de la sombra durante el año bajo tres enfoques complementarios: 1) fortalecer la tolerancia del cultivo al daño de la broca 2) crear condiciones desfavorables para las plagas; y 3) crear condiciones favorables para los mecanismos de control natural.

Un ciclo anual de podas crearía condiciones distintas para diferentes plagas, sus controladores naturales y el cafeto. Hay que utilizar especies que soporten podas, como *Erythrina* spp, *G. sepium* e *Inga* spp. Así el diseño para la supresión de plagas en cafetales, se podría enfocar de la siguiente manera (Figuras 13 y 14). Durante la época seca de 4-6 meses (de noviembre a abril en el pacífico de Nicaragua), mantener altos niveles de sombra favorecería la retención de las hojas viejas, el control del minador, la cochinilla y la sobrevivencia de hongos benéficos (Guharay *et al.* 2001). No obstante, reducciones de la sombra pueden favorecer la actividad de parasitoides de la broca y la caída de hojas enfermas de la roya. Se recomienda que la sombra debe mantenerse entre 40-60 % y que solo exceda el 50 % al inicio de la época seca. En zonas cafetaleras bajas y secas, la sombra se debe reducir de 60 % a 45-50 % con las primeras lluvias; debido a las fluctuaciones naturales de la sombra de *G. sepium* en las plantaciones de café de Nicaragua, tendría ciertos períodos en la que presentarían condiciones sub-óptimas para disminuir plagas y se necesitarían controles directos de algunas plagas. Justo antes o en las primeras semanas después del inicio de las lluvias se debe podar la sombra. Una sombra moderada ayudará a disminuir la humedad en las hojas de café, reduciendo el

incremento en las enfermedades. Para abrir el cafetal y acelerar el secamiento de la hoja de café, una poda en agosto debe reducir la sombra a 35-40 %. Desde este porcentaje de sombra hasta la mitad del período de las lluvias, la sombra se debe dejar incrementar por el crecimiento del follaje hasta 60 % en los primeros meses de la época seca.

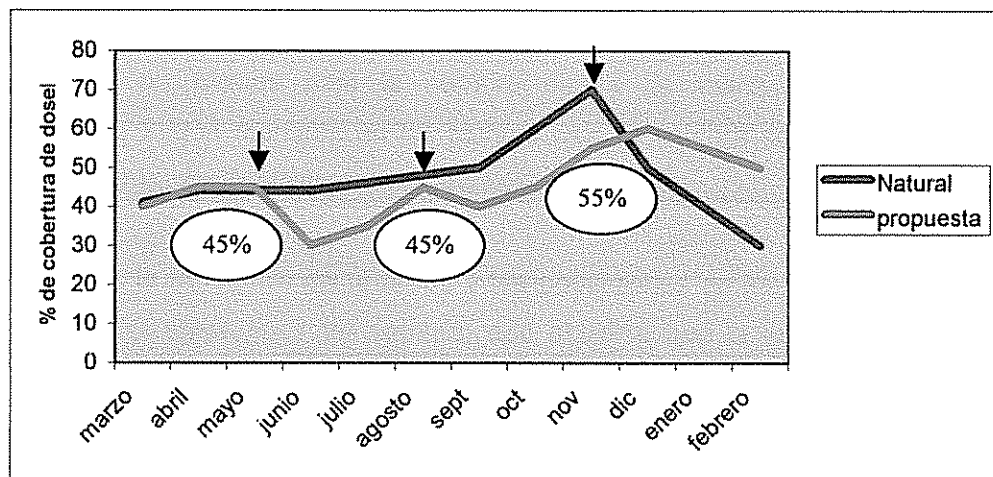


Figura 13. Esquema hipotético de poda anual para *Gliricidia sepium*. San Marcos, Nicaragua. 2002.

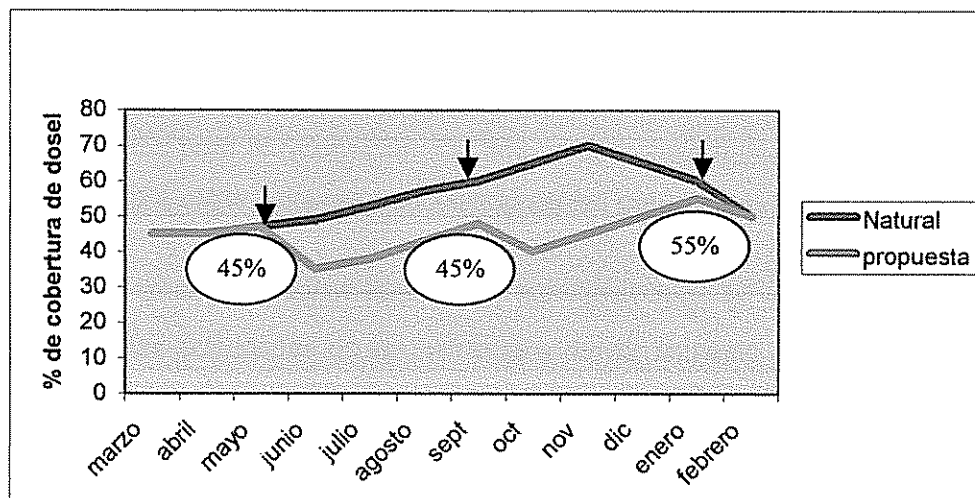


Figura 14. Esquema hipotético de poda anual para *Inga spp.* San Marcos, Nicaragua. 2002.



## VI. CONCLUSIONES

### **La incidencia de la broca está en función de los tipos de sombra de los árboles**

La incidencia de la broca y sus poblaciones en los frutos sobre las plantas varió de acuerdo a los tipos de doseles de sombra. Mayor incidencia y poblaciones de broca se registraron en plantas bajo la sombra densa de manzana rosa. La incidencia y poblaciones fueron menores en las plantas bajo la sombra de madero negro y en pleno sol y no fueron significativamente diferente.

En cambio, la incidencia de la broca y las poblaciones en los frutos en el suelo no varió entre los diferentes tipos de sombra; eso significa que la sombra no ejerció influencia sobre las poblaciones en el suelo.

### **La mortalidad de broca se ve afectada por las diferentes condiciones que ejerce la sombra en los cafetos**

Mayor incidencia de luz solar causa reducción de la humedad relativa del aire por debajo de 70% en las horas de la tarde en las calles de las plantaciones de café en pleno sol y bajo la sombra de madero negro (*G. sepium*). Esto se convierte en un factor limitante para las actividades de las hembras de la broca, que normalmente vuelan a estas horas para ubicar los frutos para la oviposición. Un ambiente de baja humedad probablemente causó alta mortalidad a estas hembras, reduciendo así las poblaciones futuras.

Al contrario, la alta humedad relativa en las calles bajo la manzana rosa (*E. jambos*) favorecieron las actividades de las hembras y mayor aumento de las poblaciones en esta condición.

### **El parasitismo natural sobre la broca del café se ve afectada por los diferentes tipos de sombra**

Las plantaciones con sombra media de madero negro (47 %), favorecieron la esporulación del hongo *B. bassiana* sobre los cadáveres de *H. hampei* debido a que hubo suficiente humedad y a la vez incidencia de luz solar.

## VII. RECOMENDACIONES

Para reducir pérdidas de la cosecha de café debido a la broca se recomienda para sistemas de bajos insumos (p.ej. orgánicos) manejar sistemas de sombra regulada con una cobertura de dosel entre 40-50%. Bajo esta condición la incidencia de la broca es menor comparado con sombra más densa. Además el hongo entomopatógeno *B. bassiana* presenta mejores condiciones para esporular.

Estudiar el efecto de la humedad relativa del aire sobre la mortalidad y las actividades de la broca bajo diferentes tipos de sombra.

Seguir utilizando el método de muestreo exhaustivo que generan datos de buena calidad durante el desarrollo fenológico del café .

Repetir este estudio durante dos ciclos anuales más para poder evaluar el efecto de sombra sobre las poblaciones de broca bajo las condiciones variables de floraciones.

Recolectar los frutos residuales del suelo (pepena) porque aunque se presenten en cantidades bajas, constituyen la principal fuente de re-infestación en el periodo post-cosecha.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- ALBES, S.B. 1986.** Fungos entomopatogenicos. In Controle Microbinario de Insectos. Ed, Manole. 73-126 pp.
- ALVIM, P. DE T. & VAIS, J.R. 1954.** An improved infiltration series for studying stomatal opening as illustrated with coffee. *Plant Physiology* (New York) 29(1): 97-98.
- ALVIM, P. DE T. 1958.** Recientes progresos en nuestro conocimiento del árbol de café. *Coffee and Industries* (Costa Rica) 81(11): 17-25.
- ANDREWS, K.L. 1989.** Introducción a los conceptos del manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura, estado actual y futuro. Eds. K.L Andrews; J.R. Quezada. El Zamorano, Hondura. Escuela Agrícola Panamericana, 3-28 pp.
- ALONSO, P.F.P. 1985.** Avances de un programa integrado de investigación contra la broca. 3<sup>er</sup> Congreso de Manejo Integrado de Plagas. Guatemala C. A. 263-284 p.
- ANACAFE. 1981.** La broca del fruto del café *Hypothenemus hampei* Ferr. Subgerencia Técnica. Folleto Técnico s/n. Guatemala C. A. 11 p.
- ANTHONY, F. 1992.** Les ressources génétiques des caféières. Editions de l' ORSTOM Travaux et Documents Microédités 81. ISBN 2-7099 - 1085-3.
- BAKER, P.S. 1999.** La broca del café en Colombia. Informe final del proyecto MIP para el café DFID-CENICAFE-CABI Bioscience (CNTR 93/1536A). Colombia. 148 p.
- BAKER, P.S. 1991.** La bioecología de la broca del café, *Hypothenemus hampei*. En: Seminario sobre la broca del café. Miscelánea. Sociedad Colombiana de Entomología, Chinchiná (Colombia) 18: 14-20.
- BAKER, P.S. 1985.** La ecología y el comportamiento de la broca del café. In: Memoria Simposio sobre Caficultura Latinoamericana (VIII Granada, Nicaragua). IICA. San José. C.R.
- BAKER, P.S. 1984a.** Some aspects of the behavior of the coffee berry borer in relation to its control in Southern Mexico (Coleoptera, Scolytidae). *Folia Entomológica Mexicana* 16: 9-24.
- BAKER, P.S. 1984b.** Aspectos de la investigación de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) en México. Memorias del 2<sup>do</sup>. Congreso Nacional de Manejo Integrado de Plagas. Guatemala C. A. 249- 261 p.
- BAKER, P.S.; BARRERA, G.J.F. 1985.** La distribución, ecología y comportamiento de la broca del café en el Soconusco. En: La información necesaria para ensamblar un programa de control integrado. Memorias del 3<sup>er</sup>. Congreso de Manejo Integrado. Guatemala C. A. 291- 296 p.

- BAKER, P.S.; BARRERA, G.J.F.; VALENZUELA, J.E. 1989.** The distribution of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) in Southern Mexico: a survey for a biocontrol project. *Tropical Pest Management* 35(2): 163-168.
- BARRADAS, V.L.; FANJUL, L. 1986.** Microclimatic characterization of shade and open-grown coffee (*Coffea arabica*) plantations in Mexico. *Agricultural and Forest Meteorology* 38: 101-112.
- BARRERA, G.J.F.; BAKER, P.S. 1984.** Desarrollo post-embriónica de la broca del grano del café *Hypothenemus hampei* Ferr. (Coleoptera: Scolytidae) bajo condiciones de sol y sombra en el Soconusco, Chiapas (México). *Memorias del 2<sup>do</sup>. Congreso Nacional de Manejo Integrado de Plagas. Guatemala C. A.* 314-323 p.
- BARRERAS, J.; CASTILLO, A.; GOMEZ, J.; MALO, E.; INFANTE, F. 1991.** Resúmenes: 1<sup>era</sup>. Reunión intercontinental sobre broca del café. Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste, Tapachula, Chiapas (México). 62 pp.
- BERJAMIN, J. 1944.** O "repase" como método de controle da broca do café (*Hypothenemus hampei* Ferr. 1867) (Col. Ipidae). *Arq. Do Inst. Biol.* 15: 199-208.
- BUSTILLO, A.E. 1991.** Perspectivas de un manejo integrado de la broca del café, *Hypothenemus hampei*, en Colombia. Seminario sobre la broca del café. Miscelánea. Sociedad Colombiana de Entomología 18: 106-118.
- BRIDSON, D. 1982.** Studies in *Coffea* and *Psilanthus* (Rubiaceae subfam. Cinchonoideae) for part 2 of "Flora of Tropical East Africa". Rubiaceae. *Kew Bulletin.* 36: 817-859.
- BRIDSON, D.; VERDCOURT, B. 1988.** *Coffea*. In: Polhill, R.M. (ed.). *Flora of Tropical East Africa. Rubiaceae (Part 2).* A. A. Balkema. Rotterdam. 703-723 pp.
- CANNELL, M.G.R. 1985.** Physiology aspects of coffee crop. In: Clifford, NM; Wilson, KC (eds), *Coffee: Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage.* Croon, Helm, London; 108-134 pp.
- CANNELL, M.G.R. 1972.** Primary production, fruit production and assimilate partition in Arabica coffee: a review. In *Coffee Research Foundation Kenya, Annual report.* 6-24 p.
- CASTRO, T.M. 1990.** Manejo Integrado de la broca del fruto del cafeto *Hypothenemus hampei*, Ferr. In. VIII Curso Regional sobre fundamento de la caficultura moderna. (1990, CATIE, C.R.) [memoria-modulo I]. Turrialba, C.R. IICA PROMECAFE. s.p.
- CASTRO, F.; MONTENEGRO, L.; AVILES, C, MORENO.; BOLAÑOS, M. 1961.** Efecto del sombrío en los primeros años de un cafetal. Turrialba. Costa Rica. (3). 10. 81-102.
- CHARRIER, A.; BERTHAUD, J. 1988.** Principles and Methods in Coffee Plant Breeding. *Coffea canephora* Pierre. In: Clarke, R.J. and R. Macrae (eds.). *Coffee*, vol. 4. Agronomy. Elsevier Applied Science Publishers Ltd. 167-198 pp.

- CHARRIER, A.; BERTHAUD, J. 1985.** Botanical Classification of coffee. In: Clifford, M.N. and K.C. Wilson. *Coffea: Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage*. Croon Helm, London. 13-47 pp.
- CORONADO, P.R.; MARQUEZ, D.A. 1985.** Introducción a la Entomología y Taxonomía de los Insectos. Editorial Limesa, México. 282 p.
- COSTE, R. 1989.** Caféieres et Cafés. G.P. Maisonneuve et Larose e ACCT, Paris.
- DA FONSECA, J.P. 1939.** A broca eo sombreamento dos cafezais. En: Maya, M.L.A., Moncada, B.M. del P. (comp.). 1987. La broca de la cereza del cafeto (*Hypothenemus hampei* Ferr. 1867); Resúmenes analíticos. CENICAFE. Chinchiná Caldas, Colombia. 120-121 p.
- DE INGUNZA, M.A.S. 1964.** La "broca del café". *Hypothenemus hampei* Ferr. 1867) (Col.: Inpae) en el Perú. Rev. Peruana de Entomología. 7(1): 96-98.
- DECAZY, B. 1990a.** El manejo integrado de la broca del fruto del cafeto *Hypothenemus hampei* Ferrari). Manual técnico. IICA-PROMECAFE. 20 p.
- DECAZY, B. 1990b.** Descripción, biología, ecología y control de la broca del fruto del cafeto *Hypothenemus hampei* Ferr. IRCC. PROMECAFE. ANACAFE. En: 50 años de CENICAFE, 1938-1988. Conferencias conmemorativas. Centro de investigaciones de café "Pedro Uribe Mejía". Chinchiná Caldas, Colombia 1990. 133-139 p.
- DECAZY, B. 1988.** Manejo integrado de la broca del cafeto *Hypothenemus hampei* Ferr. XI Simposio de Caficultura Latinoamericana San Salvador, El Salvador. ISIC. PROMECAFE. 141 p.
- DECAZY, B. 1985.** Métodos de control químico y cultural de la broca del cafeto. En: Memoria del curso sobre manejo integrado de plagas del cafeto con énfasis en broca del fruto (*Hypothenemus hampei* Ferr, 1867). IICA. PROMECAFE. ANACAFE. Guatemala C.A. 147-158 p.
- EQUIHUA, M.A. 1987.** Consideraciones generales sobre el género *Hypothenemus*. En: Memoria del 2<sup>do</sup>. Taller Internacional sobre la broca del grano de café (*Hypothenemus hampei* Ferr.). IICA. PROMECAFE. INMECAFE. Tapachula, Chiapas (México). 171-178 p.
- FERNANDEZ, C.F.; MUSCHLER, R.G. 1999.** Aspectos de la sostenibilidad de los sistemas de cultivo de café en América Central. In: Desafíos de la caficultura Centroamericana, CIRAD-PROMECAFE-IICA (Eds). 69-96 pp.
- FOURNIER, L.A. 1988.** El cultivo del café (*Coffea arabica* L.) al sol o a la sombra: un enfoque agronómico y ecofisiológico. Agronomía Costarricense 12(1): 131-146.
- GALLOWAY, G.; BEER, J. 1997.** Oportunidades para fomentar la silvicultura en cafetales de América Central. Turrialba, Costa Rica. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico N° 285.

- GINDEL, I. 1962.** Comportamiento de la planta de café en condiciones semiáridas. *Café (Costa Rica)* 4 (14): 61-79.
- GODOY, J.C.; GRANER, E. A. 1961.** Sombreamiento dos cafezais. 2do. Resultados do 4° bienio (1959-1960). En: Maya, M.L.A., Moncada, B.M. del P. (comp.) 1987. La broca de la cereza del cafeto (*Hypothenemus hampei* Ferr. 1867); Resúmenes analíticos. CENICAFE. Chinchiná Caldas, Colombia. 122 p.
- GOETTEL, M.S. 1991.** Fungal agents for biocontrol. In *Biological Control of Locust and Grasshoppers*. Ed. C.J Lomer and C. Prior. 122-132 pp.
- GOLDBERG, A.; KIGEL, J. 1986.** Dynamics of the weed community in coffee plantations grown under shade trees, effect of clearing. *Israel Journal of Botany* 35: 121-131.
- GUERRERO FILHO, O.; MEDINA FILHO, H.P.; CARVALHO, A.; GONCALVES, W. 1990.** Melhorando do cafeeiro. XLIII-Selecao de cafeiros resistentes ao bicho minero (*Perileucoptera coffeella*). *Bragansa*. 49-304.
- GUHARAY, F.; MONTERROSO, D.; MONTERREY, J.; STAYER, C. 2000.** Manejo Integrado de Plagas en el Cultivo del Café. Serie Técnica-Manual Técnico N° 44. CATIE: Managua, Nicaragua. 267 pp.
- GUHARAY, F.; MONTERROSO, D.; STAYER, C. 2001.** El diseño y manejo de la sombra para la supresión de plagas en cafetales de América Central. En: *Agroforestería en las Américas (Costa Rica)* 8(29): 22-29.
- GUHARAY, F.; MONTERREY, J. 1997.** Manejo ecológico de la broca del cafeto (*Hypothenemus hampei*) en América Central. Turrialba, Costa Rica. CATIE. Hoja Técnica N° 22.
- GUISCAGRE, A.J.; GOMEZ, L.A. 1942.** Effect of solar radiation intensity on the vegetative growth and yield of coffee. Puerto Rico. University. *Journal of Agriculture*. 26(4): 73-90.
- HERNÁNDEZ P.M.; SANCHEZ DE L. 1972.** La broca del fruto del café. ANACAFE, Boletín N° 11, ciudad de Guatemala. 172 pp.
- HUERTA, S.A. 1954.** Influencia de la intensidad de luz en la eficiencia asimilatoria y el crecimiento del cafeto. Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica. IICA. 69 p.
- INTERNATIONAL TRADE DIVISION, THE WORLD BANK. 1992.** Nicaragua: Coffee Sub sector study main report Washington, D.C. 72 p.
- JACOBS, W.; RENNER, M. 1989.** Biologie und Ökologie der Insekten. 2 Auflage. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart and New York. 690 pp.
- JOHANNESON, N.E.; MANSINGH, A. 1984.** Host past relationship of the genus *Hypothenemus* (Scolytidae: Coleoptera) with special reference to the coffee berry borer, *H. hampei*. *Journal of Coffee Research* 14(2): 43-56.

- KEIN-KOCH, C.; ESPINOSA, O.; TANDANZO, A.; CISNEROS, P.; DELGADO, D. 1988. Factores naturales de regulación y control biológico de la broca del café (*Hypothenemus hampei*, Ferr.). Sanidad Vegetal N° 3 (Quito): 5-39.
- KING, A.B.S.; 1979. Cropping Systems Entomology, Costa Rica: Progress Report June 1975-June 1977. ODM/CATIE, Center for Overseas Pest Research, London.
- KUMAR, D. 1979. Some aspects of the physiology of *Coffea arabica* L. a review. Kenya Coffee 44(519): 9-47.
- KUMAR, D.; TIESZEN, L.T. 1980. Photosynthesis in *Coffea arabica*. I Effects of light and temperature. Experimental Agriculture. 16: 21-27.
- LA NACIÓN. 2000. Broca del café invade las fincas, 23 de diciembre 2000. San José, Costa Rica. 5A p.
- LE PELLEY, R.H. 1973. Pests of coffee. Longmans, Londres. 590 p.
- LE PELLEY, R.H. 1969. Las plagas del café. Agricultura tropical. Editorial Labor S.A. Barcelona España. 140-170 p.
- LEROY, J.F. 1980. Evolution et taxogenèse chez les caféiers. Hypothèse sur leur origine. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences (Paris) 291: 593-596.
- LUTZEYER, H.-J.; SCHOLAEN, S. 1994. Recursos genéticos, clasificación botánica y adaptación ecofisiológica. En: Avances en el control de plagas y enfermedades en cultivos perennes tomado como referencia al café. Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania (eds.). Bonn, Alemania. 20-21 p.
- LUTZEYER, H.-J.; SCHOLAEN, S.; PÜLSCHEN, L.; COMPART, W. 1994. Avances en el control de plagas y enfermedades en cultivos perennes tomado como referencia al café. Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania (eds.). Bonn, Alemania. 108 p.
- MACHADO, S.A. 1946. Influencia del sombrero, el suelo y las prácticas de cultivo en el desarrollo del cafeto en sus primeros meses de vida propia; experimento preliminar. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Chinchiná, Colombia. Boletín Técnico. 1(1): 1-32.
- MAG-GTZ. 1987. La broca del café (*Hypothenemus hampei*). Quito. 45 pp.
- MENDEZ, E.R. 1992. Influencia de diferentes coberturas del suelo en la sobrevivencia de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferr.) en el período post-cosecha. M.Sc Thesis. Turrialba, Costa Rica. CATIE.
- MENDES, L.O.T. 1940. O sombreamento do cafeeiro e a "broca do café". En: Maya, M.L.A., Moncada, B.M. del P. (comp.) 1987. La broca de la cereza del cafeto (*Hypothenemus hampei* Ferr. 1867), Resúmenes analíticos. CENICAFE. Chinchiná Caldas, Colombia. 128 p.

- MENDEZ, L.I.; VELASCO, P.H. 1987. Infestación y daño de la broca *Hypothenemus hampei* Ferr., del fruto del cafeto en la Costa de Chiapas. En: Memoria del 2<sup>do</sup>. Taller Internacional sobre la broca del grano del café (*Hypothenemus hampei* Ferr.) IICA. PROMECAFE. INMECAFE. Tapachula Chiapas (México). 148-160 p.
- MOORE, D.; PRIOR, C. 1988. Present status of biological control of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei*. In: Proc. Brighton Crop Protect. Conf. Pests and Diseases. 3: 1119-1123.
- MONTERREY, J. 1990. Fluctuación poblacional de la broca de los frutos del café. *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) en plantaciones cafetaleras de la región IV de Nicaragua, durante la cosecha 1989-1990. Revista Interna Anual. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 29 p.
- MONTERREY, J. 1994. Avances de los estudios bioecológicos de la broca del café *Hypothenemus hampei* en Nicaragua. In: V Congreso Internacional de Manejo Integrado de Plagas. San José, Costa Rica. Resúmenes. 161 p.
- MONTERREY, J.; SUAREZ, D.; GONZALEZ, M. 2001. Comportamiento de insectos en sistemas agroforestales con café en el Pacífico Sur de Nicaragua. En: Agroforestería en las Américas (Costa Rica) 8(29): 15-21.
- MUÑOZ, R.I.; ANDINO, A.; ZELAYA, R. R. 1987. Fluctuación poblacional de la broca del fruto del cafeto (*Hypothenemus hampei* Ferr.) en la zona del Lago de Yojoa. En: Memorias del 2<sup>do</sup>. Taller Internacional sobre la broca del grano del café. (*Hypothenemus Hampei* Ferr.) IICA. PROMECAFE. INMECAFE. Tapachula Chiapas (México). 75-99 p.
- MURPHY, S.T.; MOORE, D. 1990. Biological control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* Ferr. (Coleoptera: Scolytidae). Previous programmers and possibilities for the future. Biocontrol. News and Information. 11(2): 107-117.
- MUSCHLER, R. 1998. Tree-crop Compatibility in Agroforestry: Production and Quality of Coffee Grown under Managed Tree Shade in Costa Rica. Ph.D. thesis, University of Florida, Gainesville, Florida. USA.
- MUSCHLER, 1999. Árboles en cafetales. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. Modulo de Enseñanza No 5.
- NUNES, M.A.; BIERHUZEN, F.J; PLOEGMAN, C. 1968. Studies on productivity of coffee. I Effect of light, temperature and CO<sub>2</sub> on photosynthesis of *Coffea arabica*. Acta Botanica Neerlandica 17(2): 93-102.
- OCHOA, M.H.; CAMPOS, A.O.; VIDAL, S.B.; DECAZY, B. 1990. Determinación de pérdidas en la cosecha por broca del fruto del cafeto (*Hypothenemus hampei* Ferr.) en función de diferentes porcentajes de infestación, pp. 81-86. En: IICA. PROMECAFE. 1990. Resumen: 3<sup>er</sup>. Taller regional de broca.
- OCHOA, M.H.; CAMPOS, A.O.; VIDAL, S.B.; LOPEZ, DE L.E. 1987. Cuantificar daños por ataque de la broca del fruto del café *Hypothenemus hampei* Ferr. en la conversión cereza a pergamino de primera. En: Memoria del 2<sup>do</sup>. Taller Internacional sobre la



- broca del grano de café (*Hypothenemus hampei* Ferr.). IICA. PROMECAFE. INMECAFE. Tapachula Chiapas (México). 1-14 p.
- PASCALET, P. 1939.** La lutte biologique contre *Stephanoderes hampei* ou scolyte du caféier au Cameron. Revue de Botanique appliquée e d' Agriculture Tropicale. Bull. 219: 753-764.
- PURSEGLOVE, J.N. 1968.** Tropical crops: dicotyledons. Longman, Essex (Gran Bretaña). 719 pp.
- RANGI, D.C.; MURPHY, S.T.; NANGAYO, F.L.; MOORE, D. 1988.** Fourth and final report on the coffee berry borer project. CAB International Institute of Biological Control, Ascot (Inglaterra). 23 pp.
- RENNA, A.B.; BARROS, R.S; MAESTRI, M.; SöNDAHL, M. 1994.** Coffee. In: B. Shaffer and PC, Andersen (eds.). Handbook of environmental physiology of fruit crops Volume II. Sub-Tropical and Tropical Crops. CRC Press. Inc. 101-122 pp.
- ROSENBERG, N.J; BJAD, B.L.; VERMA, S.B; 1983.** Microclimate: The Biological Environment. Ed Wiley & Sons. New York. 495 p.
- SAMPER, M. 1999.** Itinerarios tecnológicos del café en Centroamérica. Ateliers de Caravelle No. 13. Marzo, 1999. San José, Costa Rica.
- SCHIBLI, C. 2001.** Percepciones de familias productoras sobre el uso y manejo de sistemas agroforestales con café en el norte de Nicaragua. Agroforestería en las Américas (Costa Rica) 8(29): 8-14.
- SCHROTH, G.; KRAUSS, U.; GASPAROTTO, L.; DUARTE, J.; VOHLAND, K. 2000.** Pests and diseases in agroforestry systems of the humid tropics. Agroforestry Systems. 50: 199-241.
- SILES, P.G. 2001.** Comportamiento fisiológico del café asociado con *Eucalyptus degluta*, *Terminalia ivorensis* y sin sombra. M.Sc. Thesis. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- SOUZA, H.C. DE; REIS, P.R. 1980.** Efecto da broca do café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) na producto e qualidade do grao do café. En: Congreso brasileiro de pesquisas cafeeiras, 9. Campos do Jordao, 25-28 Nov. 1980. IBC, Río de Janeiro. 281-283 pp.
- SUAREZ DE C.F.; VILANOVA, M.T. 1963.** El cultivo del café en El Salvador, Agricultura de las Américas. 12(1): 54-57.
- SPONAGEL, K.W. 1994.** La broca del café *Hypothenemus hampei* en plantaciones de café Robusta en la Amazonía Ecuatoriana. Traducción: Wilma Miranda-Sponagel. Alemania. 185 pp.
- SPONAGEL, K.W. 1992.** Robusta-caficultura en la Amazonía Ecuatoriana y los impactos de la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferr. 1867). Un estudio técnico-socioeconómico. Puento Francisco de Orellana (Coca), Ecuador. 172-183 p.

- TAVARES, F.C.; BEER, J.; JIMENEZ, F.; SCHROTH, G.; FONSECA, C. 1999.** Experiencia de agricultores de Costa Rica con la introducción de árboles maderables en plantaciones de café. *Agroforestería de las Américas (Costa Rica)* 6(23): 17-20.
- TICHELLER, J.H.G. 1963.** Estudio analítico de la Epidemiología del escolítido de los granos de café *Stephanoderes hampei* Ferr. en Costa de Marfil. Traducción G. Quinceno CENICAFE. (Colombia) 14(4): 223-287 p.
- THOMAS, A.S. 1942.** The wild arabica coffee on the Boma Plateau, Anglo Egyptian Sudan. *Emp. J. Expt. Agric.* 10: 207-212.
- URBINA, N. 1986.** Descripción general de la broca del fruto del cafeto en el control de residuos de pesticidas usados en café. Informe Final, Proyecto Regional del Control de Pestes del café. PROMECAFE. 3-15 p.
- URBINA, N.E. 1987.** La broca del fruto del cafeto *Hypothenemus hampei* Ferrari. In: Il curso regional sobre manejo integrado de plagas del cafeto con énfasis en broca del fruto. Ed. IICA-PROMECAFE-IHCAFE, San Pedro Sula, Honduras. 148-166 pp.
- VAN OVERBEEK, J. 1952.** Agricultural application of growth regulators and their physiological basis. *Annual Review of Plant Physiology.* 3: 87-108.
- VEGA, R.M.I.; ROMERO, C.E. 1985.** Combate de la broca del cafeto (*Hypothenemus hampei* Ferr.) en El Salvador. En: Memoria del curso sobre Manejo Integrado de Plagas del Cafeto con énfasis en broca del fruto (*Hypothenemus hampei* Ferr.). IICA. PROMECAFE. ANACAFE. Guatemala C.A. 92-96 p.
- WATERHOUSE, D.F.; NORRIS, K.R. 1989.** Biological control: pacific prospects. Supplement 1. Australian Center for International Research, Canberra (Australia). 123 pp.
- WILLEY, R.W. 1975.** The use of shade in coffee, cocoa and tea. *Horticultural Abstracts* 45 (12): 791-798.
- WOOD, S.L. 1954.** A revision of North American Cryphalini (Scolytidae; Coleoptera). In: Maya, M.L.A., Moncada, B.M. del P. (comp..) 1987. La broca de la cereza del cafeto (*Hypothenemus hampei* Ferr. 1867); Resúmenes analíticos. CENICAFE. Chinchiná Caldas, Colombia. 83 p.
- WRIGLEY, G. 1988.** Coffee. Longman, Harlow, U K. 639 pp.
- ZELAYA, R. 1984.** Fluctuación poblacional de la broca del fruto del cafeto *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en la zona del largo de Yojoa. In: Recopilación de publicaciones entomológicas realizadas por el Instituto Hondureño del Café. La Fe. Honduras. 1-17 p.