

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE AGRONOMÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TRABAJO DIRIGIDO

**CONTROL BIOLÓGICO COMO ESTRATEGIA DE MANEJO CONTRA LA
BROCA DEL CAFÉ (*Hypothenemus hampei* Ferrari) CON LA
MICROAVISPA (*Cephalonomia stephanoderis* Betrem) Y EL HONGO
ENTOMOPATÓGENO (*Beauveria bassiana* Balsamo), EN LOS
YUNGAS DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

WILSON CALLE MOLLO

LA PAZ – BOLIVIA

2013

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**CONTROL BIOLÓGICO COMO ESTRATEGIA DE MANEJO CONTRA LA
BROCA DEL CAFÉ (*Hypothenemus hampei* Ferrari) CON LA
MICROAVISPA (*Cephalonomia stephanoderis* Betrem) Y EL HONGO
ENTOMOPATÓGENO (*Beauveria bassiana* Balsamo), EN LOS
YUNGAS DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

*Trabajo Dirigido presentada como requisito parcial
para optar el Título de Ingeniero
Agrónomo*

WILSON CALLE MOLLO

Asesor:

Ing. Carlos López Blanco.

Tribunal Examinador:

Lic. M. Sc. Doris Claudia Saavedra Rojas

Ing. Freddy Porco Chiri

APROBADA

Presidente Tribunal Examinador

La fe:

Es, pues, la fe de la certeza de lo que se espera, la convicción que no se ve (Heb. 11:1).

DEDICATORIA

A mis padres Nicolás (+) y Carmen (+). A mis hermanos Daniel, Máxima (+), Constancio, Teresa, Felipe y Ana María que contribuyeron en todo momento.

A mí esposa Eugenia Sillo, mis hijos: Nelson, Liliana, Álvaro, Mauricio y Yudith, por comprenderme y alentar en momentos más difíciles.

Wilson Calle

AGRADECIMIENTOS

A: Dios, por la maravillosa naturaleza que nos brinda.

A la Universidad Mayor de San Andrés, en especial a la Facultad de Agronomía y Docentes por la contribución de la enseñanza académica impartida.

Al Proyecto de Desarrollo Entre Ríos – Chijchipani (Caranavi), a través de Visión Mundial en Bolivia, por el incentivo a la investigación participativa en bien del productor agropecuario, y a personas Ing. Juan J. Aparicio P. y Lic. Macedonio Marino.

Al Ing. Nicanor Cuba C. Director del proyecto COBIPLA/PL-480, por facilitar el material biológico (1999), a su equipo Técnico, especialmente al Ing. Egberto Mamani M.

Al Ing. Carlos López B. por el asesoramiento y por la colaboración en la redacción del Trabajo Dirigido.

A la Lic. M. Sc. Doris Claudia Saavedra R. y al Ing. Freddy Porco Ch. miembros del Tribunal Revisor por su aporte y acertadas sugerencias para el Trabajo Dirigido.

A la Ing. Ph. D. Teresa Ruíz y al Ing. Hernán Romero, por su apoyo moral.

A: mis amigos: Lic. Marcelo G. Velázquez B., Ing. Víctor H. Monrroy, Ing. José M. Alejo, Willy Chambi, Julio Huanca y Rafael Segales.

A la Dirección del Centro de Comunicaciones La Paz, en especial a mis compañeros de Mantenimiento del Edificio.

A las colonias Virgen de Copacabana, Túpac Katari, Villa Oriente (Caranavi) y las comunidades San Pedro de la Loma, Chovacollo (Coroico), Sascuya, Machacamarca (Irupana), APCERL (Teoponte).

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
LISTA DE CUADROS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE ANEXOS.....	ix
RESUMEN.....	x
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Metas	3
2. MARCO TEORICO	5
2.1. Contexto normativo	5
2.1.1. Marco legal	5
2.2. Marco conceptual	6
2.2.1. Aspectos generales del cultivo de café.....	6
2.2.2. Caficultura nacional	7
2.2.3. Plagas y enfermedades del cultivo de café.....	8
2.2.4. Generalidades sobre la broca del café	9
2.2.4.1. Origen y características del insecto	9
2.2.4.2. Dispersión de la broca	9
2.2.4.3. Clasificación taxonómica.....	10
2.2.4.4. Biología de la broca	10
2.2.4.5. Penetración y posición de la broca en los frutos	12
2.2.4.6. Efecto de la broca sobre la producción de café	12
2.2.4.7. Enemigos naturales de la broca del café	13
2.2.4.8. Control de la broca del café	13

2.2.4.9. Evaluación de la infestación de la plaga broca de café	14
2.2.5. Generalidades de la microavispa <i>C. stephanoderis</i>	15
2.2.5.1. Clasificación taxonómica.....	15
2.2.5.2. Modo de acción y ciclo biológico de <i>C. stephanoderis</i>	16
2.2.5.3. Cría masiva del parasitoide.....	17
2.2.5.4. <i>C. stephanoderis</i> en el control de la broca del café	17
2.2.6. Generalidades del hongo entomopatógeno <i>B. bassiana</i>	18
2.2.6.1. Clasificación taxonómica del hongo	18
2.2.6.2. Características del hongo	19
2.2.6.3. Ciclo biológico de <i>B. bassiana</i>	19
2.2.6.4. Producción de enzimas, toxinas y ácidos metabólicos.....	21
2.2.6.5. Modo de acción.....	21
2.2.6.6. Producción de <i>B. bassiana</i>	21
2.2.6.7. <i>B. bassiana</i> en el control de la broca del café.....	22
3. SECCION DIAGNOSTICA	23
3.1. Localización	23
3.1.1. Características del lugar	25
3.2. Materiales y métodos	26
3.2.1. Materiales	26
3.2.1.1. Materiales de campo.....	26
3.2.1.2. Materiales de gabinete.....	26
3.2.2. Métodos.....	26
3.2.2.1. Preparación	28
3.2.2.1.1. Relevamiento de información	28
3.2.2.1.2. Contacto con actores	28
3.2.2.2. Construcción	28
3.2.2.2.1. Identificación de actores en la cadena del café	28
3.2.2.2.2. Identificación de los sistemas de producción del café	29
3.2.2.2.3. Afectación de la plaga broca del café.....	29
3.2.2.2.4. Manejo de la plaga broca del café.....	29
3.2.2.2.5. Manejo de controladores biológicos en la plaga broca del café	29
3.2.2.3. Procesamiento	30

3.2.2.3.1. Organización de la información	30
3.2.2.3.2. Análisis y evaluación de resultados.....	30
3.2.2.4. Validación	30
3.2.2.4.1. Obtención de resultados finales	30
3.2.2.4.2. Discusión y recomendación.....	30
3.2.3. Variables de respuesta	31
4. SECCION PROPOSITIVA	32
4.1. La cadena de producción del café y sus actores en Los Yungas	32
4.1.1. Aspectos de producción del café en la zona yungueña	34
4.1.2. Sistemas de producción	34
4.1.3. Tamaño, variedades y situación de las plantaciones de café	35
4.2. Indicadores de estudio de la plaga broca del café en Los Yungas	37
4.2.1. Identificación y monitoreo de la plaga.....	37
4.2.2. Incidencia de la plaga broca de café	39
4.2.3. Daño económico causado por la broca.....	41
4.2.4. Manejo en el control de la plaga	42
4.3. Control biológico de <i>H. hampei</i> con <i>C. stephanoderis</i> y <i>B. bassiana</i>	45
4.3.1. Resultados con el parasitoide <i>C. stephanoderis</i>	45
4.3.1.1. Origen y multiplicación del parasitoide	45
4.3.1.2. Liberación y establecimiento del parasitoide en campo	48
4.3.1.3. Eficiencia de <i>C. stephanoderis</i> sobre <i>H. hampei</i> en campo	50
4.3.2. Resultados con el hongo entomopatógeno <i>B. bassiana</i>	51
4.3.2.1. Origen y reproducción del hongo	51
4.3.2.2. Estudios de caracterización del hongo en laboratorio	56
4.3.2.3. Preparación y aplicación del hongo en campo.....	59
4.3.2.4. Patogenicidad del hongo en campo	61
4.3.2.5. Análisis de daño económico con la acción de <i>B. bassiana</i>	63
4.4. Análisis y propuesta de control de la broca del café.....	64
5. SECCION CONCLUSIVA	67
6. BIBLIOGRAFÍA.....	69
ANEXOS.....	77

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Distribución de producción de café en Bolivia.	7
Cuadro 2. Longevidad de <i>H. hampei</i> por sexos.	11
Cuadro 3. Pérdida de café de acuerdo a la incidencia de <i>H. hampei</i>	13
Cuadro 4. Ciclo biológico de <i>C. stephanoderis</i> , en café pergamino brocado.	17
Cuadro 5. Latitud y longitud.	23
Cuadro 6. Extensiones municipales y límites territoriales.	23
Cuadro 7. Metodología esquematizada.	27
Cuadro 8. Tenencia del cultivo de café en Municipios.	36
Cuadro 9. Infestación de <i>H. hampei</i> en la APCERL (Teoponte).	40
Cuadro 10. Análisis de daño económico, sin acción de control.	41
Cuadro 11. Promedio de avispas emergidas en café pergamino y cereza seco.	47
Cuadro 12. Antecedentes de calidad de las cepas del hongo <i>B. bassiana</i>	52
Cuadro 13. Producción y distribución del hongo (200 g/bolsa).	54
Cuadro 14. Resultados de patogenicidad de cepas sobre la broca (bioensayo).	58
Cuadro 15. Recuperación de granos cereza por la efectividad del hongo <i>B. bassiana</i>	61
Cuadro 16. Análisis de daño económico, con acción de <i>B. bassiana</i>	63

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Adultos de <i>H. hampei</i>	9
Figura 2. Diferentes estados en el ciclo de vida de <i>H. hampei</i>	11
Figura 3. Posición de infestación de <i>H. hampei</i> sobre el fruto de café.....	12
Figura 4. Recorrido de muestreo de infestación al azar en un lote de cafetal.....	14
Figura 5. Ciclo biológico del parasitoide <i>C. stephanoderis</i>	16
Figura 6. Estructuras de <i>B. bassiana</i> : a) Conidioforo; b) Fialide; c) Conidias.....	19
Figura 7. Ciclo de <i>B. bassiana</i> dividida en fase infectiva y reproductiva.....	20
Figura 8. Etapas de desarrollo de <i>B. bassiana</i> sobre <i>H. hampei</i>	20
Figura 9. Control de <i>H. hampei</i> por <i>B. bassiana</i> en el fruto de café.....	22
Figura 10. Ubicación geográfica de las zonas de estudio.....	24
Figura 11. Cluster de la cadena del café en Los Yungas.....	33
Figura 12. Cafetal tradicional bajo sombra en la zona de Los Yungas.....	36
Figura 13. Monitoreo de la plaga broca del café por el “Método de Rama”.....	38
Figura 14. a) Broca de café penetrando el fruto; b) Frutos de café infestados.....	39
Figura 15. Infestación de Campo en organizaciones de Caranavi y Coroico.....	40
Figura 16. Infestación de Campo en pisos ecológicos en Caranavi.....	40
Figura 17. a) Café pergamino; b) Café pergamino infestado; c) Café oro infestado.....	42
Figura 18. a) Desyerbe; b) Poda o pillu; c) Barreras muertas; d) Tazeo del café.....	44
Figura 19. Flujograma de producción de <i>C. stephanoderis</i> a nivel comunal y central....	46
Figura 20. Cría del parasitoide: a) En café cereza seco (k'olo); b) En café pergamino..	46
Figura 21. a) Liberación de <i>C. stephanoderis</i> en campo; b) Recuperación de frutos en campo c) Evaluación en laboratorio (dispersión y eficiencia del parasitoide).....	49
Figura 22. a) Adulto de <i>C. stephanoderis</i> ; b) Broca depredada por el parasitoide.....	50
Figura 23. Cepas de <i>B. bassiana</i> (24, 13 y 9205) en Saboraud Dextrosa Agar (SDA).....	52
Figura 24. Flujograma de producción y aplicación de <i>B. bassiana</i>	53
Figura 25. Réplica del hongo en laboratorio comunal: a) Inoculación; b) maduración.....	54
Figura 26. Laboratorio Central: a) Maduración del hongo; b) Conidiación sobre arroz.....	55
Figura 27. Prueba de viabilidad del hongo: a) Conidias; b) Conidias germinadas.....	56
Figura 28. Caracterización del hongo en bioensayo.....	57

Figura 29. Mortalidad diaria de población de brocas por causa del hongo.	58
Figura 30. Mortalidad acumulada y TL ₅₀ de <i>H. hampei</i> por causa de <i>B. bassiana</i>	58
Figura 31. a) Bolsa con hongo; b) Preparación; c) Aplicación del hongo en cafetal.....	60
Figura 32. Efectividad del hongo y su contribución en la reducción de la Infestación. ...	61
Figura 33. Efectividad del hongo sobre la broca del café, en pisos ecológicos.....	62
Figura 34. Efectividad de <i>B. bassiana</i> sobre <i>H. hampei</i> de acuerdo al nivel IC.	62
Figura 35. Recuperación económica de granos de café por acción del hongo.	64

LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1. Organizaciones afiliadas a la FECAFEB.
- Anexo 2. Instituciones involucradas en el eslabón de Producción.
- Anexo 3. Instituciones involucradas en el eslabón de Transformación.
- Anexo 4. Instituciones involucradas en el eslabón de Comercialización.
- Anexo 5. Índice de producción de café en las Colonias de APCERL.
- Anexo 6. Planilla de evaluación de Incidencia de *H. hampei* y su control con el hongo *B. bassiana*.
- Anexo 7. Formulas de Incidencia y control de la plaga broca con biocontroladores.
- Anexo 8. Relación de niveles de infestación en campo y café pergamino seco.
- Anexo 9. Parasitación de la broca post liberación de la avispa, durante la inter cosecha.
- Anexo 10. Parasitación de la broca post liberación de la avispa, durante la post cosecha.
- Anexo 11. Equipos y materiales de producción de entomopatógenos en laboratorio central: a) Cámara de incubación; b) Cepario del hongo; c) Microscopio electrónico; d) Cámara de flujo laminar; e) Cajas petri con cepas madre.
- Anexo 12. Laboratorios comunales en Coroico y Caranavi implementados con el proyecto COBIPLA/PL – 480.
- Anexo 13. Evaluación del porcentaje de incidencia de *H. hampei* en campo, antes y después de 90 días de liberación de *C. stephanoderis*. En inter y pos cosecha de café.
- Anexo 14. Oviposición dorso lateral y ventral, del parasitoide sobre larva de la broca del café.
- Anexo 15. Relación de precipitaciones en milímetros (mm) media anual de seis años.
- Anexo 16. Relación comparativa de humedad relativa, promedio de dos localidades.
- Anexo 17. Relación comparativa del % de humedad relativa de dos localidades.

RESUMEN

El cultivo de café es un producto no tradicional que genera movimiento económico y aporta al PIB nacional, la cual ha generado reconocimiento e imagen de buena calidad del café boliviano en mercados internacionales, por lo que abrió la posibilidad de acceso a nuevos mercados internacionales de café especial y orgánico. Se atribuye como mayor productor en los Yungas de La Paz, con un 95.4 por ciento y el promedio de plantaciones de 2.7 hectáreas por familia con la variedad típica (80%), mejoradas (20%). El cultivo está expuesto a diversos factores adversos de producción; suelos erosionados, plantaciones viejas (falta de renovación), cambio a cultivos económicamente más rentables (como la coca) y la incidencia de plagas.

La plaga *Hypothenemus hampei* (broca del café), es la más importante por el daño económico que causa. La incidencia en campo, en las zonas cafetaleras es de 20.5 a 36.7 por ciento, pasando el nivel permitido de 5%, lo que equivale en café pergamino de 10.3 a 24.4 por ciento, con daño económico de 9.5 a 16.9 \$us por quintal (sin control a la plaga). En la actualidad las organizaciones cafetaleras realizan el control de la broca de forma poco significativo, con innovaciones aisladas de poco impacto.

La avispa *Cephalonomia stephanoderis* de origen Africano fue introducida en los Yungas (Irupana) en el año 1993 desde el Ecuador y Colombia, multiplicándose en frutos secos (k'olos) y café pergamino infestados con la broca. La emergencia registrada de avispa por progenitor en frutos secos es de 2 a 2.6 individuos y en café pergamino de 3.2 a 6.0 individuos, a los 24 días, bajo condiciones de temperatura 25 °C y 77% de humedad relativa. La acción parasítica en campo de la avispa después de su liberación en época seca evaluada hasta los 90 días en altitudes de 1,180 m.s.n.m. en la colonia "Virgen de Copacabana" (Caranavi) a 25 °C y HR 80%, fue 11.0% a 19.3%; bajando la Infestación de 80.6% a 30.7%, y su acción depredadora sobre adultos y estados inmaduros de la plaga fue de 24.5%; con una mortandad ejercida sobre la plaga de 51.6% a 72.7% constituyéndose en un enemigo potencial en la regulación de

población de brocas en diferentes estados en el interior del fruto de café (posiciones **c** y **d**). Por otro lado se desconoce su dinámica en tiempo prolongado (2 a 3 años).

Referente al hongo *Beauveria bassiana* se cuenta con cepa promisorio nativa y exótica para el control de la broca. La producción del hongo se realiza a nivel de laboratorio central y comunal, obteniendo cepas madre en cultivos artificiales (AN, PDA, SDA) y reproducción masiva en sustrato de arroz (200 g/bolsa) con esporulación efectiva hasta los 12 y 25 días, respectivamente. En su preparación se utiliza una bolsa/mochila y/o motoaspersora de 12 y 20 litros, con adición de agua y aceite agrícola (10 ml). Su aplicación en campo se realiza en horas de la tarde o días nublados en época húmeda, aplicando 4 aspersoras por hectárea, por la alta infestación de la plaga en campo.

La calidad del hongo (cepas representativas: 13, 24 y 9205) realizada en laboratorio, reportó una viabilidad (germinación) de 91.7% pasando el límite exigido de 85%; presentando la fase patogénica y saprofítica sobre la broca (muerte y desarrollo). La mortandad de brocas por causa patogénica fue de 89.2% y la agresividad (virulencia) medido en Tiempo Letal Medio (TL₅₀) presentó una mortandad efectiva hasta las 72 horas, indicando la buena calidad de cepas del hongo, recomendado para su aplicación en campo.

La acción del hongo en campo sobre la plaga es de 8.1% a 33.6% bajando la Infestación de 36.7% a 18.4%; recuperando granos de café de 2.1% a 13.6% equivalente en términos económico de 0.6 a 10.1 \$us/qq (60 kg de café oro). Se recomienda su aplicación en campo de forma oportuna para un control efectivo de la plaga.

Para lograr un control eficiente de la plaga broca, se estableció en forma integrada una serie de medidas de manejo de la broca de café con biocontroladores, con participación del productor cafetalero de forma organizada (asociados y no asociados), a fin de lograr una productividad aceptable en convivencia con la plaga, a niveles que no resulten en un daño económico para el país.

ABSTRACT

Coffee is a non-traditional farming product which produces dynamic economic activity and GDP growth, giving distinction and good quality image to Bolivian The coffee abroad, increasing the access possibilities to new foreign markets of specialized and organic coffee. The major national coffee producer is the Yungas region in La Paz with a 95.4% of total production with an average farming area of 2.7 hectare per family, where 80% of crops are typical type variety and improved type 20%. Crops are generally exposed to adverse production factors, such as eroded soils, old cultivated fields (lack of renovation), switching farming to a more profitable type of crops (coca leaf) and the incidence of plagues.

Due to the economic damage it causes, the *Hypothenemus hampei* (coffee borer) is the most important plague to consider. The infestation registered on fields of this plagues is 20.5% to 36.7%, record higher than the 5% level allowed, which is equivalent to 10.3% to 24.4% of pergamino coffee with an economic damage of USD9.5 to USD16.9 per hundredweight (with no plague control). Nowadays coffee producers do not make significant control of the borer, using isolated innovations with low impact.

By the year 1993, the African *Cephalonomia stephanoderis* wasp was introduced in Yungas (Irupana) from Ecuador and Colombia, multiplying themselves on dry fruits (k'olos) and coffee infested within the borer. A recorded emergency of wasp by progenitor in dry fruit showed a number of 2 to 2.6 individuals and 3.2 to 6.0 individuals in pergamino coffee, to go by 24 days under temperature conditions of 25 °C and relative humidity (HR) 77%. The 11.0% to 19.3% wasps' on-field parasitic action, assessed in field of the parasitoids after your liberation (dry time) evaluated in 90 days after their release on dry weather with an altitude of 1,180 m.a.s.l., found in the colony "Virgen of Copacabana" (Caranavi) at 25 °C, HR 70.9% and 1162,4 mm of precipitation, registers a lower wasp infestation from 80.6% to 30.7%, and its predator action over grown and unripe condition of the plague was 24.5%; with a plague mortality rate of 51.6% to 72.7% becoming a potential enemy when comes to control the borer

population considering its different conditions inside the coffee crop (**c** and **d** positions). On the other hand, its dynamic is unknown in extended time (2 to 3 years).

Relating to the fungus *Beauveria bassiana* it comes with a promising native and exotic stump for the borer control. Its production is made in central and communal laboratories, obtaining mother stump in artificial crop (AN, PDA, SDA) and massive spreading over rice substratum (200 grams per bag), with effective sporulation within 12 and 25 days, respectively. For its preparation is used a bag/backpack and/or a sprinkler of 20 and 12 liters, adding water and farming oil (10 ml). It can be utilized on field during late hours or cloudy weather is present, using 4 sprinklers per hectare due to the high plague infestation over the field.

Lab testing results for the fungus quality (representative stumps: 13, 24 and 9205) showed a viability (germination) of 91.7% surpassing the 85% required limit, developing the pathogenic and saprophytic phases over the borer (demise and development). The borer demise due to pathogenic causes was 89.2% and aggressiveness (virulence) measured in Average Lethal Time (LT₅₀) giving an affective demise within 72 hours, showing the fungus' stump high quality, suggesting its application on field.

The fungus action on field over the plague is 8.1% to 33.6%, reducing infestation levels from 36.7% to 18.4%, recovering from 2.1% to 13.6% of coffee grains equivalent in economic terms of 0.6 to 10.1 American dollars per hundredweight (60 kg of gold coffee). Its appropriate application is recommended in order to gain an effective control over the plague.

To gain an effective control of the borer plague, a series of integrated steps were established in order to deal against the coffee borer using bio-controllers, with an organized participation of coffee producers (by associating or not), so to achieve level of acceptable productivity in coexistence with the plague where it will not eventually turn into an economic loss for the country.

1. INTRODUCCIÓN

El café *Coffea arábica* L., originario de regiones subtropicales de África es uno de los cultivos ampliamente distribuidos por todo el mundo, según la Organización Internacional del Café (OIC) señalan que más de 25 millones de familias cafetaleras dependen del cultivo de café para su subsistencia en los países de Latinoamérica, África y Asia (Osorio, 2002; citado por Pomacosi, 2011).

Bolivia se caracteriza por ser un país cafetalero con un volumen de producción poco significativo a nivel mundial, estimando a nivel nacional la existencia de alrededor de 24.000 hectáreas con plantaciones de café, de las cuales un 84% se encuentran en la región de Los Yungas y Norte del departamento de La Paz (Desarrollo Alternativo Integral, 2005).

El café, está catalogado como estimulante, su consumo a nivel nacional es relativamente bajo y se estima que es menor al 25% del total de la producción nacional, por lo tanto, algo más del 75% de la producción de café está destinada a la exportación a mercados Europeos, Americano y Asiático (FECAFEB, 2010).

1.1. Planteamiento del problema

La broca del fruto del café *Hypothenemus hampei*, (Ferrari 1867) (Coleóptera: Scolytidae) constituye uno de los mayores problemas entomológicos en la caficultura a nivel mundial, ya que implica pérdidas importantes en los rendimientos por cosecha que van desde un 5% hasta un 24% según la infestación que presente, reportando en casos extremos pérdidas hasta del 50% de la cosecha (Ramírez y Mora, 2001).

Actualmente la caficultura en Bolivia se encuentra amenazada en gran medida por la plaga broca del café, infestando desde 20 a 90% en los cultivos, causando pérdidas en la producción de 30 a 35%. Las condiciones climáticas de la región y la deficiencia en

el manejo del cultivo por los productores, favorecen notoriamente la multiplicación de la plaga (Cohela, 2009).

1.2. Justificación

Las políticas de investigación y desarrollo tecnológico propuesto por COBOLCA (1997), indica difundir de manera masiva el manejo de enemigos naturales de la broca del café en cafetales de zonas productoras. Por otra parte trabajos de investigación de control biológico de la broca del café, con la microavispa *C. stephanoderis*, indican, crías múltiples, liberaciones y adaptabilidad en distintas localidades y altitudes de cafetales; similares trabajos con *B. bassiana* demuestran eficiencia patogénica sobre la plaga, reduciendo su infestación. A su vez los principales mercados internacionales demandan café orgánico certificado, con las normas Internacionales de Producción Orgánica (IFOAM), (Yucra, 2000; FECAFEB, 2010).

Los enemigos más importantes de la broca del café *H. hampei* son los parasitoides *Prorops nasuta*, *Cephalonomia stephanoderis*, *Heterospillus coffeicola* y *Phymastichus coffea*; y los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* (Bustillo *et al.*, 1998).

El país cuenta con los enemigos naturales *C. stephanoderis* y el hongo *B. bassiana*, el primero introducido el año 1993, desde el Ecuador a Los Yungas por la institución QHANA, el cual se encuentra adaptado especialmente en la zona yungueña de Irupana. El segundo se encuentra en forma natural en cafetales, contándose con cepas nativas y exóticas caracterizadas, específicos para la broca de café, actualmente organizaciones como U-PROAGRO, Illampu y Villa Oriente, trabajan con el hongo, reproduciendo en laboratorios comunales (Romero y López, 2012).

Por lo manifestado el presente Trabajo Dirigido, propone el manejo de los enemigos naturales citados, para el control biológico de la broca del café, como un aporte a la

caficultura yungueña, de acuerdo a las condiciones ecológicas, ambientales y, socioeconómicas del productor.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el control biológico del parasitoide *C. stephanoderis* y el hongo entomopatógeno *B. bassiana* sobre la plaga broca del café *H. hampei*, en Los Yungas del departamento de La Paz.

1.3.2. Objetivos específicos

- Conocer de forma general la situación de la caficultura en la zona de Los Yungas.
- Conocer la incidencia, daño económico y manejo de la plaga *H. hampei* en la zona cafetalera de Los Yungas paceño.
- Evaluar las características de los controladores biológicos *C. stephanoderis* y *B. bassiana* en cuanto a su producción, aplicación y grado de control ejercido sobre la broca de café.
- Proponer una estrategia de control de la plaga broca en Los Yungas, bajo el sistema de manejo ecológico.

1.4. Metas

- Saber la situación de la caficultura de la zona yungueña referente a los eslabones de la cadena productiva y los actores que intervienen.

- Conocer el grado de infestación de la plaga (población de broca), los daños que causa (directos e indirectos), pérdidas que causa en los productores y el manejo que realizan para su control en la zona de Los Yungas.
- Conocer de los controladores biológicos: los métodos reproductivos (laboratorio central y comunal), la aplicación en campo (liberación y aspersión) y la eficiencia y efectividad de control que ejercen *C. stephanoderis* (parasitación) y *B. bassiana* (patogenicidad y virulencia) sobre la plaga broca del café.
- En base a las experiencias de trabajos realizados en el manejo de la broca, contribuir con un delineamiento estratégico de manejo ecológico de acuerdo a las condiciones socioeconómicas y ambientales de Los Yungas.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Contexto normativo

Los productores ecológicos del café cuentan con normativas específicas para la producción ecológica. Normas Básicas para la agricultura ecológica Internacional de la IFOAM, asamblea Nueva Zelandia y la Normativa Básica de producción ecológica de Bolivia del Instituto Boliviano de Normalización de Calidad (IBNORCA), la Asociación de Organizaciones Productores Ecológicos de Bolivia (AOPEB), y por otro lado, el sistema de producción del café tradicional que no tiene normativa alguna.

2.1.1. Marco legal

El control biológico de Manejo Integrado de Plagas (MIP) se enmarca dentro el “Reglamento General de Gestión Ambiental” y el marco de la Ley del Medio Ambiente Nº 1333, en el artículo 3 y 4 LMA, donde indica, que el medio ambiente y los recursos naturales constituyen un patrimonio de la Nación, su protección y aprovechamiento se encuentran regidos por la Ley y son de orden público, de interés social, económico y cultural, con fines de desarrollo sostenible.

Por otra parte se sustenta en las Bases de la Política Nacional del Medio Ambiente (Artículo. 5 LMA), promoción de la conservación de la diversidad biológica garantizando el mantenimiento y la permanencia de los diversos ecosistemas del país. A su vez la Ley Nº. 1551 de Participación Popular, reconoce a las organizaciones sociales según usos y costumbres, que ejercitan derechos y deberes a través de su OTB en la gestión municipal.

Asimismo, la Política Nacional del Café, Resolución Ministerial Nº 175 del 28 de marzo de 2011, Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras, cuyo objetivo general es promover el desarrollo sustentable, social, cultural, económico y tecnológico del subsector cafetalero de Bolivia, en el marco de la seguridad y soberanía alimentaria para “Vivir bien”.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Aspectos generales del cultivo de café

El café *Coffea arábica* L., originario de regiones subtropicales de África es uno de los cultivos ampliamente distribuidos por todo el mundo, según la Organización Internacional del Café (OIC) señalan que más de 25 millones de familias cafetaleras dependen del cultivo de café para su subsistencia en los países de Latinoamérica, África y Asia (Osorio, 2002; citado por López, 2003).

Según el Desarrollo Alternativo (2005), el café pertenece al género *Coffea* de la familia de las *Rubiáceas*. Dos especies de este género son de importancia económica, la especie *Coffea arábica*, cuyo nombre comercial en la industria es “Arábica” y abarca más del 70% de la producción mundial; y *Coffea canephora* (o *Coffea robusta*), cuyo nombre comercial en la industria es “Robusta”, y comprende alrededor del 30% de la producción mundial.

El cafeto se desarrolla en zonas de clima cálidas y semicálidas con precipitaciones promedio de 1,500 mm. anuales. La especie Arábica se desarrolla en climas templados con temperaturas entre 18 °C a 24 °C y con estaciones bien diferenciadas; esta variedad es más resistente al frío. La especie Robusta se desarrolla en condiciones de clima cálido ecuatorial con temperaturas anuales medias de 24 °C a 26 °C y estaciones seca y lluviosa menos diferenciadas.

La planta es de porte arbustivo, tallo leñoso recto y ramas di mórficas. Las flores son hermafroditas, blancas, habiendo también amarillas y rojo claras. Los frutos son generalmente dos semillas plano-convexas, de maduros tienen coloración verde, amarilla y rojiza, conforme la variedad. Las raíces son finas y superficiales de 30 a 40 centímetros de profundidad en el suelo (Henaó *et al.*, 2007).

2.2.2. Caficultura nacional

Según FECAFEB (2010), La producción de café en Bolivia está concentrada en diferentes departamentos como se detalla en el siguiente cuadro:

Cuadro 1. Distribución de producción de café en Bolivia.

Departamento	Producción (%)	Provincias	Municipios
La Paz	95,4	Caranavi, Nor Yungas, Sud Yungas, Inquisivi, Franz Tamayo, Larecaja, Iturralde.	Caranavi, Coroico, Chulumani, Irupana, Palos Blancos, Apolo, Guanay, Cajuata, Yanacachi.
Santa Cruz	2,5	San Ignacio de Velasco e Ichilo	San Ignacio y Buena Vista.
Cochabamba	1,0	Chapare, Carrasco y Ayopaya.	Colomi, Chimore, Ayopaya.
Tarija	0,5	Arce.	Bermejo.
Beni	0,4	José Ballivian, Vaca Diez, Itenez, Moxos.	San Borja, Guayaramerin, Riberalta.
Pando	0,2	Nicolás Suarez.	Santa Cruz, Costa Rica.

Fuente: FECAFEB (2010).

Zeballos (1996), considera a la productividad del café como muy bajo en Los Yungas de La Paz, con referente a otros países productores, debido a factores limitantes de producción, cuyo problema central es la falta de recursos financieros sumado a la falta de asistencia técnica. No obstante, la caficultura orgánica viene desarrollándose con objetivos de promover la preservación del medio ambiente.

Barrientos (2000), indica que la explotación de café en Los Yungas es difícil y de bajos rendimientos, por las condiciones de topografía muy accidentada, condiciones de fertilidad de los suelos y el sistema de manejo por parte de los agricultores, situaciones que han impedido el desarrollo de una caficultura más rentable y tecnificada como la que se tiene en otros países productores.

La Razón (2005); citado por Pomacosi (2011), señala que la calidad del café boliviano era considerada de mala calidad en el exterior, vendiéndose como relleno en los grandes pedidos. Actualmente con el comercio justo se cultiva el café orgánico, especial

y de altura, único y de primera calidad, sin empleo de químicos sin dañar el medio ambiente, siendo los mercados Europa y Estados Unidos.

Ministerio de agricultura (2001); citado por López (2003), las especies y variedades del café que se cultivan en Bolivia son: la especie “*arabica*” y las variedades son típica o criolla con 80%, con el resto de variedades que hace el 20% son Caturra, Catuai, Catimor, Cavimor y Mundo Novo.

Cuba (2007), menciona que la especie *Coffea arabica* conocida como variedad típica o nacional, y en Los Yungas como variedad criolla, es más importante en términos económicos, siendo apreciado por su calidad superior en aroma y sabor.

2.2.3. Plagas y enfermedades del cultivo de café

Según Rogg (2000), las plagas y enfermedades más importantes del café en Bolivia y en Los Yungas son:

Plagas:

Coleóptera	: <i>Hypothenemus hampei</i> (Scolytidae)
Lepidóptera	: <i>Perileucoptera coffeella</i> (Lyonetiidae)
Homóptera	: <i>Coccus viridis</i> (Coccidae)
	<i>Saissetia coffeae</i> (Coccidae)
	<i>Planococcus citrii</i> (Psudococcidae)
	<i>Pinnaspis aspidistrae</i> (Diaspidae)

Enfermedades:

Pudrición del cuello	: <i>Rhysoctonia solani</i>
Antracnosis	: <i>Colletrichum spp</i>
Mancha de hierro	: <i>Cercospora coffeicola</i>
Ojo de gallo	: <i>Mycena citricolor</i>
Roya de café	: <i>Hemileia vastatrix</i>

2.2.4. Generalidades sobre la broca del café

2.2.4.1. Origen y características del insecto

Le Pelley (1968) citado por Bustillo (2002), señala que la broca del café es originaria del África ecuatorial, introducida al continente americano a principios del siglo pasado; en la actualidad se encuentra prácticamente en todo los países productores de café.

Cárdenas y Benavides (1987); citado por Bustillo *et al.* (1998), describen a la broca como un escolítido muy pequeño de forma abultada, variando su tamaño y altura entre las hembras y los machos, estos últimos no pueden volar por tener las alas atrofiadas. El color va desde café castaño hasta negruzco, vive en el fruto del café por eso la denominación de “broca del café”.



Fuente: López (2003).

Figura 1. Adultos de *H. hampei*.

Cuba (2007), señala que en Bolivia el año 1985 se evidenció la presencia de la broca de café *H. hampei*, ocasionando daños considerables en los frutos del café.

2.2.4.2. Dispersión de la broca

En general, muchos insectos tratan de migrar como un mecanismo de supervivencia. La broca adulta vuela y se dispersa; por consiguiente, es casi imposible erradicar la plaga

con los métodos de control (Manejo Integrado de la Broca), ya que en un momento dado parte de su población está volando y otra parte esta refugiada en cafetales donde no se hace practicas de control. Por tanto, una vez que aparece la broca en una zona hay que convivir con ella (Bustillo, 2002).

2.2.4.3. Clasificación taxonómica

Según Klein (1986), hace la siguiente clasificación:

Clase	: Insecta
Orden	: Coleóptera
Suborden	: Polyphaga
Serie	: Cucurlionoidea
Familia	: Scolytidae
Subfamilia	: Ipinae
Tribu	: Cryphalini
Género	: <i>Hypothenemus</i>
Especie	: <i>H. hampei</i> Ferrari

2.2.4.4. Biología de la broca

La biología y hábitos de vida han sido estudiados por varios autores con considerables diferencias sobre la duración de los estados, esto obedece fundamentalmente a diferencias en las condiciones ambientales de los diversos estudios especialmente la temperatura (Bustillo *et al.*, 1998).

A la vez indica que el adulto hembra de la broca del café una vez que emerge de la pupa puede aparearse y unos tres días después puede iniciar posturas. Su periodo de oviposición es de unos 20 días y coloca entre 2 y 3 huevos/día. La incubación del huevo dura 7,6 días (23 °C) y el estado de larva 15 días para los machos y 19 días para las hembras, la prepupa 2 días y la pupa 6,4 días (25,8 °C). El ciclo total de huevo a

emergencia de adulto se estima en 27,5 días. Sin embargo el tiempo generacional, o sea el tiempo que tarda en iniciarse otra generación bajo condiciones de campo se estima en 45 a 60 días. La relación de sexos es de aproximadamente de 1:10 a favor de las hembras.



Fuente: Bustillo *et al.* (1998).

Figura 2. Diferentes estados en el ciclo de vida de *H. hampei*.

Ruiz (1996), señala que la broca hembra permanece en el interior del fruto hasta su muerte cuidando su progenie. En el fruto del café desde el momento de ataque de la broca hasta la cosecha se pueden producir dos generaciones; si estos no se cosechan pueden alcanzar hasta cuatro generaciones. El macho es de menor tamaño siempre permanece en los frutos, es incapaz de volar y perforar un fruto.

Los intervalos de longevidad de las hembras y los machos de *H. hampei* son variables y se detalla en el siguiente cuadro.

Cuadro 2. Longevidad de *H. hampei* por sexos.

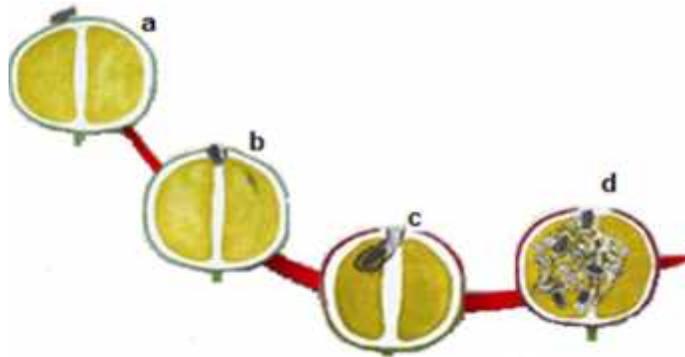
Sexo/días	Máximo	Mínimo	Promedio
Hembras	283	81	156,6
Machos	103	78	-

Fuente: Maya y Mondaca (1987).

2.2.4.5. Penetración y posición de la broca en los frutos

El tiempo que una hembra demora en penetrar un fruto, varía de acuerdo con el estado de desarrollo del fruto así: frutos verdes 5 horas 36 minutos, frutos pintones 5 horas 54 minutos, frutos maduros 4 horas 50 minutos y frutos secos 11 horas 21 minutos. Lo que indica que la broca penetra con mayor rapidez en frutos maduros (Miguel y Pauline, 1975; citado por Bustillo, 2002).

En la infestación (Figura 3), la broca toma las siguientes posiciones en el fruto: la posición **a**, una broca en busca de fruto o iniciando su perforación; la posición **b**, cuando la broca esta en el canal de penetración; en la posición **c**, la broca esta perforando la almendra; y la posición **d**, cuando una broca se establece produciendo descendencia (Bustillo, 2002).



Fuente: Bustillo (2002).

Figura 3. Posición de infestación de *H. hampei* sobre el fruto de café.

2.2.4.6. Efecto de la broca sobre la producción de café

Según Bustillo (2002), el daño que ocasiona la broca al fruto de café consiste en perforaciones y caída de estos. La pérdida de peso del café pergamino seco por causa de la broca es alrededor de 18,1% y los frutos que fueron atacados tempranamente tienen maduración prematura, lo cual repercute en un manchado del pergamino de los granos sanos.

OIRSA (1981); citado por Tovar (1998), las pérdidas de acuerdo a la incidencia de la plaga broca del café en campo en la zona de Los Yungas pueden presentar los siguientes datos:

Cuadro 3. Pérdida de café de acuerdo a la incidencia de *H. hampei*.

% Infestación de la broca	1 qq de cg equivale a 1 qq de co	% de pérdida de co (exportable)
0	5,7	0,0
20	6,2	7,9
40	6,7	15,2
60	7,9	28,1
80	9,8	42,2
100	13,2	57,1

Fuente: OIRSA (1981); citado por Tovar (1998).

Referencias:

cg: café guinda.
co: café oro.

2.2.4.7. Enemigos naturales de la broca del café

Según Bustillo *et al.* (1995), señalan que los enemigos más importantes de la broca del café son cuatro parasitoides (*Prorops nasuta*, *Cephalonomia stephanoderis*, *Heterospillus coffeicola* y *Phymastichus coffea*) y dos hongos entomopatógenos (*Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*).

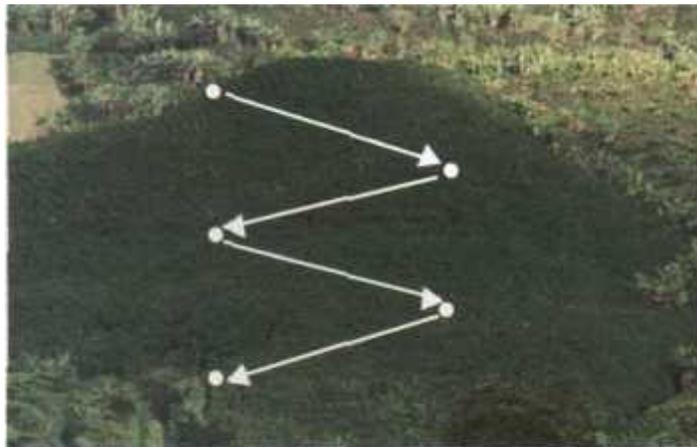
2.2.4.8. Control de la broca del café

Según Bustillo (2002), al analizar a la broca sobre el fruto de café en daño, biología y comportamiento de ataque se emplea el método de control adecuado. Las prácticas de control cultural constituyen un 80% de éxito (cosecha oportuna y recolección de frutos dejados); el control químico se lo realiza técnicamente justificando su aplicación con equipos de aspersión calibrados y operarios capacitados; y finalmente el control biológico, empleando enemigos naturales introducidos o endémicos (parasitoides y entomopatógenos) que incidan favorablemente sobre poblaciones de broca.

2.2.4.9. Evaluación de la infestación de la plaga broca de café

CENICAFE (1995), señala que para la evaluación de la infestación de la broca del café en campo en el cultivo de café se emplea varios métodos, (rama, sitio y cosecha), siendo el más recomendable el método de “Rama Completa”, considerando los siguientes aspectos:

- Se determina el universo de muestra del 3%, estableciendo el área del lote donde se desarrollara el muestreo.
- Se emplea un equipo de trabajo de personas previo entrenamiento con el objeto de barrer la mayor cantidad de cafetales en un tiempo determinado.
- Se recomienda el muestreo de 30 muestras para 1 hectárea de café.
- El muestreo implica elegir una rama de café al azar, contando el número total de cerezas infestadas, determinando granos sanos y brocados.
- Para llevar a cabo la evaluación en campo se utilizan planillas de registro acorde a los objetivos propuestos.



Fuente: Bustillo *et al.* (1998).

Figura 4. Recorrido de muestreo de infestación al azar en un lote de cafetal.

2.2.5. Generalidades de la microavispa *C. stephanoderis*

El parasitoide *C. stephanoderis*, fue descubierto en 1960 por Ticheler (1963) en Costa de Marfil, considerándose dentro del control biológico de la broca del café,. Colonias de este insecto mantenidas bajo cuarentena en Inglaterra y obtenidas en Kenia por el IIBC, han proporcionado material de introducción para México y Ecuador en 1988; Indonesia, Jamaica y Nueva Caledonia en 1989. Bolivia y Perú han solicitado la ayuda de la JUNAC en 1991, para establecer laboratorios de cría del parasitoide (Moore y Prior, 1988; Barrera *et al.*, 1990; citado por Bustillo *et al.*, 1998).

Figuroa *et al.*, (1996), indica que la avispa *C. stephanoderis*, tiene el aspecto de una hormiga con alas, es completamente inofensiva para el hombre, el cafeto y otros seres vivos, pero no para la broca del café.

La avispa adulta tiene el aspecto de una hormiga con alas, siendo un enemigo promisorio para el control biológico de la broca del café, debido a su comprobada adaptabilidad en varios agroecosistemas cafeteros del África y América. El parasitoide mide 1,6 mm de largo, es de color pardo negruzco brillante, patas mas pálidas, cabeza cuadrada, venación muy reducida; los últimos cuatro tergitos con setas blancas largas (Carballo, *et al.*, 2004).

2.2.5.1. Clasificación taxonómica

Según Cave, (1995); citado por Zabaleta (1998), *C. stephanoderis*, pertenece a la:

Clase	: Exápoda
Orden	: Hymenóptera
Familia	: Bethylidae
Subfamilia	: Epyrinae
Género	: <i>Cephalonomia</i>
Especie	: <i>C. stephanoderis</i> Betrem

2.2.5.2. Modo de acción y ciclo biológico de *C. stephanoderis*

Según Carballo *et al.*, (2004), la hembra entra al fruto maduro de café afectado por la broca y allí, se alimenta de todos los estados biológicos de la broca. Después de varios días, dependiendo de la temperatura, la avispa coloca un huevo sobre el cuerpo de las larvas, prepupas o pupas de la broca. En larvas del hospedero, deposita el huevo en la superficie ventral mientras que, en las pupas, el huevo es depositado en la superficie dorsal del abdomen. Una hembra puede depositar hasta 70 huevos (Anexo 14).

A su vez señalan, que antes de ovipositar, la hembra paraliza el hospedero con un veneno inyectado por su aguijón. Luego de la eclosión, las larvas del parasitoide succionan el contenido interno del hospedante dejando la capsula cefálica e integumento del cadáver. Una vez terminado este proceso, se individualizan y teje un capullo dentro el cual empupan. Aproximadamente después de 30 días de parasitado el grano, emergen las primeras avispas las cuales abandonan el grano en busca de alimento. La duración del ciclo de vida es de 26 días a 25 °C, para el estado de huevo de 4 días, la larva de 3 días y la pupa de 19 días.



Fuente: Bustillo *et al.* (1998).

Figura 5. Ciclo biológico del parasitoide *C. stephanoderis*.

Orozco y Aristizabal (1996), a partir de estudios realizados sobre la biología de *C. stephanoderis* en CENICAFE, sobre granos pergamino brocado a 25° C y 30 °C respectivamente se obtuvo los siguientes datos:

Cuadro 4. Ciclo biológico de *C. stephanoderis*, en café pergamino brocado.

Temperatura (°C)	Huevo (días)	Larva (días)	Pupa (días)	Duración (huevo - adulto)
25	4	3	19	26
30	4	2	17	23

Fuente: CENICAFE (1995).

2.2.5.3. Cría masiva del parasitoide

Portilla y Bustillo (1995); citado por Bustillo *et al.* (1998), indican en términos generales, que el proceso de cría de *C. stephanoderis* requiere un suministro de frutos de café infestados con broca, los cuales proporcionan un pie de cría de brocas para establecer una colonia en grano pergamino en el cual se desarrollan los estados inmaduros necesarios para la reproducción del parasitoide.

Una vez que el sistema de producción se pone en funcionamiento este se incrementa hasta los niveles necesarios de producción y se inicia el proceso de parasitación. En la producción de adultos de los parasitoides una proporción se queda para sostener el sistema de cría y otra se utiliza para la liberación en cafetales infestados.

2.2.5.4. *C. stephanoderis* en el control de la broca del café

Según Ticheler (1963); citado por Bustillo *et al.* (1998), en Costa de Marfil registró un parasitismo natural en la broca por *C. stephanoderis*, en árboles no cosechados, de 27% en cerezas rojas y 50% en las negras (granos secos). A su vez se encontró reducciones en las poblaciones de *H. hampei* del 20% al 30% en épocas de cosecha, pero en el periodo entre cosechas la reducción fue de solo de un 5% (Koch, 1973; citado por Bustillo *et al.*, 1998).

En México en liberación de pequeñas cantidades en varios sitios, se registró su establecimiento después de seis meses; con niveles de parasitismo de 20% a 80% en los sitios de liberación. Sin embargo, estos se redujeron después de la cosecha debido a la escasez de cerezas (Barrera *et al.*, 1990; citato por Bustillo *et al.*, 1998).

Carballo *et al.*, (2004), señalan que este parasitoide tiene una alta efectividad en altos niveles de infestación de la broca, con niveles de parasitismo de 65% de granos parasitados cuando los niveles de infestación fueron del 80%. Su efectividad a bajos niveles de broca (5%), reportó entre un 3% a 26% de parasitismo. Esto demuestra que la avispa tiene la capacidad de adaptarse y establecerse a bajos niveles de broca.

2.2.6. Generalidades del hongo entomopatógeno *B. bassiana*

Carballo *et al.*, (2004), indica que los primeros datos sobre *B. bassiana* fueron emitidos por Agostino Bassi en 1834 cuando demostró que este hongo era el agente causal de una enfermedad del gusano blanco *Bombix mori*, conocido como muscardina blanca. El hongo *B. bassiana* se conoce muy bien por su amplio rango de hospederos y distribución geográfica, probada por su patogenicidad contra más insectos plaga que cualquier otra especie de hongo.

2.2.6.1. Clasificación taxonómica del hongo

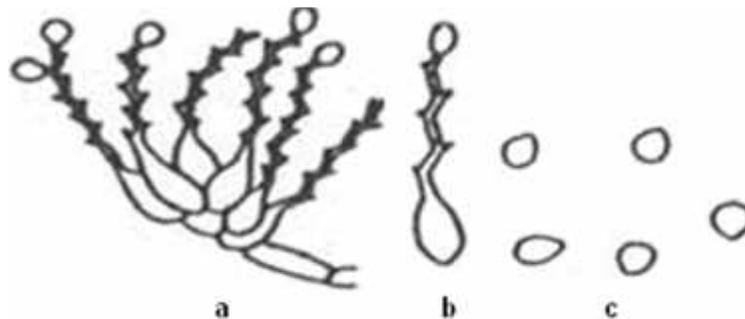
Roberts y Humber (1981), citado en La Sociedad Mexicana de Control Biológico (1995), dan a conocer la siguiente clasificación:

División : Eumycotica
Subdivisión : Deuteromycotina
Clase : Hyphomycetes
Orden : Moniliales
Género : *Beauveria*
Especie : *B. bassiana* (Balsamo) Vuillemin

2.2.6.2. Características del hongo

El género *Beauveria* está compuesto por varias especies: *B. bassiana*, *B. brongniartii* ó *B. tenella*, *B. amorpha*, *B. velata*, sin embargo las más frecuentemente estudiadas son *B. bassiana* (Bálsamo) Vuillemin y *B. brongniartii* (De Lacroix) Siemszko (Bustillo, 2002).

El género se caracteriza por presentar un micelio blanco, conidióforos sencillos, irregularmente agrupados o en grupos verticilados, en algunas especies hinchados en la base y adelgazándose hacia la porción que sostiene la conidia, la cual se presenta en forma de zig-zag, después de que varias conidias se producen; las conidias son hialinas, redondeadas a ovoides y unicelulares. El hongo *B. bassiana* posee conidias de globosas a subglobosas (2-3 x 2.0-2.5 μm) y las estructuras conidióforas forman densos grupos (Bustillo, 2002; Samson *et al.* 1988; citado por Alean, 2003).



Fuente: Samson *et al.* (1988); citado por Poma (2010).

Figura 6. Estructuras de *B. bassiana*: a) Conidióforo; b) Fialide; c) Conidias.

2.2.6.3. Ciclo biológico de *B. bassiana*

Delgado (2008), señala que el ciclo de *B. bassiana* se divide en fase infectiva y fase reproductiva. La fase infectiva se desarrolla desde la germinación de la espore sobre el integumento del insecto hasta su muerte, donde los factores para el crecimiento están relacionados con las condiciones nutricionales, de temperatura y de humedad que le ofrece el huésped. La fase reproductiva se manifiesta después de la muerte del insecto

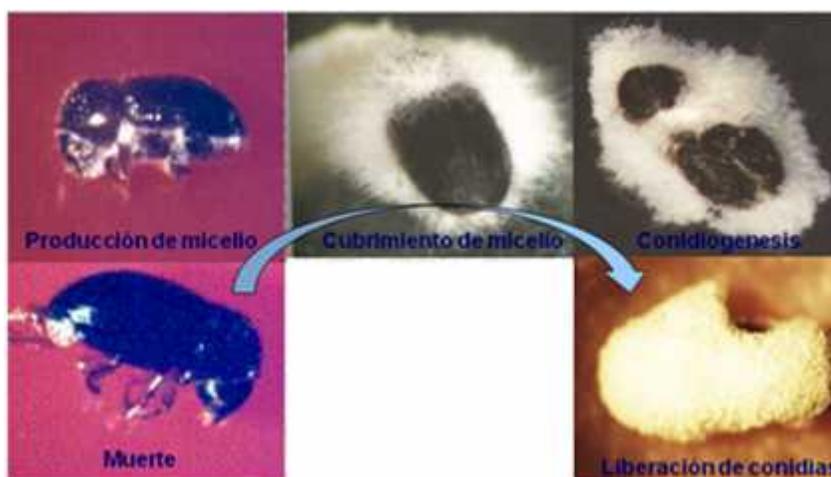
y se cumple en dos etapas: miceliación y esporulación, donde las condiciones de humedad relativa y la temperatura son estrictas para que se manifiesten estas etapas.



Fuente: Delgado (2008).

Figura 7. Ciclo de *B. bassiana* dividida en fase infectiva y reproductiva.

Flores (2009), indica que el ciclo de desarrollo del hongo (fase patogénica y saprofítica) sobre la broca del café presenta cinco etapas: 1) muerte del insecto por causa del hongo 2) inicio de micelio, de aspecto algodonoso poco abundante de coloración blanquecina. 3) cubrimiento de micelio, de forma abundante y compacta. 4) conidiogénesis, formación de conidióforos y conidias del hongo. 5) liberación de conidias de aspecto polvoriento.



Fuente: Flores (2009).

Figura 8. Etapas de desarrollo de *B. bassiana* sobre *H. hampei*.

Bustillo (2002), el ciclo de vida del hongo sobre la broca bajo condiciones de laboratorio se completa en un promedio de 8,2 días desde la inoculación del insecto con el patógeno hasta la liberación de esporas. En campo dependiendo de las condiciones ambientales, puede tomar entre 15 hasta 30 días.

2.2.6.4. Producción de enzimas, toxinas y ácidos metabólicos

Brocaril (2002), Carballo, *et al.*, (2004), indican que *B. bassiana* produce una gran variedad de enzimas, toxinas y ácidos metabólicos; enzimas como la quitinasa, la proteasa y la lipasa, que actúan de manera sinérgica para digerir y penetrar la epicutícula; las toxinas aislados del hongo son Beauvericin, Beauveriloides, Isarolides, Bassianolide y eniantina, estos se caracterizan por ser ciclodepsipeptidos, ocasionando la muerte del hospedero durante el crecimiento micelial; finalmente el hongo también produce ácidos metabólicos como el cítrico y el oxálico que solubilizan proteínas cuticulares, colaborando en la infección.

2.2.6.5. Modo de acción

Según Brocaril (2002), ocurre de dos maneras: 1) en el proceso fermentativo de producción de *B. bassiana* se producen una gran variedad de toxinas y ácidos metabólicos que causan parálisis muscular y un efecto de “knockdown” sobre los insectos susceptibles, 2) A través del contacto ocurre la muerte del insecto, manifestando el ciclo biológico con la fase patogénica y saprofítica.

2.2.6.6. Producción de *B. bassiana*

Morales *et al.* (1991), citado por Bustillo (2002), señala dos enfoques para la producción de *B. bassiana*, industrial y artesanal. Industrialmente se produce en medios artificiales y líquido bajo formulación y agitación (blastosporas). Artesanalmente, se utiliza arroz y agua, con esterilización produciendo esporas.

2.2.6.7. *B. bassiana* en el control de la broca del café

González *et al.* (1993), Bustillo (2002), señalan que el hongo *B. bassiana* se encuentra naturalmente infectando la broca del café en toda las regiones donde este ha sido llevado e introducido. Los primeros registros de la incidencia del hongo sobre la broca fueron realizados en el Congo Belga en la década del 30. La incidencia de *B. bassiana* sobre *H. hampei* en condiciones de campo varía de un país a otro, con infección escasa y altos niveles de control. Estas diferencias pueden deberse a factores climáticos o a que la broca esta mejor adaptada al hongo en su sitio de origen, pero es susceptible a los aislamientos que encuentra en los nuevos sitios que coloniza (González *et al.*, 1993).

Bustillo *et al.* (1991, 1995, 1996); citado por Bustillo (2002), indican que la eficiencia de *B. bassiana* en campo es variable, influenciados por condiciones climáticas y de cultivo, fluctuando entre valores de 20% hasta niveles del 75%.

La esporas de *B. bassiana* son muy sensibles a la luz solar, por lo que las formulaciones deben tener protectores solares para una mayor permanencia en el ecosistema. En relación a la compatibilidad con fungicidas e insecticidas, en general no se deben hacer mezclas, porque estos reducen la viabilidad y matan al hongo (Vélez y Montoya 1993, Rivera *et al.* 1994, citado por Bustillo 2002).



Fuente: Bustillo *et al.* (1998).

Figura 9. Control de *H. hampei* por *B. bassiana* en el fruto de café.

3. SECCIÓN DIAGNÓSTICA

3.1. Localización

Geográficamente la zona de estudio se localiza en los Municipios yungueños de Coroico (Primera sección), Caranavi (Sección municipal), Irupana (Segunda sección) y Teoponte (Octava sección), de las provincias Nor Yungas, Caranavi, Sud Yungas y Larecaja del departamento de La Paz, con sus respectivas comunidades y colonias.

La ubicación entre las coordenadas geográficas y los límites territoriales de los Municipios de intervención se detallan en los siguientes cuadros:

Cuadro 5. Latitud y longitud.

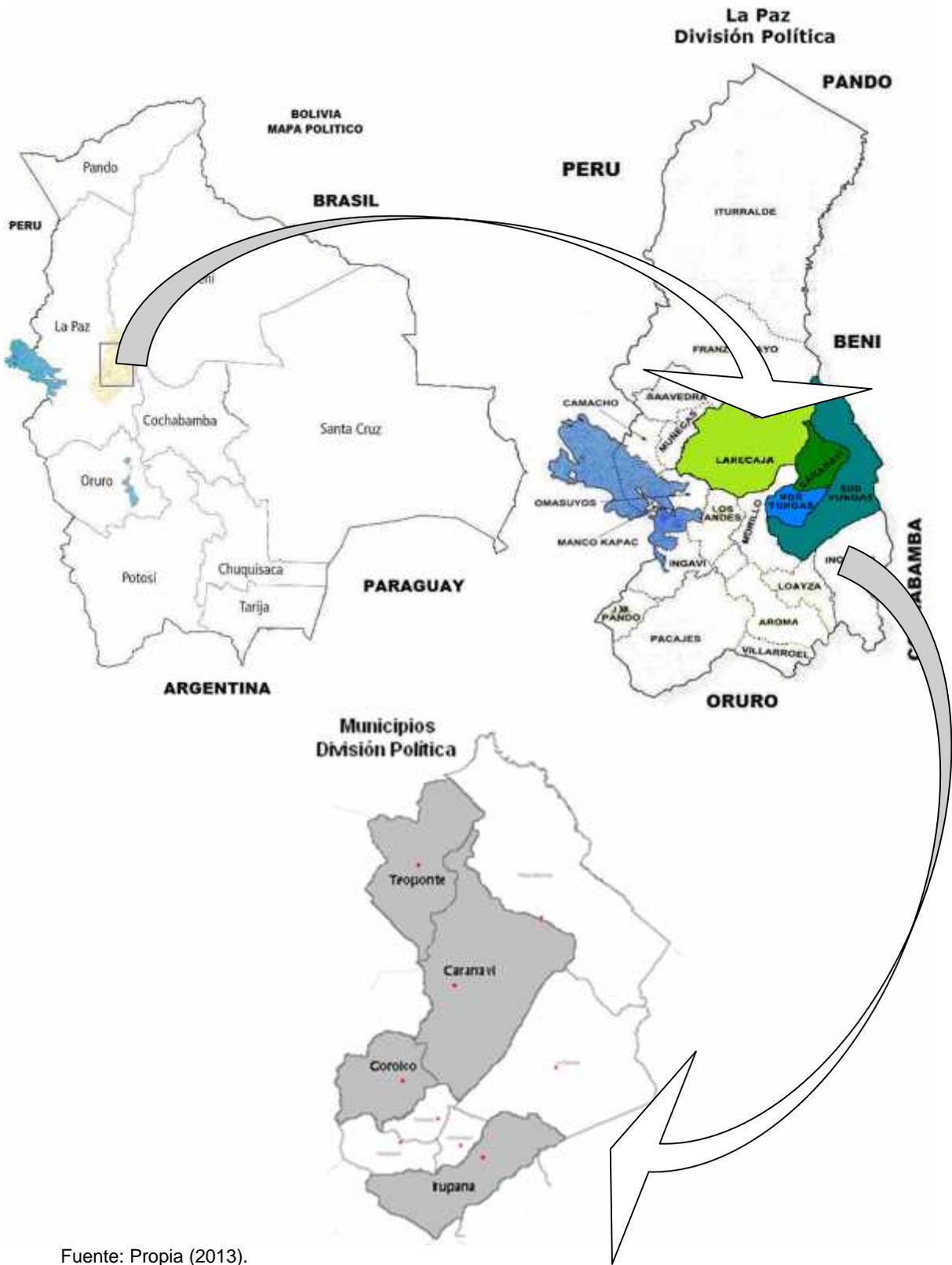
Municipio	Latitud sur	Longitud oeste
Coroico	16° 08' 00"	67°46' 00"
Caranavi	15° 15' a 16° 15'	68° 0' a 67°, 37'
Irupana	16° 15' a 16° 45'	67° 10' a 67° 50'
Teoponte	15° 16' 25" a 15° 40' 8"	67° 28' 32" a 67° 42' 9"

Fuente: Planes de Desarrollo Municipal (2000 a 2009).

Cuadro 6. Extensiones municipales y límites territoriales.

Municipio	Extensión (km ²)	Límites territoriales
Coroico	1.088,0	Noroeste: Provincia Murillo. Noreste: Provincia Caranavi. Sur: Municipio de Coripata y Provincia Sud Yungas.
Caranavi	2.417,0	Norte: Provincia Larecaja (Mun. Guanay). Sur: Provincia Nor Yungas (Mun. Coroico). Este: Sud Yungas (Mun. Asunta y Palos Blancos). Oeste: Provincia Murillo y Larecaja (Mun. De La Paz y Guanay).
Irupana	1.365,0	Norte: Municipio de Yanacachi, Chulumani, Asunta. Este: Provincia Inquisivi. Sur: Provincia Loayza. Oeste: Provincia Murillo.
Teoponte	2.226,7	Noroeste: Provincia Franz Tamayo (Municipio de Apolo). Noreste: Provincia Sud Yungas (Municipio Palos Blancos). Este y Sud: Provincia Caranavi (Municipio de Caranavi). Oeste: Provincia Larecaja (Municipio de Guanay).

Fuente: Planes de Desarrollo Municipal de Caranavi, Coroico, Irupana y Teoponte (2000 a 2009).



Fuente: Propia (2013).

Figura 10. Ubicación geográfica de las zonas de estudio.

3.1.1. Características del lugar

Las principales provincias cafetaleras están comprendidas dentro de la región ecológica denominada: Subtropical de Tierras de Valles (B2 en el mapa ecológico de Bolivia). La región abarca las áreas conocidas como Los Yungas y la Faja sub andina del Norte y Centro, Bosques de medio Yungas y Bosques de Yungas inferiores (Holdridge, 1987).

Bosques Medio Yungas, corresponden a los Municipios de Coroico, Irupana y la zona alta de Caranavi. Tiene una precipitación anual que varía entre 1.100 a 1.200 mm., y la temperatura promedio varia de 16°C y 20°C, dependiendo del piso altitudinal. El periodo seco en esta región corresponde a los meses de junio, julio y agosto con un periodo lluvioso entre los meses de enero, febrero y marzo (Anexo 15 y 16).

Bosques de Los Yungas Inferiores, corresponden a las zonas medias y bajas del Municipio de Caranavi y el Municipio de Teoponte. Tienen una precipitación anual que varía de 1.500 a 3.000 mm., con temperaturas promedio elevadas, que van entre 20°C y 30°C, dependiendo del piso altitudinal. El periodo seco en esta región comprende los meses de junio, julio y agosto, con un periodo lluvioso en los meses de enero, febrero y marzo.

Altitud, En Bolivia la altura en la que se encuentran los cafetales, están entre una altura mínima de 400 m.s.n.m. y una máxima de 2.200 m.s.n.m. En las zonas altas, existe una cierta especialización respecto del cultivo del café y en la medida que disminuye la altura, hay una mayor diversificación agropecuaria. Esto quiere decir que las zonas medias y bajas, son más diversificadas.

Estas zonas se caracterizan por tener una topografía accidentada, con grandes cañadones y altas pendientes. Por su posición altitudinal y topografía accidentada define una variedad de microclimas (Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario - Trópico Húmedo, 2006).

3.2. Materiales y métodos

3.2.1. Materiales

3.2.1.1. Materiales de campo

Bolígrafos y lápices	Cámara fotográfica
Calculadora	Libreta de campo
Grabadora	Planillas

3.2.1.2. Materiales de gabinete

Computadora	Planos topográficos
Impresora	Papelería
Internet	Bibliografía (PDMs, Proyectos, Tesis y otros)

3.2.2. Métodos

Los proyectos y trabajos de investigación referente al control biológico de la broca del café con los biocontroladores naturales *C. stephanoderis* y *B. basiana* en el área de acción de de los Municipios de Los Yungas paceño, contempló entre sus metas bajar la incidencia de infestación de la plaga clave broca de café en áreas cultivadas de café, mediante manejo de reproducción (laboratorio) y liberación o aplicación en condiciones de campo bajo diferentes estrategias.

En el presente trabajo se sistematizó la información referente al manejo de los enemigos naturales citados en el control de la plaga broca del café, identificando la incidencia de la plaga, los problemas que causa, el grado de control ejercido por los controladores biológicos sobre la plaga (laboratorio y de campo), valorando el tema, con evaluación técnica, socioeconómica y ambiental en la cadena productiva del café.

Se tomó en cuenta los proyectos, tesis de grado de universidades y otros como:

- Proyecto del Instituto de Ecología de la UMSA (1991 – 1994).
- Proyecto control biológico de plagas, financiado por JUNAC y MACA, ejecutado por QHANA (1993 – 1996).
- Proyecto Control Biológico de Plagas IBTA - COBIPLA/PL- 480 (1995 – 2003).
- Proyecto MOJSA BOL/00/008, financiado por el PNUD con contraparte de la Prefectura del departamento de La Paz (2001 – 2005).
- Control biológico de la broca de café en los Municipios de Coroico y Caranavi, financiado por la FDTA-TH (SIBTA) y ejecutado por la ONG FODUR (2004 – 2005).
- Mejoramiento de la calidad y rendimiento de café orgánico en la APCERL, en el municipio de Teoponte, financiado por la FDTA-TH (SIBTA), ejecutado por la Consultora COBIPLA S.R.L. (2006 – 2007).
- Proyecto, café orgánico en la Colonia Villa El Carmen en el municipio de Caranavi, financiado por la FDTA-TH (SIBTA), ejecutado por la ONG FODUR. (2006 – 2007).

El diseño de la metodología se basó en un plan de trabajo bajo el siguiente esquema:

Cuadro 7. Metodología esquematizada.

Etapa	Actividad
1	Preparación
	Relevamiento de la información
	Contacto con actores
2	Construcción
	Identificación de actores en la cadena del café
	Identificación de los sistemas de producción del café
	Afectación de la plaga broca del café
	Manejo de la plaga broca del café
	Manejo de controladores biológicos en la plaga broca del café
3	Procesamiento
	Organización de la información
	Análisis y evaluación de resultados
4	Validación
	Obtención de resultados finales
	Discusión y recomendaciones

Fuente: Propia (2013).

3.2.2.1. Preparación

3.2.2.1.1. Relevamiento de información

Se recabó información general y específica mediante revisión bibliográfica de informes de proyectos realizados, Planes de Desarrollo Municipal de los Municipios involucrados, trabajos de tesis, artículos y otros, referente a aspectos geográficos, climatológico, generalidades del cultivo de café y sobre el control biológico de la broca con enemigos naturales (parasitoide y hongo entomopatógeno) en la zona de Los Yungas.

3.2.2.1.2. Contacto con actores

Se realizó los contactos necesarios con algunos actores de proyectos y trabajos de investigación, con familias productoras de café, Consultoras u oferentes, Municipios, Organizaciones no gubernamentales (ONG's), técnicos, tesistas (Universidades Estatales y Privadas), dirigentes y otros, con el objeto recabar información complementaria (primaria), y a la vez corroborar las acciones de intervención referente al manejo de enemigos naturales para el control de la plaga broca del café, y los resultados obtenidos en la zona de acción del estudio.

3.2.2.2. Construcción

3.2.2.2.1. Identificación de actores en la cadena del café

En el área de acción de la zona de estudio, se identificó de manera general la participación de todos los actores en la cadena productiva del cultivo del café (producción, transformación y comercialización). Referente a las organizaciones en la cadena productiva, la actividad cafetalera es una red en la cual intervienen una serie de actores que la hacen funcionar. En este proceso se han identificado los ámbitos de actores que interactúan en el aglomerado de café en Los Yungas.

3.2.2.2. Identificación de los sistemas de producción del café

En las zonas de producción de café en Los Yungas paceño en general, se identificó los sistemas de producción de café (sistema tradicional, convencional, orgánico y otros), los pisos ecológicos, tamaño de tenencia del cultivo, variedades de café que se producen, renovación de cafetos (edad de los cafetos); las principales diferencias entre sistemas, está en la forma de manejo agronómico que los caficultores realizan.

3.2.2.3. Afectación de la plaga broca del café

De forma general se identificó las principales plagas y enfermedades que afectan al cultivo del café en la zona cafetalera de Los Yungas. De forma específica en base a los objetivos y alcances del estudio se recabó información ampliada sobre la plaga broca del café; con la condición de plaga (clave y/o ocasional), la incidencia en el cultivo en los pisos ecológicos (zona alta, media y baja), los problemas que ocasiona (grado de infestación en frutos y grano pergamino), el daño económico que causa (directo e indirecto) en las organizaciones y familias cafetaleras.

3.2.2.4. Manejo de la plaga broca del café

Se realizó un análisis generalizado del manejo de la plaga broca del café de la forma tradicional y con la implementación de innovación tecnológica aplicada (apropiación del sistema) en términos de organización, monitoreo de la plaga, prácticas culturales, equipos, productos químicos, productos ecológicos, su preparación y aplicación en el cultivo del cafeto de forma práctica para el control de la plaga objetivo.

3.2.2.5. Manejo de controladores biológicos en la plaga broca del café

Se realizó la recopilación de información de los enemigos naturales aplicados para el control de poblaciones de la plaga broca del café en la zona de Los Yungas; en específico del parasitoide *C. stephanoderis* y el hongo *B. bassiana*, determinando su

origen (nativo o exótico), reproducción en laboratorios (central y comunal), refrescamiento, aplicación (época seca y húmeda), y control ejercido (parasitismo y patogenicidad) en condiciones de laboratorio y campo (cualitativas y cuantitativas).

3.2.2.3. Procesamiento

3.2.2.3.1. Organización de la información

La información recabada y construida del presente trabajo se clasificó de manera cualitativa y cuantitativa en orden de importancia, tomando en cuenta los indicadores de acuerdo a los objetivos trazados.

3.2.2.3.2. Análisis y evaluación de resultados

Los datos recabados en el presente trabajo se procesaron y sistematizaron en base a los objetivos y metas trazadas, tomando en cuenta los parámetros económico, social, medio ambiental e institucional con sus componentes, efectos y sus variables cualitativas y cuantitativas.

3.2.2.4. Validación

3.2.2.4.1. Obtención de resultados finales

Los resultados obtenidos permitieron validar la situación de la caficultura yungueña, respecto al manejo de la plaga broca del café y sus controladores biológicos (parasitoide y entomopatógeno), en base a los parámetros citados.

3.2.2.4.2. Discusión y recomendación

En esta última etapa de trabajo en base a los resultados obtenidos producto de la sistematización del material bibliográfico de proyectos, estudios de investigación

realizados y otros sobre el control biológico de la broca de café *H. hampei*, con los biocontroladores *C. stephanoderis* y *B. bassiana* en el área cafetalera de los Municipios yungueños, se realizó un análisis comparativo de la situación anterior y actual del manejo del control biológico de la broca del café, enriqueciendo con discusión y recomendación respectiva, con apoyo de revisión bibliográfica.

3.2.3. Variables de respuesta

Considerando la importancia de los datos obtenidos, se analizó las siguientes variables:

- Descripción de la cadena productiva del café en la zona de Los Yungas (eslabones de producción, transformación y comercialización), los actores que intervienen (Instituciones gremiales, Instituciones de apoyo y otros), aspectos de producción (sistemas de producción, tamaño de cultivo, variedades, situación productiva).
- Análisis del grado de incidencia (Infestación de Campo), monitoreo (método de muestreo), daño económico (directo e indirecto) y manejo de la plaga broca del café en Los Yungas (métodos de control aplicados).
- Análisis de Control Biológico de *H. hampei* con los controladores específicos *C. stephanoderis* y *B. bassiana* a partir de su origen (nativo o exótico), reproducción (laboratorio central y comunal), aplicación en campo (liberación y aspersion), grado de control ejercido sobre la plaga (parasitismo en avispas y patogenicidad y virulencia en el hongo) en condiciones de laboratorio y campo.
- Propuesta ecológica de manejo integral de la plaga, para reducir su población, en base a las experiencias en la zona de Los Yungas. Propuesta con recursos humanos, labores culturales y manejo de enemigos naturales.

4. SECCIÓN PROPOSITIVA

4.1. La cadena de producción del café y sus actores en Los Yungas

La cadena del café está constituida por tres eslabones principales que interactúan entre sí y que, en algunos casos, se encuentran integrados:

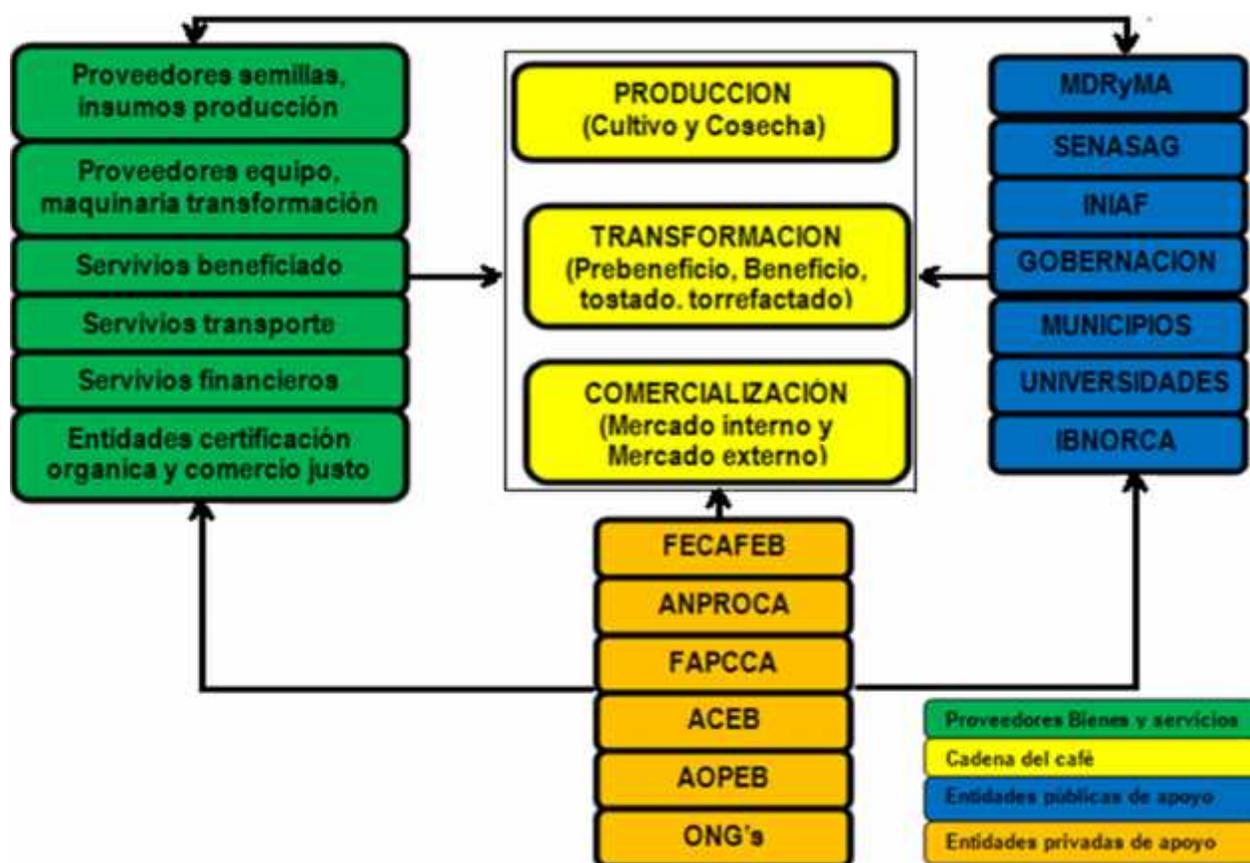
- 1) El eslabón de producción, el cual realiza funciones de cultivo y cosecha de café.
- 2) El eslabón de transformación que incluye los subprocesos de Pre beneficio de la guinda, para transformarla en café pergamino, el beneficiado, que resulta en un café verde oro y por último el tostado y/o torrefacción.
- 3) El eslabón de comercialización del café (tanto en verde oro, torrefactado, y/o tostado/molido), a mercados nacionales e internacionales.

La actividad cafetalera en Los Yungas es una red en la cual intervienen una serie de actores que la hacen funcionar:

- Instituciones gremiales de productores: Las principales organizaciones están constituidas por La Federación de Caficultores Exportadores de Bolivia (FECAFEB) (Anexo 1), La Asociación Nacional de Productores de Café (ANPROCA), y la Federación Agraria Provincial de Colonizadores Caranavi (FAPCCA). Estas organizaciones conforman y constituyen mayoritariamente el Consejo Nacional del Café como la máxima instancia representativa del sector cafetalero a nivel nacional, coordinando interinstitucionalmente la ejecución de la política cafetalera nacional.
- Instituciones de Apoyo: Se involucran las instituciones financieras (crédito, seguro y garantías), instituciones de investigación y desarrollo (Universidades, Institutos Técnicos), servicios profesionales (ONGs, consultoras privadas), Gobiernos Municipales y el Gobierno Nacional (Política de apoyo a través de su Ministerio).

- Centros de pre beneficio y beneficio del café de propiedad de las Organizaciones Económicas Campesinas (OECAs) y de empresas privadas; que realizan el procesamiento y mercadeo del café (mercados de detalle y exportaciones).
- Los sectores de apoyo, constituidos por proveedores de insumos agrícolas y agroindustriales (maquinaria, equipo y materiales), empresas de distribución física internacional, empresas especializadas en trámites y gestiones para la exportación (agencias despachantes), empresas comercializadoras, transporte y exportadoras.

Para entender la ubicación de cada eslabón de la cadena principal, en la Figura siguiente, se presenta el *clúster* de la cadena del café (Anexo 2, 3 y 4).



Fuente: IMG CONSULTING (2007).

Figura 11. Clúster de la cadena del café en Los Yungas.

4.1.1. Aspectos de producción del café en la zona yungueña

La actividad cafetalera boliviana se remonta a partir de 1957 aproximadamente, dentro del departamento de La Paz como principal productor, convirtiéndose en fuente de generación de recursos económicos en las zonas de producción. La producción de café en Los Yungas es la más importante y ella abarca varias actividades: selección de semilla, almácigo, plantaciones, labores culturales (control de malezas, poda, raleo de sombra), cosecha, pre beneficio, beneficiado, comercialización y transporte. Cada una de estas actividades encierra otras actividades más puntuales que implican la utilización de mayor tiempo y mayor número de mano de obra.

4.1.2. Sistemas de producción

En la actualidad la caficultura yungueña tiene los siguientes sistemas de producción:

- Sistema tradicional: comprende los cultivos producidos sin el empleo de insumos como pesticidas y fertilizantes sintéticos, la producción conserva las tradiciones ancestrales y hace un uso mínimo o no utiliza insumos externos.
- Cafés orgánicos y/o ecológicos: cumple normas internacionales establecidas para la producción orgánica certificada, con enfoque de manejo sostenible de los recursos naturales, libre de contaminantes sintéticos. La certificación representa una inversión que realizan las organizaciones de productores para cada ciclo productivo una vez cumplido la etapa de transición (36 meses); la certificación es realizado por empresas especializadas como: BIOLATINA, BOLICERT e IMO-CONTROL.
- Los cafés especiales: representa volúmenes pequeños, basándose en la calidad del café en taza, con características organolépticas propias de las zonas de producción, con condiciones de altura (> a los 1000 m.s.n.m.) El Mercado Internacional de cafés especiales demanda actualmente el café boliviano, demostrando la buena calidad, pudiendo competir con cafés de otros orígenes renombrados en el mundo.

4.1.3. Tamaño, variedades y situación de las plantaciones de café

En el Municipio de Caranavi, según el reporte de Copa (2007), el tamaño de las plantaciones de café en las Asociaciones productivas oscilan en un promedio de 4 a 5 hectáreas, llegando a tener algunos productores 10 hectáreas como máximo y otros 1 como mínimo; siendo el producto principal para obtener ingresos económicos bajo la producción orgánica. No obstante, la agricultura de los pequeños productores es diversificada y está lejos de encaminarse a un monocultivo o producción especializada. Se producen variedades de café, como: la Típica o criolla (93%), Catuai y Caturra (7%), comercializándose en los diferentes mercados; Convencional, Orgánico y Solidario.

En el Municipio de Teoponte, según el reporte de la FDTA – TH, proyecto de la organización APCERL (2006 – 2007), el café es la principal fuente de ingresos, con producción de la variedad Criolla (80%), Caturra (15%) y otros (5%), con productores grandes, medianos y pequeños (Anexo 5), predominando los medianos con tenencia promedio de 4,6 hectáreas (62,0%), seguido por los pequeños con 2 hectáreas (20,4%) y grandes con 8,1 hectáreas (17,8%), haciendo un promedio general de 4,9 hectáreas. La APCERL, agrupa a 8 Colonias con 211 familias productoras, la zona es más conocida como productora de arroz, lo cual indica que se tiene las condiciones para extender el cultivo, bajo la óptica de conservación de suelos y medio ambiente.

En el Municipio de Coroico, según el diagnóstico FODUR – VCDI (2011), la organización CENCOOP, cuenta con 120 socios (antes 500) con plantaciones de café de ½ a 1 hectárea con la producción de la variedad criolla (70%), Caturra, Catimor, Cavimor y Catuai (30%). El abandono de socios se debe a la baja producción del café por problemas de fertilidad de suelos, cafetales viejos (30 a 40 años), poca renovación, ataque de plagas y enfermedades, costo de certificación orgánica y la falta de capacitación, dedicándose a otras actividades más rentables como el cultivo de coca.

Asimismo en el Municipio de Irupana (Cantón Irupana y Laza), los productores de café (1.451 socios, 33 comunidades), están asociados a la Institución CORACA, bajo la

producción orgánica, tienen cultivos de ½ a 1 hectárea, produciendo la variedad típica (83%) y variedades mejoradas (17%), con problemas de bajos rendimientos (5 qq cps/cato), por factores de los suelos cansados, sequía, cultivos viejos, plagas y enfermedades (FODUR – VCDI, 2011).

Cuadro 8. Tenencia del cultivo de café en Municipios.

Municipio	Área de producción promedio (ha)
Coroico	½ a 1
Caranavi	4 a 5
Irupana	½ a 1
Teoponte	4,9
Total	2,7

Fuente: Elaboración propia (2013).

En la región de Los Yungas el sistema de plantación de cafetales es bajo sombra ya sea implantada o en forma natural, con predominancia de la especie *Inga sp.* (Siquili). Se ha estimado una producción de 300 a 350 Kg café verde/ha. (1.360 plantas), rendimiento que está muy por debajo de otros países. La tasa de renovación de plantaciones es muy baja, lo cual explica en parte, la reducción de la producción del café en los últimos años, el año 2001, se tuvo la manifestación de “grano negro” que puso en evidencia la fragilidad de las plantaciones viejas (FECAFEB, 2010).



Fuente: Fotografía propia en Carmen Pampa, Coroico (2013).

Figura 12. Cafetal tradicional bajo sombra en la zona de Los Yungas.

El precio actual oscila entre 30 a 90 Bs/Lb de café oro (café orgánico y café especial), sin embargo éste depende del volumen de producción, la oferta y demanda de los diferentes mercados, sobre todo, los mercados internacionales.

Los forma general los cafetales de las zonas productoras de Los Yungas, tienen problemas de producción, siendo los Municipios mas afectados Coroico e Irupana, con muy bajos rendimientos, afectados por la falta de renovación de cafetales (cafetales viejos), suelos cansados, sequia, plagas y enfermedades.

En este sentido Cuba (2007), indica que el manejo del cultivo de café en las diferentes organizaciones del municipio de Caranavi, en algunas son manejadas de manera organizada y en otras son una debilidad (poco o nada organizados), constituyéndose en un problema para una mejor producción y rendimiento del cultivo.

4.2. Indicadores de estudio de la plaga broca del café en Los Yungas

4.2.1. Identificación y monitoreo de la plaga

La principal y única plaga de frutos, identificada en las diferentes colonias de las organizaciones en los Municipios de Los Yungas es la broca del café, considerada plaga clave por los daños y pérdidas significativas que causa en la caficultura.

En este sentido Silveira y Dionei (2008), dentro el concepto moderno, se clasifican plagas claves y ocasionales. Las plagas claves están presentes en el cultivo en poblaciones altas con daños y pérdidas significativas, ocurriendo lo contrario con las plagas ocasionales con niveles poblacionales bajos causando daños poco significativos.

Los métodos de muestreo empleados para el monitoreo de la plaga, para determinar la Infestación en Campo (IC) (Grado de ataque) fue variable, utilizando el Método de “Cosecha” hasta antes del año 2003 (proyectos y tesis), que consistió en retirar frutos

aleatoriamente en cafetales seleccionados (100 frutos), estableciendo el número de frutos brocados, este método en algunos casos provocaba la molestia del productor.

Con los Proyectos de MOJSA y los de la FDTA – TH en los Municipios de Coroico, Caranavi y Teoponte se adopta el Método de “Rama Completa” (Figura13), seleccionando 10 sitios/¼ ha (1 cato) y 30 sitios/ha en zig-zag de forma aleatoria, empleando un tiempo promedio de 13 minutos/cato, contando todos los granos de la rama (sanos y brocados), utilizando planillas, fórmulas, y constantes respectivas para la determinación de la incidencia de la plaga broca del café (Anexo 6, 7 y 8).



Fuente: Fotografía en la APCERL (2007).

Figura 13. Monitoreo de la plaga broca del café por el “Método de Rama”.

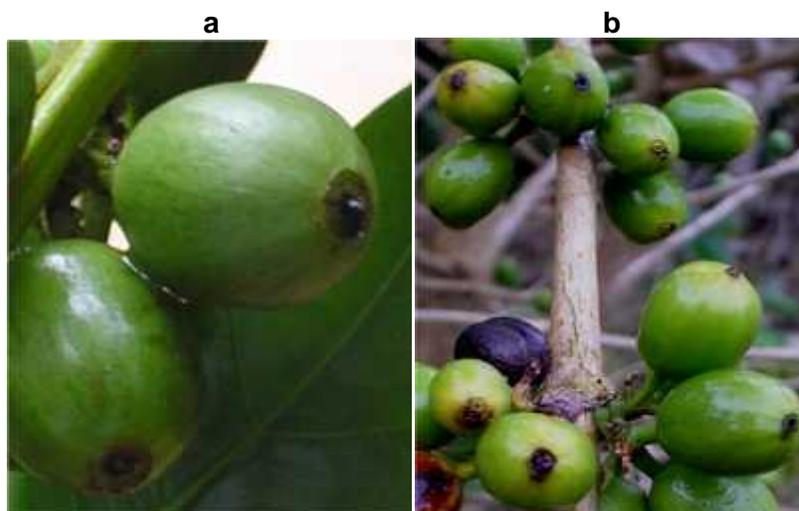
El “Método de Rama”, por la magnitud de los muestreos realizados, fue apropiado para la evaluación de muestras representativas. Además permitió establecer sitios de concentración de la broca dentro el cafetal, lo que facilitó las medidas de control de forma focalizada (labores culturales y biocontroladores) en tiempos oportunos.

Bustillo *et al.* (1998), el método de rama es el más apropiado y aconsejable por su confiabilidad (inferencias y deducciones), economía (poco personal), fácil de ejecutar

(sin contratiempos) y rapidez (0,7 hr/ha), permitiendo conocer el estado de penetración de la plaga en el fruto y sitios de concentración, facilitando las medidas de control.

4.2.2. Incidencia de la plaga broca de café

La incidencia de la plaga broca de café en campo en granos cereza (Figura 14), es un factor determinante que afecta los ingresos económicos del productor cafetalero, con características negativas que se traducen en la merma del peso, heterogeneidad en el aspecto del grano y calidad baja en pruebas de taza (Barrientos, 2011).

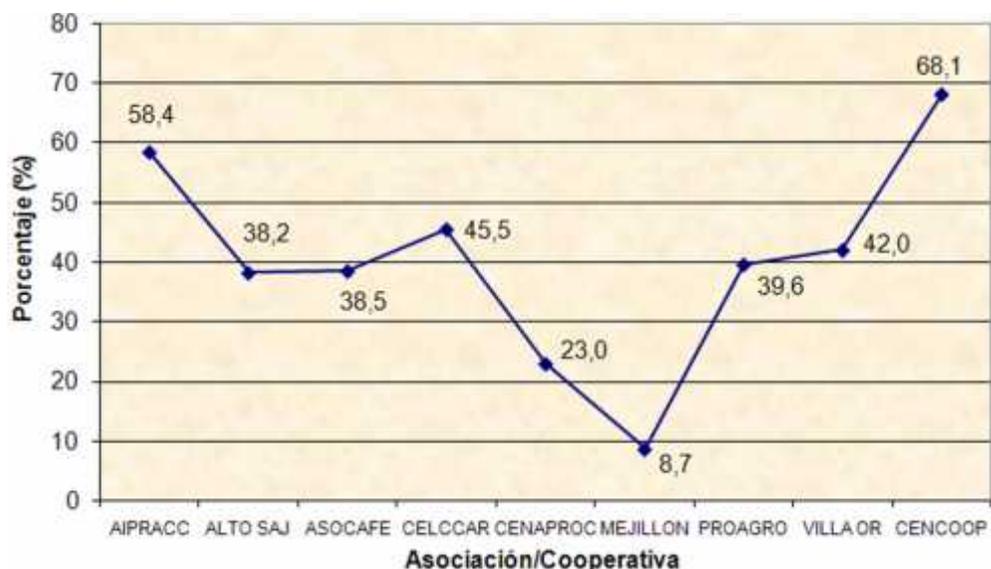


Fuente: Fotografías en APCERL (2007); cit. Cohela (2009).

Figura 14. a) Broca de café penetrando el fruto; b) Frutos de café infestados.

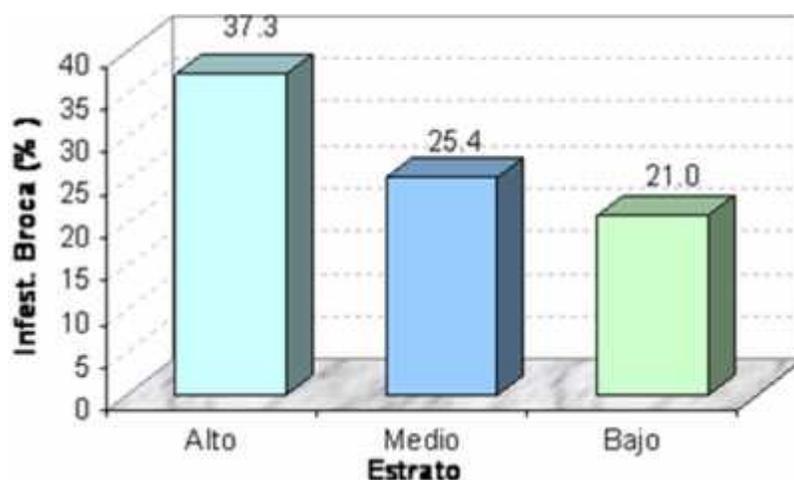
El Proyecto control biológico de la broca en los Municipio de Coroico y Caranavi (2005), diagnosticó la infestación en diferentes organizaciones (Figura 15), presentando niveles de ataque variables de 8,7 hasta 68,1%, con un promedio de 36,7%. Tomando la IC en Caranavi en sus pisos ecológicos alto, medio y bajo (Figura 16), presentó mayor severidad el estrato alto, con reducción poco significativa en los estratos medio y bajo.

En el proyecto de la APCERL del Municipio de Teoponte la IC de la broca en 4 colonias (Cuadro 9), manifestó un promedio de 20,5%, con la posiciones sobre el fruto siguientes: Posición **a** = 3,8% y **b** = 96.3%, con la dinámica respectiva.



Fuente: Cohela (2009).

Figura 15. Infestación de Campo en organizaciones de Caranavi y Coroico.



Fuente: Cohela (2009).

Figura 16. Infestación de Campo en pisos ecológicos en Caranavi.

Cuadro 9. Infestación de *H. hampei* en la APCERL (Teoponte).

Colonias	Infestación promedio (%)
Sorata	18,5
Illimani	16,7
Unión Cordillera	28,9
Villa Aroma	17,8
Promedio	20,5

Fuente: López (2007).

Los resultados de Infestación en Campo, hacen referencia de que la plaga broca se encuentra en poblaciones altas, sobrepasando el umbral de daño económico permitido del 5% (parámetro estándar) en toda las organizaciones de los Municipios de Caranavi, Coroico y Teoponte, traduciéndose en daños y pérdidas que afectan a los productores.

Ruiz (1996), señala que la broca hembra permanece en el interior del fruto cuidando su progenie; desde el momento de ataque hasta la cosecha pueden producir dos generaciones; si estos no se cosechan pueden alcanzar hasta cuatro generaciones.

4.2.3. Daño económico causado por la broca

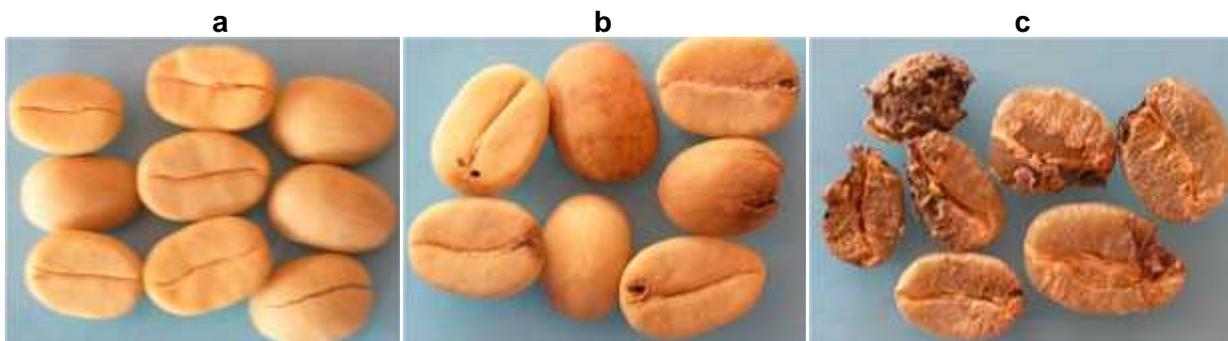
Con los resultados de la IC en el Municipio de Caranavi, las pérdidas sin tomar en cuenta ningún tipo de control en las organizaciones es variable (Cuadro 10), obteniendo la Infestación en Café Pergamino (ICP) de 24,4%, con pérdida económica de 16,9 \$us/qq (150 \$us/qq café orgánico, año 2005), restando la recuperación de café brocado mote vendido al mercado convencional (Intermediarios) después de su pre beneficiado.

Asimismo en la APCERL, con la IC de 20,5%, se obtuvo una ICP de 10,3%, con pérdida económica promedio de 9,5 \$us/qq grano de oro (Año 2007), restando la recuperación respectiva del mercado convencional.

Cuadro 10. Análisis de daño económico, sin acción de control.

Asociación /Cooperativa	Infestación en campo (%)	Infestación en pergamino seco (%)	Pérdida (\$us/qq)
AIPRACC	58,4	41,3	28,6
ALTO SAJAMA	38,2	20,1	13,9
ASOCAFE	38,5	22,5	15,6
CELCCAR	45,5	37,1	25,7
CENAPROC	23,0	10,5	7,3
MEJILLONES	8,7	4,2	2,9
U-PROAGRO	39,6	23,9	16,9
VILLA ORIENTE	42,0	35,9	24,9
Total	36,7 ± 12,5	24,4 ± 10,9	16,9 ± 7,6

Fuente: Cohela (2009).



Fuente: Fotografías del Proyecto Control Biológico de la Broca (2004); cit. por Cohela (2009).

Figura 17. a) Café pergamino; b) Café pergamino infestado; c) Café oro infestado.

Los resultados indican que la plaga broca de café provoca un daño severo en las organizaciones cafetaleras en general, con pérdidas económicas bastante elevadas en caso de no tomar medidas adecuadas de control.

En este sentido CENICAFE (1995), indica que las pérdidas económicas del productor cafetalero dependen del grado de infestación de la plaga, así una infestación del 20% rebaja el café de primera en un 11% y una infestación del 70% la rebaja en un 35%, sin tener en cuenta los costos adicionales de la separación manual del café brocado.

QHANA (1993), señala que la producción de café en Los Yungas está seriamente amenazada por la presencia de la broca del café, infestando desde 20 a 90% de los cafetales, causando pérdidas en la producción del 10 a 45%, equivalente a 1500 qq/año

Bustillo *et al.* (1998), indican que la IC debajo de 20%, afecta a una de las dos almendras, pasando este límite las dos almendras pueden resultar afectadas. El umbral de pérdida económica de la venta de café, no permite defectos mayores al 5% (incluye el daño por broca), deduciendo un tope de 2% de ICP equivalente a un 5% de IC.

4.2.4. Manejo en el control de la plaga

Los proyectos de la FDTA - TH en los Municipios de Caranavi, Coroico y Teoponte, para el control específico de la plaga de broca del café, emplearon prácticas de labores

culturales y empleo de biocontroladores con la respectiva capacitación y asistencia técnica en Escuelas de Campo de Agricultores (ECAs), mencionando a continuación:

- Limpieza (deschume)
- Ch'ajmeo (repase ó cosecha sanitaria)
- Manejo de sombra (Poda de regulación)
- Humeo del cafetal (labor no enseñada pero que el agricultor práctica)
- Aplicación de *B. bassiana*
- Determinación de la calidad del café (Tazeo del café con productores)

La aplicación de cosecha sanitaria (ch'ajmeo) en la organización APCERL, se dio en un 77%. La cosecha del grano seco (k'olo) y brocado se destinó para su comercialización a Caranavi y La Paz con un precio de 50 Bs/qq.

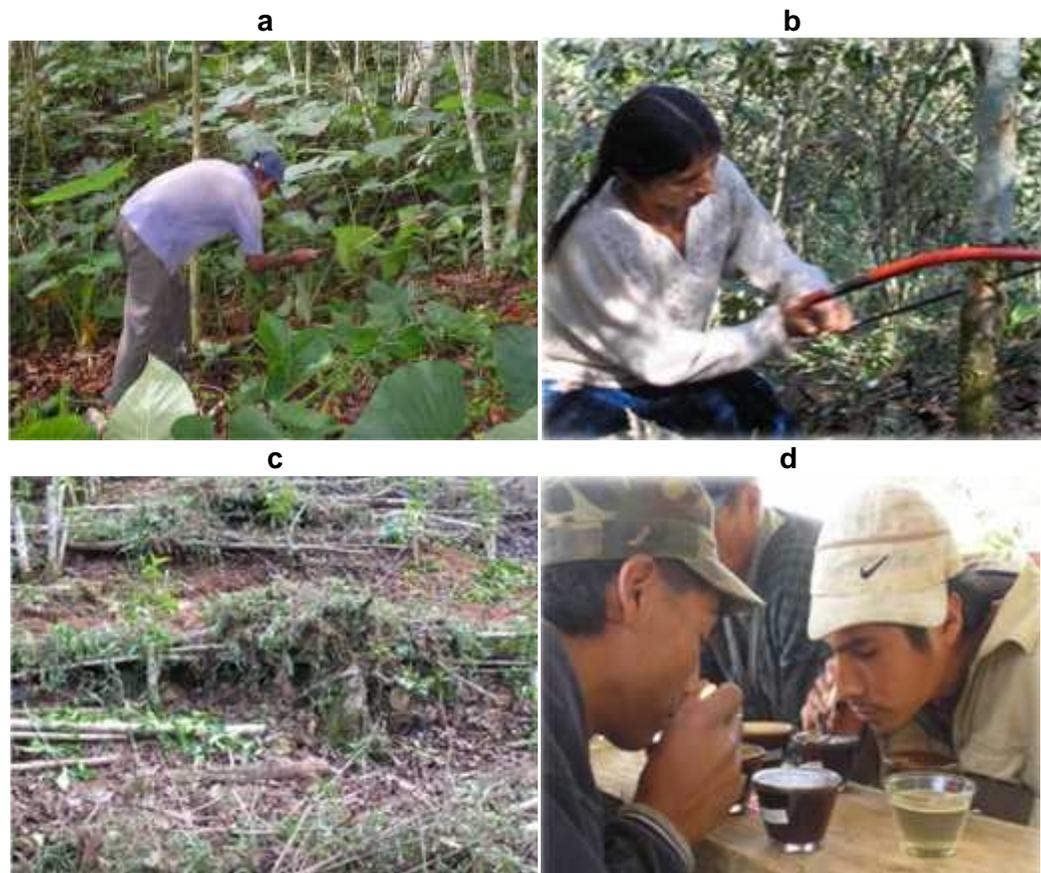
Según FODUR – VCDI (2011), La Cooperativa CENCOOP en Coroico, para el combate de la plaga broca tuvo la iniciativa de adquirir una máquina trilladora de café seco (k'olo), incentivando a la cosecha sanitaria (chajmeo) con la disminución de la población de la plaga y generando un ingreso monetario al productor cafetalero. Por otro lado se incentiva a sustituir parcelas improductivas por nuevos cafetos (Gob. M. Coroico, 2007).

Algunas organizaciones como La Cooperativa Mejillones en Caranavi (8,7% IC), tomaron conciencia del control de la broca del café, resaltando la cosecha sanitaria, con aplicación de multas a todo socio que no realice esta actividad y otros, bajando de esta manera la población de la plaga y asegurando los ingresos económicos de las familias, que viven netamente del cultivo de café por la altura en que se encuentran (piso alto).

A su vez Bustillo *et al.* (1998), la cosecha sanitaria juega un papel importante en la reducción de la broca del café constituyendo el 80% del éxito en el control global, minimizando la disponibilidad de alimento y refugio a la plaga; el otro 20% lo constituye el control biológico y otros métodos de control.

Por otra parte en la APCERL, como innovación tecnológica en el control de la plaga broca y manejo de calidad del café, realizó las capacitaciones teórico - práctico en tazeo del café en la organización. La actividad realizada con especialistas, contempló con la degustación de frutas, leche, vinagre y otros (calibración del sentido del gusto), determinando luego la taza sucia y limpia en distintas calidades de grano (café de primera, fermentado, brocado, pintón). La actividad convocó a más de 80% de productores de la organización, identificando a personas con aptitudes en tazeo del café, siendo los recursos humanos para la APCERL, con el debido entrenamiento.

Commonwealth Institute of Biological Control (CIBC) (1990); citado por Cohela (2009), corrobora la afectación de la broca en la calidad en taza por la perforación del grano, contaminación y descomposición.



Fuente: Fotografías del Proyecto de la APCERL (2007).

Figura 18. a) Desyerbe; b) Poda o pillu; c) Barreras muertas; d) Tazeo del café.

Se resalta la debilidad de la mayoría de las organizaciones cafetaleras en el control de la plaga broca del café, con labores culturales. Asimismo, se menciona la existencia de cafetales abandonados pertenecientes a productores no afiliados a las Asociaciones (socios - café orgánico) donde la plaga se desarrolla libre y dinámicamente sin control alguno produciendo varias generaciones e infestando los cafetales aledaños lo cual hace difícil el control efectivo de la plaga.

Cuba (2007), señala que el manejo agronómico expresado en diferentes prácticas de labores culturales constituye un abanico de acciones complementarias efectivas para asegurar la disminución de infestación de la broca en el cultivo de café.

4.3. Control biológico de *H. hampei* con *C. stephanoderis* y *B. bassiana*

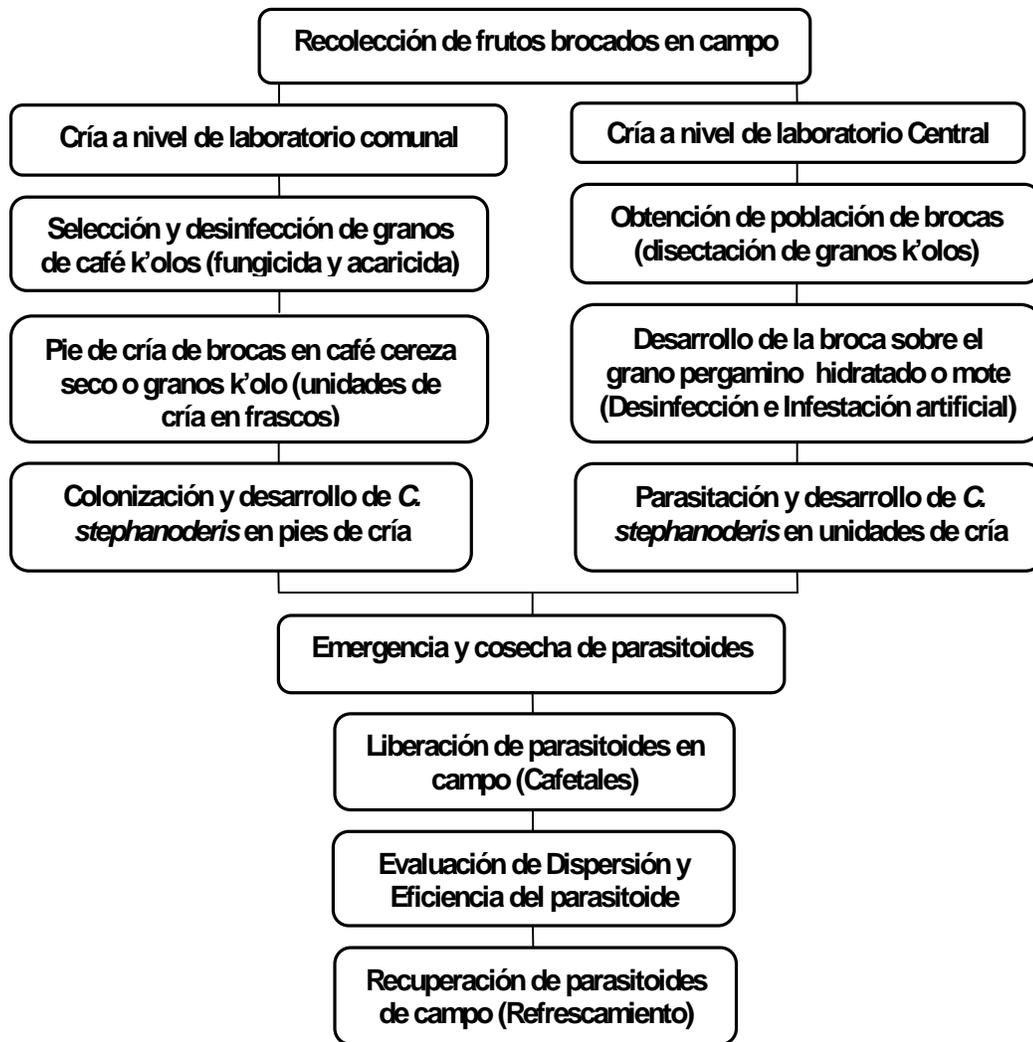
4.3.1. Resultados con el parasitoide *C. stephanoderis*

4.3.1.1. Origen y multiplicación del parasitoide

La microavispa de origen Africano fue introducida a la zona yungueña de Irupana el año 1993, del Ecuador INIAP en el marco del convenio suscrito MACA/IBTA y QHANA, se multiplicaron en laboratorio en unidades de cría comunal con buenos resultados.

En la Estación Experimental Coroico, con el proyecto IBTA/COBIPLA PL – 480, la cría y multiplicación del parasitoide se continuó de forma comunal y tecnificada en café cereza seco (k'olo) y en café pergamino (seco y mote) respectivamente; transfiriendo la tecnología artesanal a las organizaciones cafetaleras por su fácil manejo y no así la multiplicación del parasitoide en café pergamino por su complejidad de manejo en laboratorio (asepsia, temperatura, contaminación, humedad y otros), realizándose tan solo a nivel de estudio de tesis de grado.

A continuación se muestra el sistema de crianza a nivel comunal y central:



Fuente: Elaboración propia en base a Revisión Bibliográfica.

Figura 19. Flujograma de producción de *C. stephanoderis* a nivel comunal y central.



Fuente: Fotografías en el Proyecto COBIPLA PL – 480; Condori (2003).

Figura 20. Cría del parasitoide: a) En café cereza seco (k'olo); b) En café pergamino.

El reporte del Proyecto COBIPLA/PL – 480, en la cría y multiplicación del parasitoide a nivel comunal, se utiliza frutos de café brocados, con las medidas profilácticas en todo el proceso. El mismo proceso se realiza en café pergamino, con la diferencia de efectuar la parasitación a 20 días después de haberse brocado (Infestación artificial).

Sirpa (Tesis de grado) (1999), reporta que el número de individuos nacidos por progenitor está definido por la condición ambiental, determinante para la cría y emergencia de avispas adultas. Bajo un ambiente controlado la descendencia de la avispa es de 6,0 individuos por avispa y bajo ambiente natural la descendencia es de 2,0 individuos por avispa progenitora.

A su vez Condori (Tesis de grado) (2003), en la cría masiva de *C. stephanoderis* en café pergamino seco (cps) hidratado y café pergamino mote (cpm), en comparación a la producción en café cereza seca (k'olo), obtuvo los siguientes resultados:

Cuadro 11. Promedio de avispas emergidas en café pergamino y cereza seco.

Emergencia (días)	Café pergamino seco hidratado	Café pergamino (mote)
18	0,8	2,6
21	2,5	2,8
24	3,1	3,7
27	3,2	6,0

Fuente: Condori (2003).

El autor determinó el tiempo conveniente de hidratación del café pergamino seco de 72 horas, subiendo la humedad de 12 a 38%, obteniendo 33 brocas inmaduras/grano. La multiplicación de avispas fue superior a los 24 días después del brocado, con emergencia de 6 avispas/avispa progenitora en café pergamino recién procesado y 3,2 avispas en café pergamino seco hidratado en relación a la producción de frutos infestados naturalmente (k'olos) de 2,6 avispas, siendo inferior.

Yucra (Tesis de grado) (2000), señala que la condición indispensable para la multiplicación del parasitoide, es contar con frutos brocados que contengan estadios de

diferentes edades de *H. hampei*. El ambiente requiere una temperatura de 25 ± 2 °C y HR de $77 \pm 3\%$, continuas para obtener la emergencia de avispa a los 23 ± 2 días (Anexo 17).

Mamani (1998) reporta, que de acuerdo a la biología del parasitoide, el alimento base es la broca del café, sin embargo puede subsistir varios días a base de miel de abeja diluido con agua (relación 1:1) antes de su traslado y liberación en campo.

Los resultados de cría y multiplicación del parasitoide *C. stephanoderis* nos indican que se tiene la experiencia y tecnología de reproducción que servirán para estudios y proyectos posteriores que se realicen en la zona de Los Yungas.

4.3.1.2. Liberación y establecimiento del parasitoide en campo

Según reportes de estudios, la liberación de parasitoides en campo en la zona de Los Yungas (Coroico, Irupana y Caranavi), después de su cosecha y traslado en frascos de rollos de película adecuados (200 individuos/frasco), en su mayoría se realizó en época seca alrededor del medio día, sobre hojas y frutos brocados del cafeto; también se menciona el empleo de jaulas, con el objeto de control y establecimiento del parasitoide.

Según Romero (1994), para el control de la broca del café en Los Yungas, recomienda liberar, 150 parasitoides/planta, en una cantidad representativa de frutos brocados.

Según Yucra (2000), el establecimiento y dispersión del parasitoide no presenta el mismo comportamiento en los pisos altitudinales, con mayor y mejor establecimiento en alturas bajas a medias (Caranavi, 1.180 m.s.n.m.), obteniendo hasta 7 cocones/cereza brocada. El tiempo transcurrido después de la liberación es importante para tener mayor efecto y a mayores distancias.

Según resultados propios (Trabajo de campo) (2000), la adaptabilidad de la microavispa en campo en la región de Caranavi en la Colonia Virgen de Copacabana, evaluados

hasta los 90 días. Los resultados post liberación de parasitoides durante la intercosecha de café, después de 5 observaciones (muestras de 50 frutos); a los 25, 35, 55, 65 y 90 días, registró 3,8 especímenes de larvas *H. hampei* parasitados por *C. stephanoderis*; con relación a la postcosecha de 0,8 especímenes, sin embargo se registró mayor número de cocones, indicando una positiva adaptabilidad del parasitoide (Anexo 9 y 10).



Fuente: Fotografías propias, Colonia Virgen de Copacabana (2000).

Figura 21. a y b) Transporte y liberación de *C. stephanoderis* en campo; c) Toma de muestra d) Evaluación en laboratorio (dispersión y eficiencia del parasitoide).

Actualmente en la organización CORACA Irupana, algunos productores de café manejan el parasitoide con pies de crías en condiciones de campo (sin laboratorio), es decir que no cosechan los frutos de café en 1 o 2 franjas, esto con el fin de albergar brocas (estadios) y facilitar la sobrevivencia de avispa en campo, lo cual demuestra la adaptabilidad y además garantiza la agresividad del parasitoide en su diseminación y control de la plaga broca en cafetales (FODUR – VCDI, 2011).

En este sentido, Benavides *et al.* (1994); citado por Bustillo *et al.* (1998), señalan que el parasitoide *C. stephanoderis* se establece en todos los lugares donde se libera.

Los resultados obtenidos demuestran que el parasitoide *C. stephanoderis* se estableció a las condiciones de los ecosistemas de la caficultura de Los Yungas, sin embargo su estudio no se extendió para conocer la dinámica del parasitoide en el tiempo, por lo cual es un desafío en las investigaciones de continuidad en campo.

4.3.1.3. Eficiencia de *C. stephanoderis* sobre *H. hampei* en campo

En la colonia Virgen de Copacabana (Caranavi) (2000), en condiciones de campo y a una densidad de 4000 parasitoides adultos/ha, se obtuvo una amplia actividad parasítica a 7 metros a la redonda del punto de liberación, debido a la disponibilidad de la presa, hasta los 90 días evaluados, en IC promedio de 42,1 y 34,9%, con parasitismos de 12,6 hasta 13,4% en inter cosecha y postcosecha. Asimismo la mortandad de adultos de broca de café por depredación del parasitoide fue de 11,4 hasta 13,0%, con una eficiencia de control de 51,6 a 72,7% (Anexo 9, 10 y 13).



Fuente: Fotografías propias, Colonia Virgen de Copacabana (2000).

Figura 22. a) Adulto de *C. stephanoderis*; b) Broca depredada por el parasitoide.

Por otra parte Yucra, obtuvo la eficiencia de control de la broca (G. Villarroel, Caranavi), bajando el grado de infestación 80,6 a 30,7%, debido a las condiciones ambientales y de estadios de la plaga favorables para la reproducción. Contrariamente, el menor

establecimiento se observó en la localidad de Uyunense, por la alta humedad atmosférica, que superó el 90%.

En este sentido Benavides *et al.* (1994); citado por Bustillo *et al.* (1998), señalan que el parasitismo de *C. stephanoderis* depende de la densidad de *H. hampei* y aumenta cuando la altura sobre el nivel del mar es menor (> temperatura) y cada vez que se realizan nuevas liberaciones de la avispa. A 1630 m.s.n.m. con 19,9 °C encontraron niveles de parasitismos máximos de 29% y a 1080 m.s.n.m. con 23,4 °C, alcanzaron hasta un 65%. La acción parasítica de la avispa ejerce una acción depredadora eficiente sobre los adultos de broca (93,8%) que se encuentran en el interior de los frutos, con una acción total sobre la población de todos los estados de la broca, estimando una mortalidad de 94,8%. En ningún caso, en los granos parasitados se encontraron huevos y larvas de primer instar, que son consumidas por el adulto de la avispa.

Los resultados de control biológico de la broca del café con el parasitoide en condiciones de campo en algunas zonas de Los Yungas, manifiesta parasitismos eficientes después de su liberación, siendo un biocontrolador potencial en la regulación de población de la plaga broca en época seca, cuando la plaga se encuentra en el interior del fruto (Posición d), debiéndose tomar en cuenta para programas y proyectos de control biológico.

4.3.2. Resultados con el hongo entomopatógeno *B. bassiana*

4.3.2.1. Origen y reproducción del hongo

Tomando en cuenta las investigaciones del Proyecto del Instituto de Ecología UMSA (1991-1994), donde se recolectaron y caracterizaron cepas nativas del hongo entomopatógeno *B. bassiana*, con resultados positivos de reproducción y efectividad sobre la plaga broca del café, por falta de continuidad del proyecto se perdió el material biológico correspondiente (Castañares, 1993).

De la misma manera el Proyecto COBIPLA PL – 480 (1995-2003), recolectó cepas nativas del hongo *B. bassiana* de la zona de Los Yungas, obteniendo cepas con distintas calidades de control sobre la broca del café. La mayoría de las cepas del hongo se perdió por falta de mantenimiento (pases y refrigeración), rescatándose 2 cepas promisorias (cepas: 13 y 24), que se utilizaron en los proyectos de la FDTA – TH (2004 a 2007) en el control biológico de la broca y se usan actualmente por algunas organizaciones (U-PROAGRO, Illampu y Mejillones), Instituciones académicas (UAC-Carmen Pampa, ISTAIC – Caranavi y otros) y Instituciones privadas (CARITAS Coroico) de forma esporádica para el control de la plaga.

El proyecto MOJSA (2001-2005), en campañas de control biológico de la plaga broca en Caranavi y Coroico, trabajó con las 2 cepas nativas mencionadas, incorporando la cepa exótica proveniente de CENICAFE, Colombia. A continuación en el cuadro siguiente se detalla las características de calidad de las cepas mencionadas:

Cuadro 12. Antecedentes de calidad de las cepas del hongo *B. bassiana*.

Cepa	Origen	Concentración		Viabilidad (%)	Pureza (%)	Patogenicidad (%)
		conidias/mililitro	conidias/gramo			
24 PV/CC	Yungas	$3,5 \cdot 10^7$ /(105 l.)	$1,4 \cdot 10^9$	-	-	98,0
13 U/VB	Yungas	$3,50 \cdot 10^7$ /(37 l.)	$1,4 \cdot 10^9$	-	-	97,0
B.b. 9205	Colombia	$3,9 \cdot 10^{11} \pm 0,4 \cdot 10^{11}$	$7,7 \cdot 10^9$	85 - 100	99,8	97,0

Fuente: Bustillo *et al.* (1998) y Cordero (1999).

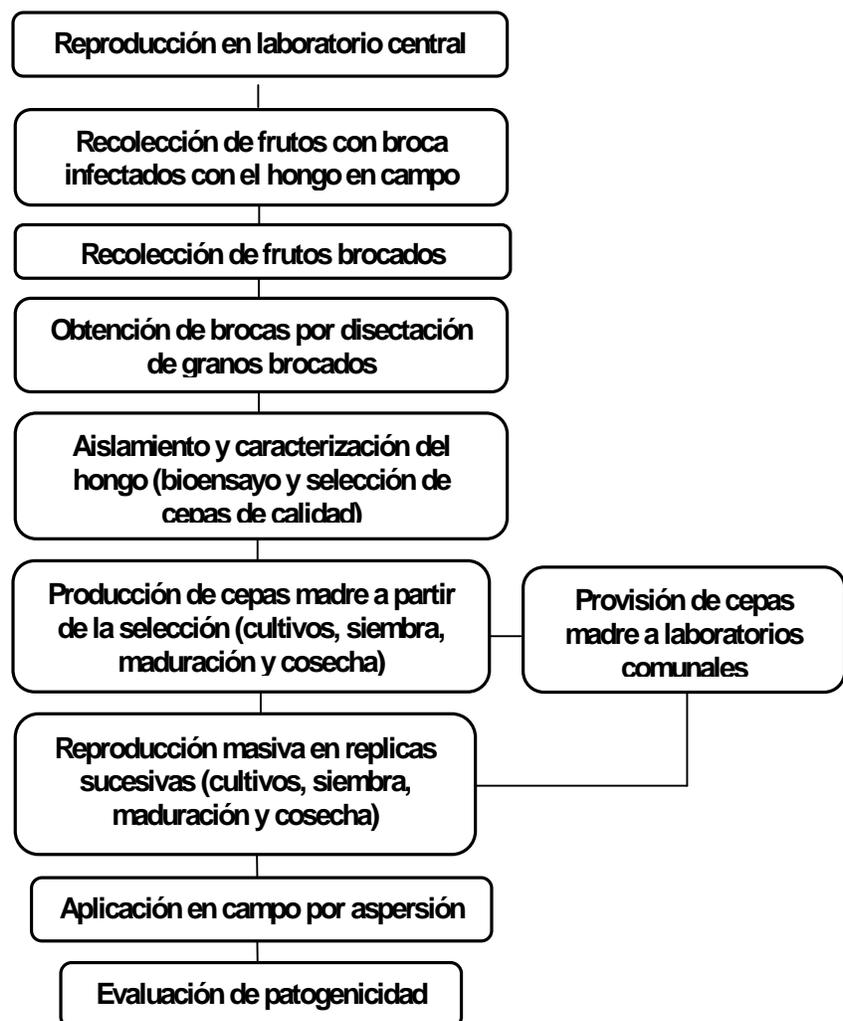


Fuente: Poma (2010).

Figura 23. Cepas de *B. bassiana* (24, 13 y 9205) en Sabouraud Dextrosa Agar (SDA).

Con el proyecto COBIPLA/PL – 480, se trabajó a nivel de Laboratorio Central y Comunal, empleando en el primer caso equipos y materiales adecuados (Anexo 11), con la caracterización del hongo (calidad patogénica), reproducción de cepas madre y de forma masiva, con recursos humanos especializados; en el segundo caso se implementó laboratorios comunales en Coroico (Comunidad Marca) y Caranavi (Uyunense, Taypiplaya, Mejillones) (Anexo 12), con reproducción masiva a partir de cepas madre, acompañado de capacitación, en la actualidad los laboratorios no funcionan por problemas de material biológico y falta de interés de las organizaciones.

A continuación se muestra la reproducción del hongo a nivel central y comunal:



Fuente: Elaboración propia en base a Revisión Bibliográfica.

Figura 24. Flujograma de producción y aplicación de *B. bassiana*.



Fuente: Fotografía en la Colonia Illampu, Caranavi (2007).

Figura 25. Réplica del hongo en laboratorio comunal: a) Inoculación; b) maduración.

Con el Proyecto de Control Biológico de la broca en los Municipios de Coroico y Caranavi (2004 a 2005) (FDTA – TH), la producción del hongo se realizó de forma masiva (sustrato de arroz), a partir del refrescamiento de las cepas nativas citadas, en laboratorio central (MOJSA, Casa del café en San Pablo). La producción del hongo (Cuadro 13) fue de 10.143 bolsas para cubrir 2.536 hectáreas, beneficiando a 1.059 familias bajo la siguiente relación: cepa 24 con 87,3% y la cepa 13 con 13,7%.

Cuadro 13. Producción y distribución del hongo (200 g/bolsa).

Cepa	Cantidad	Destino capacitación	Destino Beneficiarios
13	1.387	2	1.385
24	8.861	11	8.850
Total	10.248	13	10.143
%	100	0,12	98,98

Fuente: Cohela (2009).

Según el reporte de Flores (Tesis de grado) (2009), el desarrollo de cepas de *B. bassiana* (13, 24 y 9205), en medios de cultivo artificial y natural, demostró poca variabilidad no influyendo en la patogenicidad y virulencia posterior; obteniendo en Saboraud Dextrosa Agar (SDA) en 12 días con diámetro y superficie promedio de 7,8 cm. y 12,3 cm² respectivamente y en arroz obtuvo la madurez completa a los 20 días a una temperatura promedio de 24,2 °C.



Fuente: Cohela (2009) y Poma (2010).

Figura 26. Laboratorio Central: a) Maduración del hongo; b) Conidiación sobre arroz.

Por su parte Poma (Tesis de grado) (2011), en la concentración de conidias del hongo sobre sustratos de arroz en Los Yungas, reporta hasta los 25 días, a una temperatura de 23,9 °C, la esporulación máxima y mínima de $2,0 \cdot 10^9$ y $5,2 \cdot 10^8$ conidias/gramo; determinando los mejores sustratos (cateto y carolina), con potencial esporulativo de las cepas del hongo (13, 24 y 9205) de forma similar.

Según CENICAFE (1995), los caficultores pueden producir el hongo *B. bassiana*, usando como sustrato el arroz, mediante una tecnología sencilla, económica y eficiente, con recursos de fácil consecución. El hongo producido en esta forma puede estar disponible para el agricultor en cantidades suficientes y oportunas. El cultivo del hongo de forma eficiente comprende las siguientes etapas: Preparación del medio de cultivo, esterilización de los medios de cultivo, siembra del hongo, maduración del hongo en el medio de cultivo, calidad del hongo y cosecha del hongo.

Los resultados indican que se cuenta con cepa nativa y exótica promisoría y específica para el control de la plaga broca del café en la zona de Los Yungas. A la vez se cuenta con bastante experiencia en el manejo de la producción del hongo referente a cepas madre y de forma masiva en los medios de cultivo respectivo.

4.3.2.2. Estudios de caracterización del hongo en laboratorio

La caracterización del hongo en laboratorio tiene la finalidad de medir la calidad del hongo en términos de viabilidad (germinación de conidias), patogenicidad (capacidad de enfermar), virulencia (agresividad) sobre la plaga broca del café.

Flores (2009), reporta la viabilidad del hongo *B. bassiana* hasta las 12 horas, con promedios de germinación de 91,0; 92,0 y 91,8% en las cepas 24, 13, y 9205 respectivamente, con un promedio de 91,7%, indicando la buena calidad biológica de las cepas nativas y exótica, sobrepasando el límite exigido de 85% para estas pruebas.



Fuente: Flores (2009).

Figura 27. Prueba de viabilidad del hongo: a) Conidias; b) Conidias germinadas.

En este sentido Marín (1994), señala que la viabilidad de hongos entomopatógenos se realiza a través de la germinación de conidias en laboratorio, que debe ser superior al 85% en un tiempo de incubación de 12 a 24 horas debido a que cuando se aplica el hongo debe tener un rápido efecto sobre la población de plagas en un corto periodo de exposición a condiciones ambientales adversas de campo.

A la vez Lazo (1990), indica que la calidad del inóculo de un entomopatógeno se relaciona con la viabilidad de las conidias generando variabilidad en las respuestas de patogenicidad sobre el hospedero.

Asimismo Flores (2009), en bioensayo (individualización de brocas en viales, inoculadas con el hongo 10^7 conidias/ml) (Figura 28) y condiciones controladas, determinó la fase patogénica y saprofítica del hongo sobre la broca del café, identificando cinco etapas (Figura 8): 1) muerte del insecto; 2) inicio de micelio, de aspecto algodonoso poco abundante; 3) cubrimiento de micelio, de forma abundante y compacta. 4) conidiogénesis, formación de conidióforos y conidias; 5) liberación de conidias, de aspecto polvoriento.



Fuente: Flores (2009).

Figura 28. Caracterización del hongo en bioensayo.

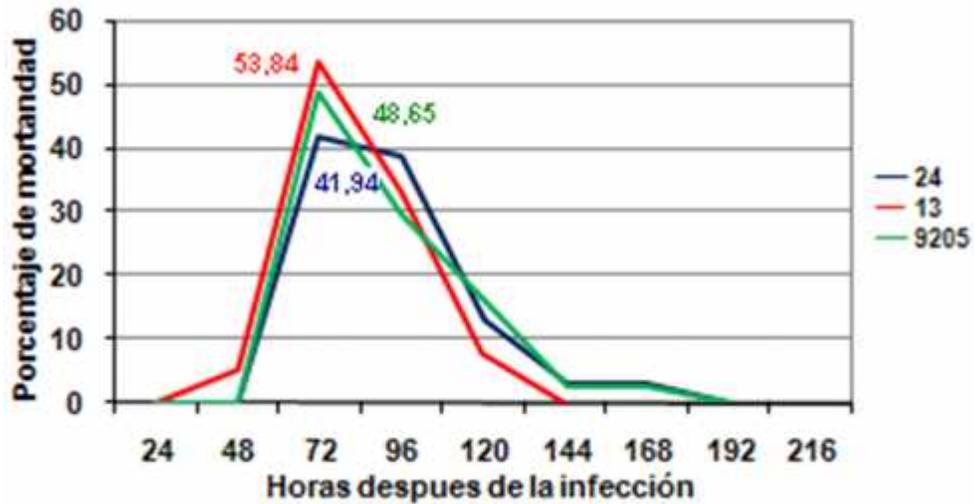
BROCARIL (2002), la acción del hongo sobre la plaga ocurre de dos maneras: 1) en el proceso fermentativo de producción de *B. bassiana* se producen una gran variedad de toxinas y ácidos metabólicos que causan parálisis muscular y un efecto de “knockdown” sobre los insectos susceptibles, 2) A través del contacto ocurre la muerte del insecto, manifestando el ciclo biológico con la fase patogénica y saprofítica.

Respecto a la patogenicidad, el reporte (Cuadro 14), demuestra la alta capacidad patogénica de las cepas del hongo sobre la broca del café, lo que da a entender el porqué de su selección y uso en campo. Respecto a la virulencia del hongo sobre la broca, medida en términos de Mortalidad Diaria, Mortalidad Acumulada, Tiempo Letal Medio (TL_{50}) y Mortalidad Total (TL_{100}), de la misma manera se demuestra la alta agresividad de cepas del hongo sobre la broca del café (Figuras 29 y 30).

Cuadro 14. Resultados de patogenicidad de cepas sobre la broca (bioensayo).

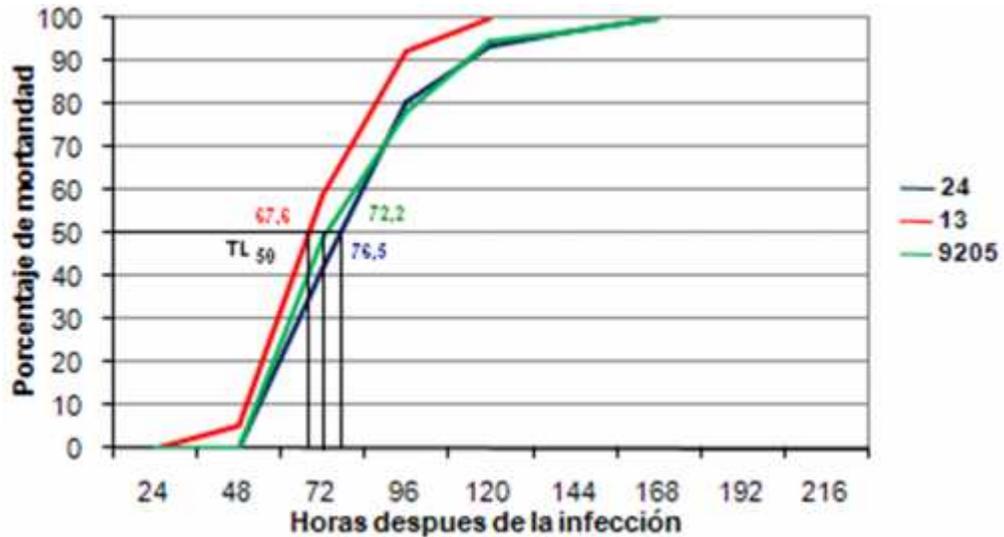
Cepas del hongo	Total adultos	Mortalidad (%)		Vivos (%)	Total (%)
		<i>B. bassiana</i>	Otras causas		
24	40	77,5	20,0	20,0	100
13	40	97,5	2,5	2,5	100
9205	40	92,5	5,0	5,0	100
Testigo	40	0,0	2,5	2,5	100

Fuente: Flores (2009).



Fuente: Flores (2009).

Figura 29. Mortalidad diaria de población de brocas por causa del hongo.



Fuente: Flores (2009).

Figura 30. Mortalidad acumulada y TL₅₀ de *H. hampei* por causa de *B. bassiana*.

La Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural (1997), indica que un entomopatógeno infeccioso tiene la capacidad patogénica de enfermar, invadiendo y provocando anormalidad o matando al hospedero.

Alves (1986), indica que la virulencia de un microorganismo patógeno medido a través de bioensayos utilizando hospederos padronizados (dinámica y edad) en condiciones de laboratorio, puede ser cuantificado a través de Tiempos Letales y Dosis Letales (TL₅₀ y DL₅₀) siendo posible determinar la virulencia máxima de un patógeno con el objeto de ofrecer a condiciones externas de campo.

Los resultados manifiestan que las cepas del hongo seleccionadas son altamente patogénicas y virulentas sobre la plaga broca del café, sin embargo se hace necesario caracterizar nuevamente las cepas del hongo para garantizar su calidad.

4.3.2.3. Preparación y aplicación del hongo en campo

Los proyectos COBIPLA/PL – 480 y FDTA – TH, realizaron la preparación del hongo separando las conidias del sustrato de arroz (bolsa de 200 g) (Figura 31a y 31b), con agua suficiente y aceite agrícola (10 ml), como adherente, emulsionante y protector de conidias a la radiación solar, colando en tela al interior de la aspersora, completando con agua a 20 y 12 litros, en mochila manual y motoaspersora respectivamente.

La aplicación del hongo en cafetales se realiza en horas de la tarde o en días nublados, evitando la radiación solar, con una dosis de 1 mochila/1/4 ha por la alta infestación (Figura 31c); recomiendan su aplicación hasta los 90 y 120 días después de la floración del cafeto, cuando el fruto toma consistencia y la broca está en la posición de penetración (Posición a).

Según CENICAFE (1995), la aplicación del hongo *B. bassiana* en campo se realiza en horas de la tarde para que las conidias no sean afectadas por la radiación solar y a la vez para evitar pérdidas por evaporación.



Fuente: Fotografías en APCERL (2007).

Figura 31. a) Bolsa con hongo; b) Preparación; c) Aplicación del hongo en cafetal.

El proyecto control biológico de la broca en Coroico y Caranavi, reporta que el material biológico entregado a caficultores (10.143,0 bolsas), se utilizó en 97,8%; un 30% procedió a derramar el hongo en cafetales, por falta de mochilas (debilidad del proyecto), dándole valor al hongo. La eficiencia de aplicación del hongo en cafetales fue determinada tomando los factores como: el clima, edad del cultivo (plantas viejas, 2 a 3 m. de altura), labor cultural (desyerbe), edad y sexo del operador. A continuación se presenta los resultados promedio con una mochila aspersor manual:

Aspersión de 1 ha = 4 horas

En días soleados 1 mochila = asperja 2 has.

En días nublados 1 mochila = asperja 3,5 has.

4.3.2.4. Patogenicidad del hongo en campo

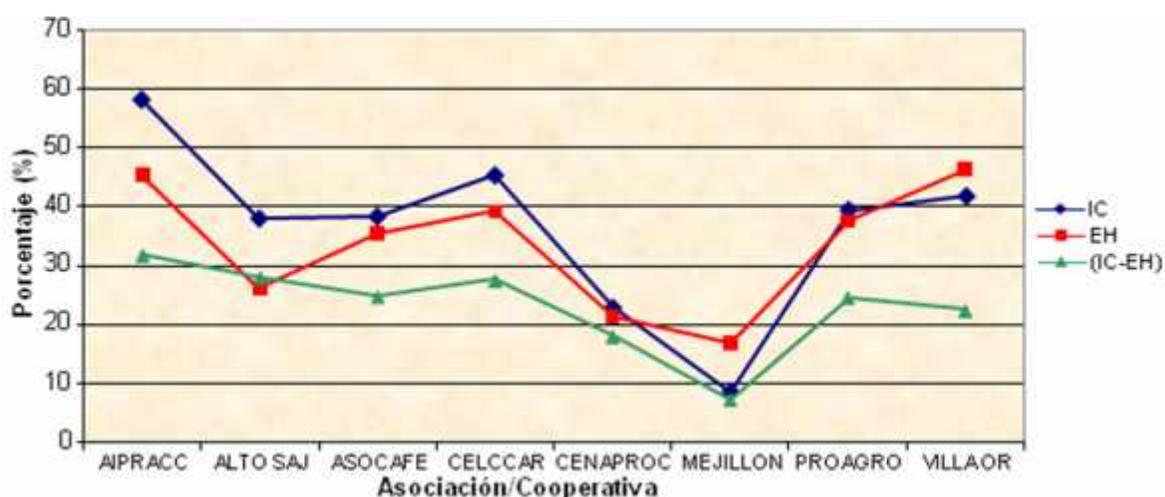
Tomando el proyecto de control biológico de la broca y el Municipio de Caranavi, la patogenicidad del hongo sobre la broca es variable, con una efectividad de 33,6%, bajando la IC de 36,7 a 23,1%, recuperando granos en 13,6% (Cuadro 15). Asimismo la patogenicidad en pisos ecológicos (Figura 33), reporta mayor control en el estrato alto (34,3%) respecto al medio y bajo, debido a la alta infestación y a factores climáticos adecuados (humedad y temperatura), favoreciendo el desenvolvimiento del hongo.

Cuadro 15. Recuperación de granos cereza por la efectividad del hongo *B. bassiana*.

Asociación /Cooperativa	Infestación en campo (IC)	Efectividad del hongo en campo (EH)	Infestación en campo actual (ICA=IC-EH)	Recuperación de granos de café por el hongo (RH)
AIPRACC	58,4	45,3	31,9	26,5
ALTO SAJAMA	38,2	26,3	28,2	10,0
ASOCAFE	38,5	35,4	24,9	13,6
CELCCAR	45,5	39,2	27,7	17,8
CENAPROC	23,0	21,5	18,1	4,9
MEJILLONES	8,7	16,9	7,2	1,5
PROAGRO	39,6	37,6	24,7	14,9
VILLA ORIENTE	42,0	46,4	22,5	19,5
Total *	36,7 ± 12,5	33,6 ± 9,1	23,1 ± 6,4	13,6 ± 6,7

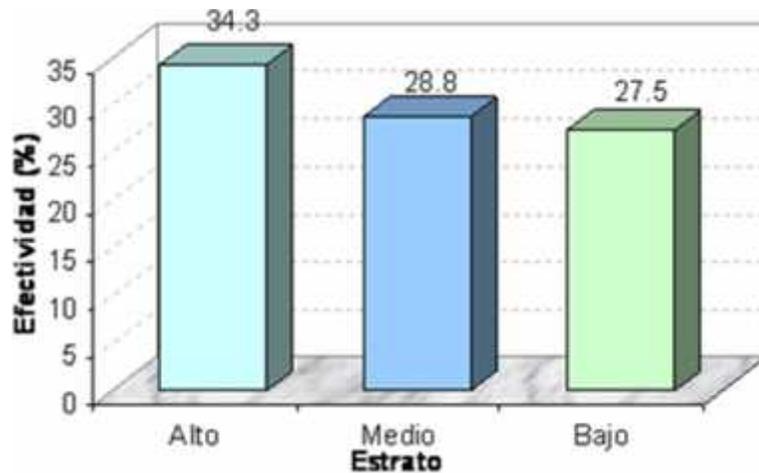
Fuente: Cohela (2009).

Limite de confianza al 95%.



Fuente: Cohela (2009).

Figura 32. Efectividad del hongo y su contribución en la reducción de la Infestación.



Fuente: Cohela (2009).

Figura 33. Efectividad del hongo sobre la broca del café, en pisos ecológicos.

Por otra parte el proyecto de la APCERL, reporta una efectividad muy baja del hongo sobre la broca (8,1%), con las mismas cepas promisorias (900 bolsas en 130 ha), por la aplicación tardía (problemas de producción), en enero y febrero del 2007. Esto indica que la broca penetró los granos, (posiciones **c** y **d**), corroborando la importancia de la aplicación oportuna del hongo para el control efectivo de la plaga.



Fuente: Fotografía en Caranavi, Cohela (2009).

Figura 34. Efectividad de *B. bassiana* sobre *H. hampei* de acuerdo al nivel IC.

Brocarta (1995) citado por Bustillo *et al.* (1998), señalan que el grado de infección del hongo en campo varia de un país a otro (10 a 91%), aunque estas diferencias puedan deberse a factores climáticos, Infestación, cepa, dosis y eficiencia de aplicación.

Los resultados de efectividad del hongo sobre la broca en campo son evidentes, bajando la IC y recuperando granos de café de forma ecológica. La efectividad de control tiene relación con la aplicación oportuna y el grado de infestación (a mayor población de broca, mayor control del hongo).

4.3.2.5. Análisis de daño económico con la acción de *B. bassiana*

Continuando el análisis complementario del acápite anterior, el daño económico con la acción patogénica de *B. bassiana*, reporta una pérdida de 6,9 \$us/qq en relación a la IC sin control de 16,9 \$us/qq, con recuperación de 10,1 \$us/qq, confirmando la efectividad del hongo en el control de la plaga, recuperando monetariamente la productividad del grano del café.

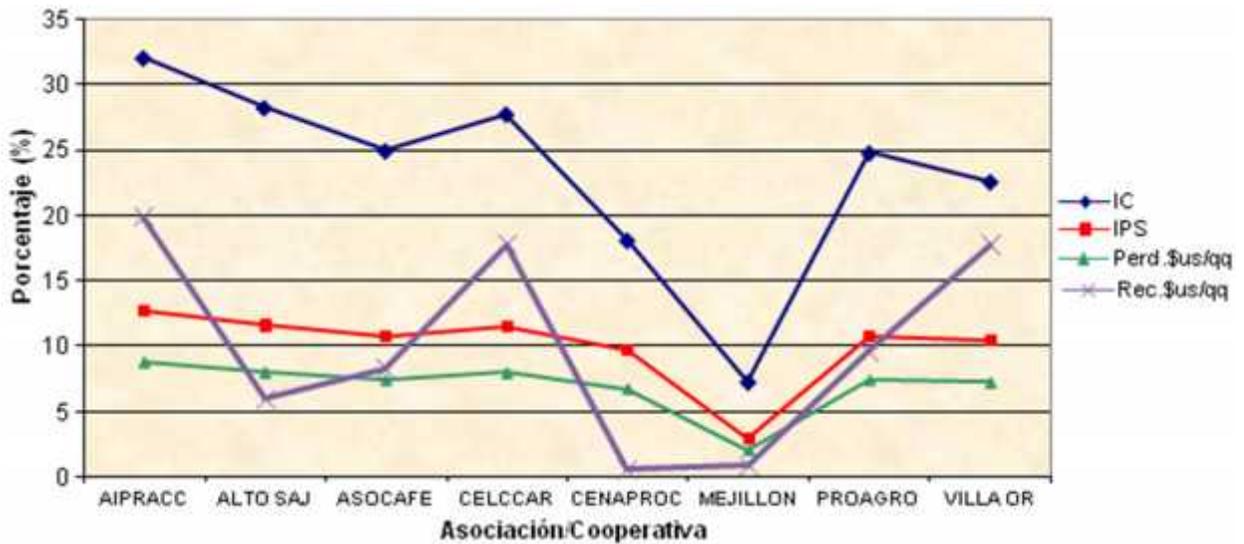
En el Proyecto de la APCERL, la acción del hongo bajó la IC de 20,5% a 18,4%, recuperando granos en 2,1%, reduciendo la pérdida de 9,5 \$us/qq a 8,9 \$us/qq, recuperando 0,6 \$us/qq. Si bien el hongo no tuvo los efectos deseados sobre la plaga broca del café en campo, los productores de esta organización son consientes y están convencidos de la importancia de la aplicación oportuna del patógeno para su efectividad en respectiva.

Cuadro 16. Análisis de daño económico, con acción de *B. bassiana*.

Asociación /Cooperativa	Infestación de campo (IC*)	Infestación de pergamino seco (IPS)	Pérdida (\$us/qq)	Recuperación con el hongo <i>B. bassiana</i> (\$us/qq)
AIPRACC	31,9	12,6	8,7	19,9
ALTO SAJAMA	28,2	11,5	8,0	5,9
ASOCAFE	24,9	10,7	7,4	8,2
CELCCAR	27,7	11,4	7,9	17,8
CENAPROC	18,1	9,7	6,7	0,6
MEJILLONES	7,3	2,9	2,1	0,8
U-PROAGRO	24,7	10,7	7,4	9,6
VILLA ORIENTE	22,5	10,4	7,2	17,7
Total	23,1 ± 6,4	10,0 ± 2,5	6,9 ± 1,7	10,1 ± 6,4

Fuente: Cohela (2009).

IC*: Infestación de Campo no controlada por el hongo *B. bassiana*.



Fuente: Cohela (2009).

Figura 35. Recuperación económica de granos de café por acción del hongo.

Los resultados indican la importancia que tiene el hongo en la recuperación de granos de café, siempre y cuando este se aplique en forma oportuna y con cepas promisorias para la efectividad de control de la plaga broca en campo.

4.4. Análisis y propuesta de control de la broca del café

El cultivo del café en Los Yungas representa un generador de divisas para el país, reportando ingresos en la gestión 2009 de 14,6 millones de dólares, por un volumen de 74.333,0 sacos/60 kg, aportando al PIB nacional el 1,2% como producto no tradicional. Se tiene la apertura de nuevos mercados (venta de café especial), con el reconocimiento de la imagen del café boliviano en mercados internacionales, demostrando la buena calidad, y olvidándonos del “café sorpresa” (FECAFEB, 2010).

En las zonas cafetaleras de Los Yungas, aproximadamente el 90% de la superficie cultivada se caracteriza por no emplear agentes químicos de ninguna índole en sus sistemas de producción, catalogándose como “Caficultura Tradicional”, lo cual favoreció para incursionar en el sistema de producción actual “Ecológico u Orgánico”.

La broca del café *H. hampei* es la plaga mas importante en Los Yungas por los daños y pérdidas que causa; debido al hábito de ataque al permanecer la mayor parte de su vida en el interior del fruto de cafetos, hace su control muy complicado, añadiendo la poca organización de los productores para su control (prácticas mínimas y cafetales abandonados). Para lograr un control eficiente es necesario establecer en forma integrada una serie de medidas que el caficultor debe seguir para poder ser exitoso en la producción de café en presencia de la broca.

A continuación se presenta una lista de labores estratégicas que se recomienda realizar en la zona de Los Yungas, tomando en cuenta la producción ecológica:

- En las organizaciones cafetaleras se debe procurar tener personas seleccionadas calificadas (plagueros), para ejecutar las evaluaciones de infestación de la broca (Posición: **a**, **b**, **c** y **d**). Por otra parte, se deberá tomar conciencia acerca del daño de la broca y de ellos depende en buena parte que permanezca en los cafetales (seleccionar personal cosechadoras eficientes).
- Se debe manejar los registros de floración con el fin de establecer la edad de los frutos, se conoce que la broca se reproduce en frutos de más de 90 y 150 días de edad (parte baja y alta). Este dato facilita la aplicación del hongo *B. bassiana*, cuando la broca está en la posición de penetración (Posición **a**).
- Debido a la dinámica de la broca, el manejo de esta debe iniciarse con la recolección de todos los frutos secos o k'olos (cosecha sanitaria o chajmeo) y estableciendo las cosechas oportunas de frutos maduros y sobremaduros evitando que caigan al suelo o permanezcan secos en los arboles. No se debe permitir niveles superiores de IC a 5%, para no sufrir daño económico.
- Cuando los niveles de infestación son altas y la broca se encuentre en la posición de penetración (posición a y b), se deben tomar las medidas de control con *B. bassiana*, con aplicación oportuna para el control efectivo de la plaga. La evaluación

de IC en lotes, dará cuenta de lugares concentrados de la plaga “focos”, donde se debe aplicar el hongo de forma concentrada. También aplicar el hongo, en época de cosecha cuando muchas brocas dejan el fruto para infestar frutos verdes que quedan. Asimismo asperjar lo necesario en la base de los cafetos ya sea *B. bassiana* o *M. anisopliae* para infectar brocas que salgan de los frutos caídos.

- Referente a la liberación del parasitoide *C. stephanoderis*, se debe realizar hacia finales de las cosechas, cuando quedan frutos maduros brocados sin recolectar en los cuales pueden establecerse, evitando aplicar el hongo (antagonismo) para favorecer su recuperación y distribución. El parasitoide ataca a la broca cuando su progenie se desarrolla dentro el fruto (Posición **c** y **d**).
- En frutos cosechados (café guinda) con infestación, deberá evitarse que la broca vuelva al cafetal, vaciando en sacos de fibra sintética y amarrarlos durante la cosecha y beneficiando el mismo día. De la misma manera en los granos secos (k'olos) cosechados, deberán permanecer en sacos sintéticos amarrados, trasladando a las trilladoras o su venta a la ciudad de La Paz.
- En la etapa de secado del café prebeneficiado, en caso de contar con un silo de secado (como AGROTAKESI), se deberá dar prioridad al café proveniente de lotes muy infestados para eliminar rápidamente los huevos, larvas y pupas que quedan en el interior del fruto; en caso contrario se debe usar secadores con cubierta de plástico para evitar el escape de la broca.
- Realizar desyerbes selectivos, para conservar los suelos, fauna benéfica, facilitar la evaluación de IC y aplicación de los biocontroladores. Trabajar en la poda sanitaria y de renovación (pillu), manejando densidades adecuadas de plantación, facilitando el manejo de la población de brocas. Elegir variedades adecuadas (Catimor y Cavimor), resistentes a la roya (evitando la caída de hojas y granos vanos), los frutos de estas variedades no caen tan rápido como las variedades típica, caturra y catuai, lo cual permite una planificación y mejor recolección de los frutos.

5. SECCIÓN CONCLUSIVA

1. El sistema de producción del café en Los Yungas en general es tradicional, orgánico y especial. La producción orgánica en mayor proporción se realiza de forma organizada, cumpliendo normas internacionales, con certificación y manejo sostenible de los recursos naturales, libre de contaminantes. El tamaño promedio de plantaciones de café/familia es de 2,7 ha, con la variedad típica o criolla (80%) y variedades mejoradas (20%). Existen problemas de productividad por factores climáticos, suelos pobres, cultivos viejos con poca renovación, cambio a cultivos más rentables como la coca y la afectación de plagas y enfermedades.
2. La plaga *H. hampei* es la más importante en Los Yungas por los daños y pérdidas que causa. La incidencia en los Municipios de Coroico, Caranavi y Teoponte reporta una IC de 20,5 a 36,7%, pasando el nivel permitido de 5%, afectando en CPS de 10,3 a 24,4% con la pérdida económica monetaria sin control alguno de 9,5 a 16,9 \$us/qq. El manejo de la broca en las Asociaciones cafetaleras es poco significativo mostrando debilidad organizativa, con innovaciones aisladas de poco impacto.
3. La avispa *C. stephanoderis*, introducido a Los Yungas (Irupana) en 1993 del Ecuador, se multiplica en frutos secos (k'olos) y en café pergamino infestados. La emergencia registrada de avispas/avispa progenitora en frutos secos es de 2 a 2,6 respecto a café pergamino de 3,2 a 6,0 hasta los 24 días (T. 25 °C; HR 77%). La adaptación de la avispa en campo después de su liberación (150 avispas/árbol) en época seca fue hasta los 90 días, con mejor establecimiento y dispersión en alturas bajas y medias (1180 m.s.n.m.), sin embargo por falta de continuidad de estudios se desconoce la dinámica del parasitoide en tiempo prolongado (2 a 3 años).
4. El reporte de la acción parasítica de la avispa en campo sobre la broca fue de 12,6 a 13,4%, bajando la IC en algunos casos de 80,6 a 30,7%; la acción depredadora de la avispa sobre adultos y estados inmaduros de broca fue de 11,4 a 13,0%. La

mortandad ejercida sobre la plaga es de 51,6 hasta 72,7% considéranosle un enemigo potencial en la regulación de brocas en el interior de frutos (posición **c** y **d**).

5. Los Yungas cuenta con cepas del hongo *B. bassiana* promisorias nativas y exótica (13, 24 y 9205) para el control de la broca. La producción del hongo se realiza a nivel de laboratorio central y comunal, obteniendo cepas madre en cultivos artificiales (AN, PDA, SDA) y réplica masiva en sustrato de arroz (200 g/bolsa), con esporulación efectiva de 12 a 25 días. En la preparación del hongo se utiliza una bolsa/mochila y/o motoaspersora de 20 y 12 L, con agua, aceite agrícola (10 ml). La aplicación en campo se realiza en horas de la tarde o días nublados en época húmeda, aplicando 4 aspersores/ha, por la alta IC.
6. La calidad del hongo (cepas: 13, 24 y 9205) caracterizada en laboratorio en bioensayo, reportó una viabilidad (germinación) de 91,7% pasando el limite exigido de 85%; identificando la fase patogénica y saprofítica del hongo sobre la broca (muerte y desarrollo). La mortandad de brocas por causa patogénica es de 89,2% y la agresividad (virulencia) medido en Tiempo Letal Medio (TL₅₀) presento la mortandad efectiva de brocas hasta las 72 hr, indicando la alta calidad de cepas del hongo, justificando su aplicación en campo.
7. Respecto a la acción del hongo en campo se reporta una efectividad de control sobre la plaga broca de 8,1 a 33, 6% bajando la IC de 36,7 a 18,4%; recuperando granos de café de 2,1 hasta 13,6% equivalente en términos económico monetarios de 0,6 hasta 10,1 \$us/qq (60 kg de café oro verde). Se recomienda la aplicación del hongo en campo de forma oportuna para ejercer un control efectivo de la plaga.
8. Para lograr un control eficiente de la plaga broca es necesario establecer en forma integrada una serie de medidas ecológicas de forma organizada con normas y reglas que el productor cafetalero debe asumir para lograr una producción y productividad aceptable en convivencia con la plaga, con niveles de población que no permitan el daño económico.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. ALEAN, C., I. 2003. Evaluación de la patogenicidad de diferentes hongos entomopatógenos para el control de la mosca blanca de la yuca *Aleurotrachelus socialis* Bondar (Homóptera: Aleyrodidae) bajo condiciones de invernadero. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias Básicas, Microbiología Agrícola y Veterinaria. Bogotá, D. C. Colombia. 101 p.
2. ALVES, S. B. 1986. Controle microbiano de insetos fungos entomopatogenicos. Sao Paulo, Brasil. Editora Manole. 73 – 75 p.
3. BARRIENTOS, Z., R. 2011. Diagnóstico de la situación cafetalera del Municipio de Caranavi. Vice ministerio de coca y Desarrollo Integral - VCDI Programa de apoyo a la Política Sectorial – PAPS. Caranavi-La Paz. Consultado, 7 OCT, 2012, 12:49. en línea: www.vcdi.gob.bo/.../...
4. BARRIENTOS, Z., R. 2000. El cultivo de café en la región de Los Yungas, Producciones CIMA. La Paz, Bolivia. 185 p.
5. BROCARIL. 2002. Alternativa biológica para el control de la broca del café. Cali, (Colombia). LAVERLAM. División Agrícola. 4 p.
6. BUSTILLO, P., A. E.; VILLALBA, G., D. A.; OROZCO H., J.; BENAVIDEZ M., P.; REYES, I. C.; CHAVEZ, B. 1995. Integrated pests' management to control the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*, in Colombia. In: College International Sur le Café, 16. Kyoto. 671- 680 p.
7. BUSTILLO, P., A. E. 2002. El manejo de cafetales y su relación con el control de la broca del café en Colombia. Programa de Investigación Científica CENICAFE (Colombia). Nº 24. 1- 40 p.

8. BUSTILLO, P., A. E.; CARDENAS M., R.; VILLALBA G., D. A.; BENAVIDEZ M., P.; OROZCO H., J.; POSADA F., F. J. 1998. Manejo integrado de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en Colombia. Chinchiná, CENICAFE. 134 p.
9. CALLE, W. 2000. Control biológico de la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferr.) con el parasitoide *Cephalonomia stephanoderis*, liberados en época de inter y post cosecha en cafetales de la colonia Copacabana del Municipio de Caranavi. Proyecto de Desarrollo “Entre Ríos Chijchipani” (Visión Mundial Bolivia). Informe: Documento de trabajo no editado. La Paz, Bolivia. 28 – 60 p.
10. CARBALLO, M.; FALGUNI, G. Y LOPEZ, P, J.A. 2004. Control biológico de plagas agrícolas. 1ª Edición. Managua: CATIE, (Manual técnico/CATIE; N° 53). 232 p.
11. CASTAÑARES, A., C. 1993. Estudio de la patogenicidad y virulencia de cepas del hongo *Beauveria bassiana* sobre la broca del café *Hypothenemus hampei*, Universidad Técnica de Oruro, Facultad de ciencias Agrícolas y Pecuarias. Tesis: Ingeniera Agrónoma (Bolivia). 118 p.
12. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DEL CAFÉ. 1995. Avances técnicos de CENICAFE. Números: 114 al 184. Tomo II. Chinchiná, Caldas, Colombia. 243 – 254 p.
13. COHELA, R. 2009. Efectividad del entomopatógeno *Beauveria bassiana* en el control de la broca del café *Hypothenemus hampei* en condiciones de campo en el Municipio de Caranavi. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. Tesis de Grado (Bolivia). 67 p.
14. CONDORI, R., J. A. 2003. Multiplicación de la avispa *Cephalonomia stephanoderis* (Betrem) en dos sustratos de café pergamino, parasitados a diferentes días de su infestación artificial con la broca *Hypotenemus hampei* (Ferrari). UMSA, Facultad de Agronomía. Tesis de Grado. La Paz, Bolivia. 40 – 62 p.

15. COPA, E., E. 2007. El rol de la familia, en especial de la mujer en la producción, certificación y comercialización del café en Caranavi, Bolivia. Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación, Escuela de Posgrado. Tesis para optar a *Magister Scientiae* en Socioeconomía Ambiental. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 168 p.
16. CORDERO, A., J. D. 1999. Selección de cepas del hongo *Beauveria bassiana* (Balsamo) en laboratorio para el control de la broca del café, en diferentes pisos ecológicos de los yungas de La Paz, Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. Tesis de Grado (Bolivia). 83 p.
17. CUBA, C., N. 2007. Manual para el cultivo del café en Yungas. Universidad Católica Boliviana San Pablo. Unidad Académica Campesina Carmen Pampa. Ingeniería Agronómica. La Paz, Bolivia. 158 p.
18. DELGADO, H., M. 2008. Hongos entomopatógenos para la bioregulación de población de insectos plagas y nematodos. ORIUS BIOTECNOLOGIA. Villavicencio. Colombia. 6 p.
19. DESARROLLO ALTERNATIVO INTEGRAL. 2005. Estudio de identificación, mapeo y análisis competitivo del café en zonas de intervención del desarrollo alternativo. La Paz, Bolivia. 142 p.
20. FEDERACIÓN DE CAFICULTORES EXPORTADORES DE CAFÉ DE BOLIVIA (FECAFEB). 2010. Plan de Desarrollo Cafetalero 2010 – 2015, La Paz Bolivia. 65 p.
21. FIGUEROA, R., FISCHERSWORRING, B. Y ROSSKAMP, R. 1996. Guía para la Caficultura Ecológica, Café orgánico GTZ, Impreso en Talleres de Novella. S.R.L. Lima, Perú. 92 -93 p.

22. FUNDACION PARA EL DESARROLLO TECNOLOGICO AGROPECUARIO Y FORESTAL DEL TROPICO HUMEDO. 2003. Control Biológico de la Broca del Café en los Municipios de Coroico y Caranavi del Departamento de La Paz. Línea Base. La paz, Bolivia. 62 p.
23. FUNDACION PARA EL DESARROLLO TECNOLOGICO AGROPECUARIO Y FORESTAL DEL TROPICO HUMEDO. 2006. Mejoramiento de la calidad y rendimiento de café orgánico en el área de acción de APCERL en el municipio de Teoponte. Área temática: Manejo de recursos naturales, métodos y procesos de transformación. Cadena Agroproductiva: Cadena Café. La paz, Bolivia. 25 p.
24. FLORES, CH., C. R. 2009. Evaluación de patogenicidad de cepas promisorias del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuill. Sobre la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en laboratorio. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. Tesis de Grado. La Paz – Bolivia. 62 p.
25. FOMENTO AL DESARROLLO URBANO Y RURAL, VICEMINISTERIO DE LA COCA Y DESARROLLO INTEGRAL. 2010. Informe Técnico. Recuperación y Fomento de Cafetales en Los Yungas de La Paz. 130 p.
26. GONZALES, G., M.T.; POSADA, F. F.; BUSTILLO, P., A. E. 1993. Desarrollo de un bioensayo para evaluar la patogenicidad de *Beauveria bassiana* sobre *Hypothenemus hampei*. Revista CENICAFE, (Colombia). 44(3): 93-102 p.
27. HENAO, C., J. D.; QUEIROZ, M. R.; ALMEYDA, H., N. M. 2007. Mucilagen residual em café cereja descascado e seus efeitos na qualidade da bebida e na producto de cafés especiais. Universidad Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia agrícola. 134 p.
28. HOLDRIDGE, L. 1987. Ecología basada en zonas de vida. IICA. San José, Costa Rica. 220 p.

29. IMG CONSULTING. 2007. Estudio de identificación, mapeo y análisis competitivo del café en zonas de intervención del desarrollo alternativo. Ministerio de Desarrollo Rural, Agropecuario y Medio Ambiente (MDRAyMA). Ministerio de Planificación del Desarrollo. Convenio de Cooperación del Reino de Bélgica. La Paz, Bolivia. 189 p.
30. KLEIN, K. C. 1986. La broca del café (*Hypothenemus hampei*) Tumbaco, Ecuador. MAG/PSU/INIAP/GTZ. 48 p.
31. LAZO, A., R. R. 1990. Susceptibilidad de la broca del fruto del cafeto *Hypothenemus hampei* al hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* y su tolerancia al oxiclورو de cobre. Turrialba. (Costa Rica). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. 61 p.
32. LÓPEZ, B., C. 2003. Evaluación de la patogenicidad de aislamientos del hongo *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) sobre la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en condiciones de Laboratorio. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. Tesis: Ingeniero Agrónomo. 87 p.
33. LÓPEZ, B., C. 2007. Informe mensual de actividades 06/07. COBIPLA- APCERL. La Paz, Bolivia. 13 p.
34. LÓPEZ, B., C. 2012. Comunicación personal.
35. MAMANI, E. 1998. Manual de multiplicación de la avispa *Cephalonomia stephanoderis* a nivel agricultor. Control Biológico de Plagas "COBIPLA PL-480". H.A.M. de Coroico. 16 p.
36. MAYA, L.; MONCADA, M. 1987. La broca de la cereza del cafeto *Hypothenemus hampei*. Resúmenes analíticos, Federación Nacional de cafeteros de Colombia, CENICAFE, Chinchiná Caldas, Colombia 340 p.

37. MARIN, P. 1994. Evaluación de diferentes medios de cultivo para determinar la germinación del hongo *Beauveria bassiana* producido en formulaciones comerciales. Informe Anual de Labores disciplina de Entomología. CENICAFE. 26 p.
38. MINISTERIO DE DESARROLLO RURAL Y TIERRAS. 2011. Política Nacional del Café. Edición: Unidad de Producción Agropecuaria, Agroforestal y Pesca "UPAAP". 66 p.
39. GOBIERNO MUNICIPAL COROICO. 2007. Cartilla de Difusión: Plan de Desarrollo Municipal Coroico, 2008 – 2012. USAID Del Pueblo de los Estados Unidos de América. La Paz-Bolivia. 14 p.
40. MUNICIPIO DE CARANAVI. 2002. Plan de Desarrollo Municipal (copia electrónica). Caranavi, Bolivia. 215 p.
41. MUNICIPIO DE TEOPONTE. 2006. Plan de Desarrollo Municipal (copia electrónica). Teoponte, Bolivia. 185 p.
42. MUNICIPIO DE IRUPANA. 2006. Plan de Desarrollo Municipal (copia electrónica). Irupana, Bolivia. 205 p.
43. OROZCO, J.; ARISTIZÁBAL, L., F. 1996. Parasitoide de Origen Africano para el Control de la Broca del Café. Avances Técnicos 223, CENICAFE, Chinchina, Caldas, Colombia. 8 p.
44. POMA, L., H. J. 2011. Reproducción masiva de conidias de cepas del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin sobre sustrato natural de arroz, bajo diferentes calidades de grano. Universidad Mayor de San Andrés (UMSA). Tesis de Grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo. La Paz, Bolivia. 63 p.

45. POMACOSI, M., L. M. 2011. Incidencia y severidad de plagas y enfermedades en el cultivo de café *Coffea arabica* y su efecto en la calidad y rendimiento en el Municipio de Teoponte. Universidad Mayor de San Andrés (UMSA). Trabajo Dirigido para optar al título de Ingeniero Agrónomo. La Paz, Bolivia. 65 p.
46. QHANA. 1993. Proyecto Control Biológico de Café. Introducción, Cría, Multiplicación del Parasitoide de la Broca del café *Hyphotenemus hampei*, en la región del los Yungas. Localidad de Irupana, Vivero IBTA.
47. RAMÍREZ, G.Y.; MORA M. 2001. La broca del fruto del café nos amenaza. Boletín Informativo: disponible en línea, <http://www2.tap-ecosur.edu.mx/mip/publicaciones//> Costa Rica: (ICAFE). 70 p.
48. ROGG, H., W. 2000. Manual de Entomología Agrícola de Bolivia. Quito, Ecuador. Ed. ABYA – YALA. 706 p.
49. ROMERO., H. 2012. Comunicación personal.
50. RUIZ, R. 1996. Efecto de la fonología del fruto del café sobre los parámetros de la tabla de vida de la broca del café; *Hypothenemus hampei* (Ferrari). Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Manizales (Colombia), Tesis: Ingeniero Agrónomo. 87 p.
51. SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERIA Y DESARROLLO RURAL (2., 1997 MÉXICO). 1997. Taller de producción masiva de agentes de control microbiano; taller organizado por el Centro Nacional de Referencia de Control Biológico, Sociedad Mexicana de Control Biológico. Tecoman. 98 p.
52. SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA. 2012. Datos climáticos: Estación Irupana, Incapampa (Coroico), Caranavi y Guanay. La Paz.

53. SILVEIRA, G., M.; DIONEI, G., A. 2008. Manejo Integrado de Plagas. Universidad Federal de Pelotas – UFPEL, Brasil/ Centro Internacional de Semillas – PROSEMILLAS, Bolivia. Santa Cruz, Bolivia. 56 p.
54. SIRPA, R., G. 1999. Comparación de métodos de cría de la avispa de Togo (*Cephalonomia stephanoderis*) parasitoide de la broca del café (*Hypothenemus hampei*). Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), Facultad de Agronomía. Tesis de Grado. La Paz, Bolivia. 50 a 60 p.
55. SOCIEDAD MEXICANA DE CONTROL BIOLÓGICO. 1995. Memorias. VI Curso Nacional de Control Biológico. México Ed. Colegio de la Frontera Sur ECOSUR. 219 p.
56. TOVAR, P., N. 1998. Boletín N°. 1. Empleo de hongos entomopatógenos en el control biológico de la broca del café. Control Biológico de Plagas “COBIPLA PL-480”. Servicio Departamental Agropecuario SEDAG – LP. pp 18.
57. YUCRA, I., M. 2000. Cría y Liberación Controlada del Parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethylinidae) para la Regulación Poblacional de la Broca del café *Hypothenemus hampei* en los Yungas de La Paz. Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), Facultad de Agronomía. Tesis de Grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo. La Paz, Bolivia. 117 p.
58. ZABALETA, P. 1998. Evaluación de la interacción biológica entre los enemigos naturales *Beuveria bassiana* y *Cephalonomia stephanoderis* de la broca del café, *Hypothenemus hampei* en cafetos de Coroico. Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), Facultad de Agronomía. Tesis de Grado. La Paz, Bolivia. 11 – 13 p.
59. ZEBALLOS, H. 1996. Informe: Documentos de Trabajo. Exportaciones no Tradicionales. Evolución y perspectivas. Instituto De Investigaciones Sociales ILDIS, La Paz. pp. 32 –37.

ANEXOS

Anexo 1. Organizaciones afiliadas a la FECAFEB.

Nº	SIGLA	ORGANIZACIÓN
C O R A C A S		
1	CORACA CRC	Corporación Agropecuaria Campesina Carrasco La Reserva
2	CORACA CHULUMANI	Corporación Agropecuaria Campesina Chulumani
3	CORACA RI	Corporación Agropecuaria Campesina Regional Irupana
A S O C I A C I O N E S		
4	CENAPROC	Central Asociados Productores de Café
5	ASOCAFE	Asociación de Productores de Café Taypiplaya
6	UNION PROAGRO	Unión de Productores Agropecuarios
7	AIPAC-AB	Asociación Integral de Productores Agropecuarios Cascada - Alto Beni
8	APROCAFE	Asociación de Productores de Café
9	APCERL	Asociación de Productores de Café Ecológico Regional Larecaja
10	APCA-APOLO	Asociación de Productores de Café de Apolo
11	AECAR	Asociación Ecológica de Caficultores del Rosario
12	AIPRACC	Asociación Integral de Productores Ecológicos Central Caranavi
13	ARPEA ASUNTA	Asociación Regional de Productores Ecológicos La Asunta
14	ACOPCCA	Asociación Cooperativas de Café Coripata
C O O P E R A T I V A S		
15	CELCCAR	Central Local Cooperativas Agropecuarias Caranavi Ltda.
16	ANTOFAGASTA	Cooperativa Integral Agropecuaria Antofagasta Ltda.
17	ALTO SAJAMA	Cooperativa de comercialización y Servicios Alto Sajama
18	VILLA ORIENTE	Cooperativa Agrícola Villa Oriente
19	SAN JUAN	Cooperativa Agropecuaria Cafetalera San Juan Ltda.
20	COAINE	Cooperativa Agropecuaria Integral Nor Este
21	CIANA	Cooperativa Integral Agropecuaria Nueva Alianza
22	MEJILLONES	Cooperativa Agropecuaria Mejillones
23	ILLAMPU	Cooperativa Corpus Christi
24	CENCOOP	Central de Cooperativas Cafetaleras Nor Yungas
25	AIPEP	Asociación de Productores Ecológicos de Pumiri
26	CIAPEC	Central Integral Agrícola de Productores Ecológicos Ltda.
27	COACS	Cooperativa Agropecuaria de Comercialización 2 de Septiembre Ltda.
28	PASYBOL	Productores Agroecológicos Subtropical-Yungas Bolivia
29	PROCASY	Asociación de Productores de Café Sostenible
30	AGROCAM	Asociación Agropecuario Calama
31	SUMAJ CAFÉ	Asociación Sumaj Café
32	COOP. SAN IGNACIO	Cooperativa San Ignacio
33	APAIC	Asociación de Productores Agropecuarios Integral de Café
34	CAIM – Moscovia	Cooperativa Agropecuaria Integral Moscovia Ltda.
35	CECOASY Chulumani	Central de Cooperativas Sud Yungas
36	Coop. Villa Montes	Cooperativa Villa Montes Caranavi

Fuente: FECAFEB (2010).

Anexo 2. Instituciones involucradas en el eslabón de Producción.

Institución	2000 – 2009		2010
	Objetivo	Acciones	
Programa Khory	Reactivación económica a través de cafés especiales	Trabajó con 32 comunidades con asistencia técnica en la cosecha (Coroico)	
USAID-MAPA Yungas	Apoyo en los rubros de cafés especiales.	Capacitación y asistencia técnica en conformación del desarrollo de negocios en la cadena de café.	Concluyó su financiamiento el 2005
CARITAS	Trabajar con mujeres en formación Político social, promoción a la mujer, y en producción agropecuaria	Trabajos en la zona de los Yungas de La Paz en la instalación viveros forestales con café	El proyecto pasó a otras peticiones, con otras finalidades
CICDA/ACRA	Fortalecimiento organizacional, asesoramiento en administración, contabilidad y comercialización en café	Trabajó con Organizaciones Cafetaleras de FECAFEB.	
ONG ACDI - VOCA	Desarrolla Proyectos de Provisión de Infraestructura Social y Productiva a Microempresa	Organización de apoyo integral ejecutora del Fondo Comunitario de Desarrollo. Integral de Los Yungas y El Chapare	
Proyecto ARCO	Planes de negocios con representantes de las organizaciones cafetaleras en Municipio de Caranavi	Implementación de viveros, poda de renovación cafetales viejos, nueva superficie chaqueo ecológico y etc.	
FECAFEB – Proyecto ARCO	Apoyo a la productividad del café en Municipio de Caranavi	Implementación de plantaciones nuevas y renovación de cafetales	
Proyecto Schmitz	Brindar y fortalecer la asistencia técnica para una producción integral y promover agricultura ecológica	Implementación de viveros SAF, elaboración de biofertilizantes orgánicos, instalación de lombricarios implementación de parcelas SAF renovación de cafetales y chaqueo ecológico	Continuidad en fortalecer, apoyar, ofrecer seguimiento con la producción de una caficultor
FDTA Fundación Trópico Húmedo	Apoyo en el ámbito de mejoramiento de cadenas productivas de café en eslabones de producción.	Generación de información para el manejo de recursos naturales en las zonas cafetaleras.	
Proyecto Oscar	Apoyo Asistencia Técnica e implementación de sistemas agroforestales que incorporan café.	Mejoramiento de la capacidad de los agricultores, convirtiendo su agricultura de subsistencia a una agricultura comercial	
FDH Belga	Asesoría técnica y capital a	Prestó servicios a las	

	productoras de café en la región de Coroico	familias productoras, en producción, café y otros, preservando la biodiversidad y el medio ambiente	
Proyecto FAO - I79	Proyecto de Apoyo al desarrollo de Café y en Agroforestería	Inició en Octubre de 2005 en reemplazo del proyecto C-23	
GTZ - DED	Apoyo a la FECAFEB desde 1998, con recursos de la GTZ - DED	Proyecto de apoyo a FECAFEB con asesoramiento a las organizaciones económicas.	
JICA - CEPAC	Apoyo en la promoción de alternativas tecnológicas del cultivo de café	Mejoramiento de ingresos en OCAFESY (Organización de Cafetalera Sur Yapacani) en el municipio Prv. Ichilo, Santa Cruz	JICA empezó en 2004 para 5 años en provincia Ichilo, Santa Cruz.
FONADAL	Apoyo en fortalecimiento institucional y desarrollo social en municipios de los Yungas de La Paz y la Reducción de la pobreza y la inclusión social.	Incrementar la capacidad institucional del Fonadal y sus socios estratégicos para diseñar y ejecutar una política de desarrollo alternativo y sostenible con participación social	
INIAF	Apoyo en las certificaciones de semillas de café bajo convenio INIAF y FECAFEB	El convenio se realizó el año 2009 para la certificación de semillas	El convenio continua hasta la fecha
SERNAP – BPIAB KFW	Promover una optimización en el manejo, uso y aprovechamiento sostenible de 4 áreas protegidas bolivianas, relacionado al café, con fondos BIAP	Realizó Proyectos para Café Ecológico con las organizaciones cafetaleras del parque Madidi.	El proyecto continua hasta la fecha
Ayuda en acción	Mejorar la calidad de la intervención territorial con una sistematización, considerando la particularidad ecológica, socioeconómica del área	Apoyo a proyectos relacionados a la producción ecológica del café en diferentes municipios del departamento de La Paz.	
QHANA	Apoyo en producción, certificación y comercialización del café	Alternativas agroecológicas en el cultivo del café de Irupana (localidad de los yungas bolivianos)	
Proyecto MOJSA	Apoyo a la Producción y comercialización de café de calidad en Caranavi.	Realizó tareas de asesoramiento a los caficultores en el sector de la provincia Caranavi	Concluyó su financiamiento el año 2005.
Gobiernos Municipales	Apoyo en asistencia técnica en proyectos forestales y agrarios a través de la UPM	Manejo y control de los recursos naturales en las regiones	

Fuente: FECAFEB (2010).

Anexo 3. Instituciones involucradas en el eslabón de Transformación.

Institución	2000 -2008		2009 Continuidad
	Objetivo	Acciones	
USAID – Proyecto MAPA - Yungas	Coadyuvo en ofrecer alternativas viables, a largo plazo, al cultivo de la coca" en la región de Yungas	Mejoramiento de la calidad a través del control total de calidad en la planta procesadora, con la venta del café a los procesadores cuando las cerezas están maduras; y procesadas en los Yungas llevándolas a su nivel final de humedad propio para el mercado antes de ser transportados.	No hay continuidad
ONG ACDI-VOCA	Promueve el crecimiento económico general y el desarrollo de la sociedad civil en democracias emergentes y países en desarrollo.	Intervención en los Yungas de La Paz, ofreciendo una variedad completa de servicios de asistencia técnica en Agronegocios.	Actualmente trabaja en temas productivos
Centro de Educación Popular Qhana	Apoyo a las organizaciones socioeconómicas en el desarrollo de todos los sistemas de producción, con la finalidad de hacerlas económicamente productivas, socialmente equitativas y ambientalmente viables.	Desarrollo de capacidades y destrezas en transformación y comercialización Dentro del "Programa de Desarrollo Yungas 2000" se obtuvo marcados logros respecto a la producción, transformación y comercialización de café, fortaleciendo a las organizaciones económicas campesinas de la región de Irupana y Chulumani, (CORACA IR y CORACA Chulumani).	Actualmente se está promoviendo la Agricultura Sostenible con la implementación de metodologías participativas
Cooperación alemana GTZ-DED	Proyecto de apoyo a la FECAFEB con asistencia técnica en la producción en el cultivo del café	Apoyo a pequeños y medianos productores en el fomento de productos comerciales (café), trabajando en base a la cadena de valor agrícola y fomento a cooperativas de productores en la certificación.	
FONADAL	Reducir el nivel de conflictos sociales en Bolivia, especialmente en el área de los Yungas, como una contribución a la	Apoya a proyectos de desarrollo recursos naturales, en municipios de los Yungas de La Paz y Trópico de Cochabamba.	

	reducción de la pobreza y la inclusión social.		
CPTS (Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles)	Promover el concepto y las prácticas de PML en los sectores productivos y de servicios de la economía boliviana con una mayor productividad y rentabilidad con producción más limpia.	Eliminación de los lixiviados de la pulpa del café por efecto de las aguas mieles y reducción de materia orgánica y eliminación de residuos de pulpa en las aguas mieles a ser tratadas en la Planta de beneficiado del CIACNEN	
SOS FAIM	Apoyo o las iniciativas económicas y a las organizaciones de asociaciones de productores rurales de Perú y Bolivia	Apoyo con fondos financieros para las organizaciones afiliadas a la FECAFEB a través del brazo económico de este (FINCAFE) para el mejoramiento de la cadena de valor de café.	En continuación
Veterinarios sin Frontera - Embajada Británica	Mejora de la productividad de las explotaciones agrarias y animales para que los campesinos/as puedan rentabilizar mejor su trabajo.	Instalación de una planta de pre beneficiado para la Asociación Integral de Productores Agropecuarios de La Cascada Alto Beni (AIPAC – AB), Esta infraestructura fue llevada adelante con el apoyo del Proyecto Pílon Lajas.	
Jatun Sach'a,	Ofrecer a las familias campesinas alternativas al cultivo de coca y la agricultura de subsistencia.	Construcción y equipamiento de la planta de pre beneficiado En la comunidad Santa Fe, a cargo de la organización SUMAJ CAFÉ, con una capacidad instalada es de 300 qq por día.	
UNION EUROPEA BELGA- FDH	Proyecto palliris	Mejorar la calidad de vida, condiciones de trabajo y asistencia técnica en derecho laboral y salud ocupacional de las señoras seleccionadoras de café.	En proceso de implementación

Fuente: FECAFEB (2010).

Anexo 4. Instituciones involucradas en el eslabón de Comercialización.

Institución	2000 – 2009	
	Objetivo	Alcance
CONSORCIO CICDA-ACRA	Proyecto PROCAFE, una estrategia para fomentar el proceso de centralización de las actividades de las COOPERATIVAS.	Asistencia técnica y comercialización y crédito a través de la FECAFEB
CICDA	Apoyo en aspectos económico - productivos y de comercialización del café. Fortaleciendo canales de comercialización directa entre productores y el comercio norteamericano y europeo, con productos de calidad	Brindo asistencia técnica y capacitación en temas crediticios, apoyando a la conformación de servicios cafetaleros como, FINCAFE.
CONSORCIO CICDA-ACRA	FORCAFE (2002 al 2005), capacitación y asesoramiento a las organizaciones en: administración, cooperativismo, comercialización, créditos, políticas agrícolas y proyectos de diversificación.	Capacitación en a OECA´s temas administración, comercialización y políticas agrícolas afiliados a FECAFEB Y FINCAFE
Proyecto MOJSA	Apoyo a la Producción y mercadeo de café de calidad en Caranavi.	Implementación nuevas plantaciones y apertura de mercados para café especial
VSF-CICDA Agrónomos &Veterinarios sin Fronteras	Estudio de impacto del Comercio Justo sobre las organizaciones y familias campesinas y sus territorios en la cadena productiva del café en los Yungas de Bolivia, año 2005	Capacitación, en políticas y criterios del Comercio Justo a los productores de café orgánico.
FUNDACION AYUDA EN ACCION	Mejora de la competitividad de la cadena de valor del café, con responsabilidad social y solidaria	Mejorar la gestión, producción y comercialización de café en las OECA´s en 4 municipios de La paz.
PROYECTO MAPA	Apoyo y Mejoramiento en manejo de post-cosecha para una eficiente comercialización de cafés especiales	Asistencia técnica en control y calidad de beneficio húmedo y seco.
FUNDACION NUEVO NORTE	Fortaleciendo el café de calidad en el departamento de La Paz	Apoyar la producción y mercadeo de Café de Calidad para permitir a los caficultores, mejorar sus ingresos.
Proyecto ARCo – FECAFEB	(FECAFEB), que reúne a más de 35 organizaciones productoras de café.	Mejorar la productividad y ampliar la producción y mercadeo de cafés especiales (gourmet) en Los Yungas.
PROYECTO AGRITERRA	Apoyo en gestión y administración para mejorar los servicios comerciales para los afiliados a la FECAFEB	Mejorar el sistema contable con un Software, y centralización de información de gestión administrativa
Taza de Excelencia FECAFEB ARCo	Consolidar la imagen del Café Boliviano, programa cafés Especiales de Bolivia.	Reconocimiento de la Calidad del Café de los Yungas y otras zonas en Bolivia.
FINCAFE	Créditos para la comercialización y acopio de café.	Apoyo en crédito y financiamiento a los productores COOP. CORACAS y OECAs afiliadas.
BANCO DE DESARROLLO PRODUCTIVO	Otorgar créditos a pequeños productores para que estos generen fuentes de empleo.	Transformación producción y comercialización.
UNION EUROPEA BELGA- FDH	Proyecto palliris	Mejorar la calidad de vida, condiciones de trabajo y asistencia técnica en derecho laboral y salud ocupacional de las señoras seleccionadoras de café.

Fuente: FECAFEB (2010).

Anexo 5. Índice de producción de café en las Colonias de APCERL.

Colonia	Tipo de producción	Hectáreas	% de productores
Illimani	Grande	5	7
	mediano	3	68
	pequeño	1	25
Sorata	Grande	8	13
	mediano	3 a 5	77
	pequeño	1	10
Unión Cordillera	Grande	7	46
	mediano	6	28
	pequeño	5	27
San Julián	Grande	7	9
	mediano	3 a 4	78
	pequeño	1	13
Chuchuca Esperanza	Grande	12	10,5
	mediano	5 a 6	74,5
	pequeño	1	15
Espíritu Santo	Grande	9	19
	mediano	3 a 6	66
	pequeño	2	15
Trinidad	Grande	9	20
	mediano	5 a 6	42,5
	pequeño	3	37,5
Villa Aroma	Grande	5	15
	mediano	2 a 3	25,0
	pequeño	0,75	60,0

Fuente: FDTA-TH (2007).

Anexo 6. Planilla de evaluación de Incidencia de *H. hampei* y su control con *B. bassiana*.

Planilla de evaluación de campo						
Datos Generales:						
Departamento:			Provincia:			
Municipio:			Colonia:			
Asociación:			Nombre ECA:			
Datos del Cafetal:			Labores Culturales Realizadas:			
Nombre del Propietario:			Limpieza:			
Superficie:			Cosecha:			
Altitud:			Ch'ajmeo:			
Pendiente:			P'illu:			
Coordenadas: X: Y:			Poda de Sombra:			
Variedad del Café:			Fertilización:			
Edad del Cafetal:			Otras labores:			
Fecha 1ra. Floración:			Fecha Aspersión:			
Fecha de Evaluación:			Evaluador:			
Rendimiento Gestión anterior						
Certificación orgánica:			SI	NO	Trans.1	Trans.2
N° Planta	N° Frutos Totales	N° Frutos Brocados	% Infestación Broca	N° Frutos brocados c/hongo	N° Frutos brocados s/hongo	% Eficiencia hongo
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
% de Eficiencia del Hongo en el Cafetal:						
Observaciones:						

Fuente: FDTA-TH (2007).

Anexo 7. Formulas de Incidencia y control de la plaga broca con biocontroladores.

Infestación en Campo

$$\text{IC} = \frac{\text{N}^\circ \text{ Total de Frutos Brocados (FB)}}{\text{N}^\circ \text{ Total de Frutos (FT)}} \times 100$$

Efectividad del hongo

$$\text{EH} = \frac{\text{N}^\circ \text{ Total de Frutos Brocados con Hongo (BH)}}{\text{N}^\circ \text{ Total de Frutos Brocados (FB)}} \times 100$$

Efectividad de aplicación

$$\text{EA} = \frac{\text{N}^\circ \text{ Total de Hojas Enfermas Controladas (HEC)}}{\text{N}^\circ \text{ Total de Hojas Enfermas (THE)}} \times 100$$

Porcentaje de eficiencia del parasitoide

$$\%EP = \frac{(x - y)}{X} \times 100$$

Donde:

- %EP = Porcentaje de eficiencia del parasitoide
- X = N° de brocas vivas en parcela sin parasitoides
- Y = N° de brocas vivas en parcela con parasitoides

Anexo 8. Relación de niveles de infestación en campo y café pergamino seco.

Infestación en campo (IC)	Infestación en café pergamino seco (ICPS)
1,4	0,4
6,2	1,6
11,4	5,7
12,1	6,6
18,5	9,9
25	10,7
37,1	14,0
41,7	22,2
41,7	26,1
41,7	28,6
41,7	29,3
41,7	32,2
63,4	38,8
63,4	41,5
63,4	46,6
63,4	46,9

Fuente: Alzate (1993); citado por Bustillo *et al* (1998).

Anexo 9. Parasitación de la broca post liberación de la avispa, durante la inter cosecha.

Días	Nº de brocas				Nº avispas	% de eficiencia parasitoide	% Mortandad de brocas		
	Vivas - T	Vivas	Muertas	L - Parasit.			Adultos	Parasitados	Total
25	600	260	18,3	6,8	28	56,7	19,7	14,1	33,9
35	610	270	14,5	13,8	55	55,7	11,9	18,4	30,3
55	740	347	10,8	9,5	38	53,1	6,1	14,5	20,5
65	800	469	30,3	3,3	16	41,4	11,4	4,8	16,1
90	650	318	11,8	5,8	25	51,0	8,2	11,0	19,2
Total					162				
Prom.						51,6	11,4	12,6	24,6

Fuente: Propia (2000); (50 frutos de café brocados; 5 observaciones).

Anexo 10. Parasitación de la broca post liberación de la avispa, durante la post cosecha.

Días	Nº de brocas				Nº avispas	% de eficiencia parasitoide	% Mortandad de brocas		
	Vivas - T	Vivas	Muertas	L - Parasit.			Adultos	Parasitados	Total
65	1285	383	18,3	11,5	48	70,2	15,8	12,3	28,1
55	1180	270	14,5	7,3	31	77,1	10,3	8,4	18,7
90	1185	347	10,8	6,75	27	70,7	7,6	19,3	97,6
Total					106				
Prom.						72,7	11,2	13,4	24,6

Fuente: Propia (2000); (50 frutos de café brocados; 5 observaciones).



Fuente: Fotografías de COBIPLA/PL – 480 (1998).

Anexo 11. Equipos y materiales de producción de entomopatógenos en laboratorio central: a) Cámara de incubación; b) Cepario del hongo; c) Microscopio electrónico; d) Cámara de flujo laminar; e) Cajas petri con cepas madre.



Fuente: Fotografías de COBIPLA/PL – 480 (1998) y FDTA – TH (2005).

Anexo 12. Laboratorios comunales en Coroico y Caranavi implementados con el proyecto COBIPLA/PL – 480.

Anexo 13. Evaluación del porcentaje de incidencia de *H. hampei* en campo, antes y después de 90 días de liberación de *C. stephanoderis*. En inter y post cosecha de café.

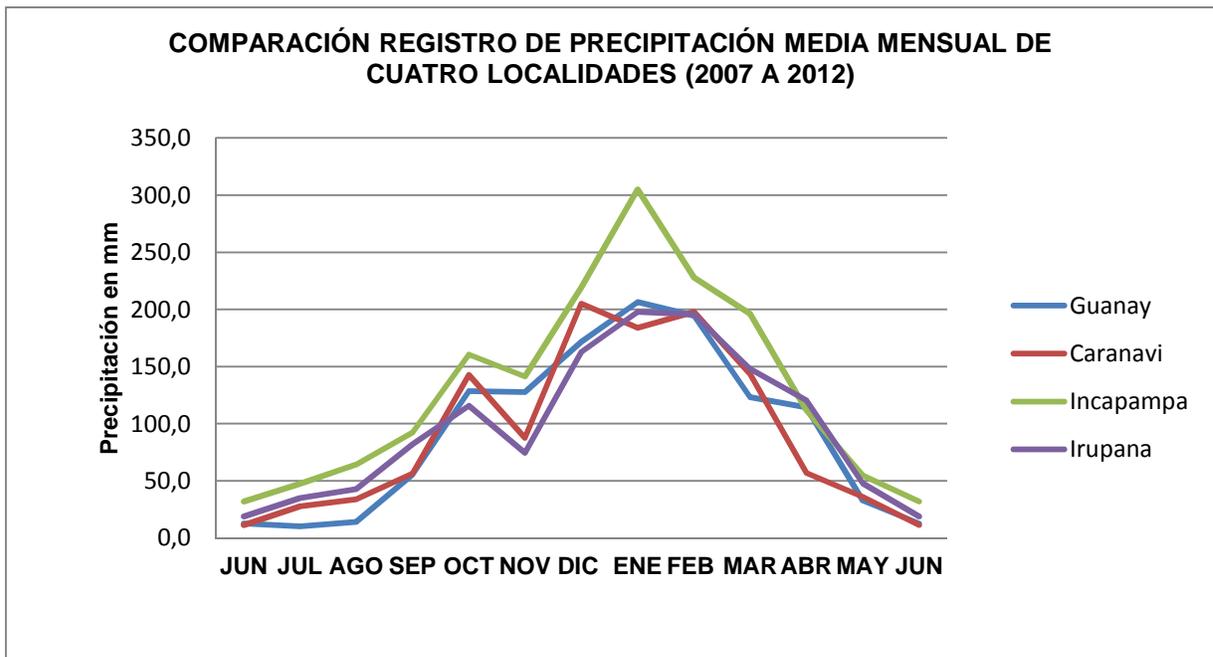
Época	Fecha	Frutos sanos (%)	Frutos brocados (%)	F. Broc. y B.bassiana (%)
Antes	3/6/99	54,6	42,1	3,6
Antes	5/11/99	12,9	85,4	1,7
Después	5/10/99	63,2	34,9	1,9
Después	10/12/99	33,9	64,3	1,8

Fuente: Elaboración propia, Colonia Virgen de Copacabana (2000).



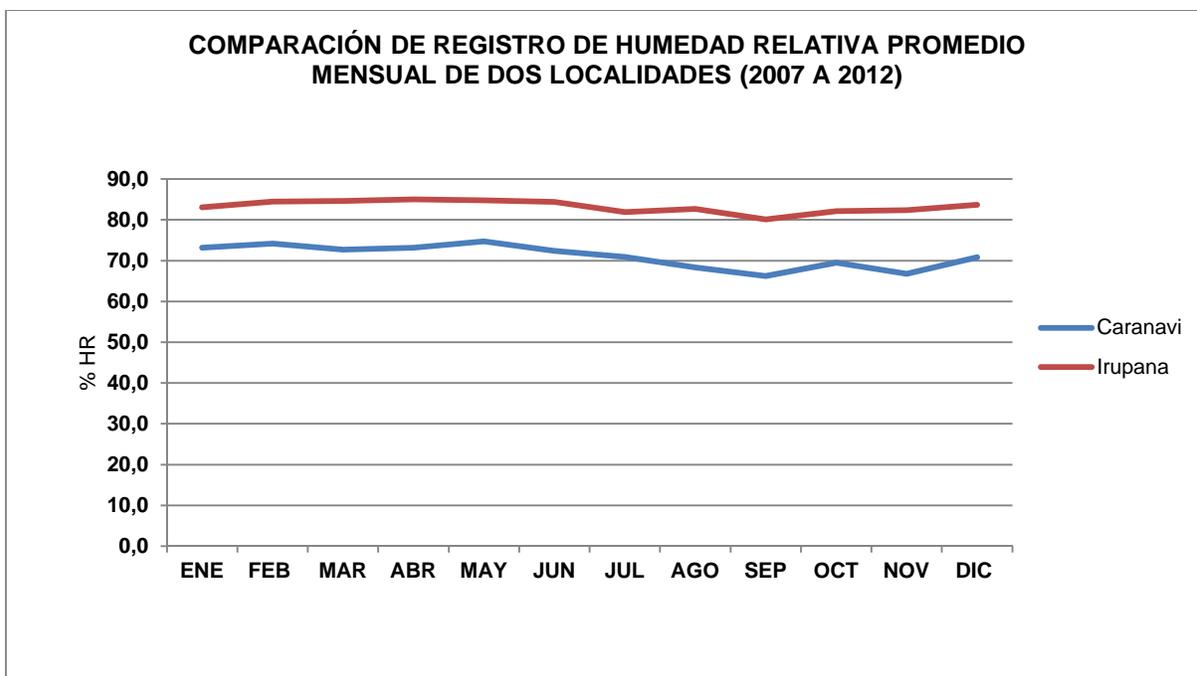
Fuente: Fotografías propias, Colonia Virgen de Copacabana (2000).

Anexo 14. Oviposición dorso lateral y ventral, del parasitoide sobre larva de la broca del café.



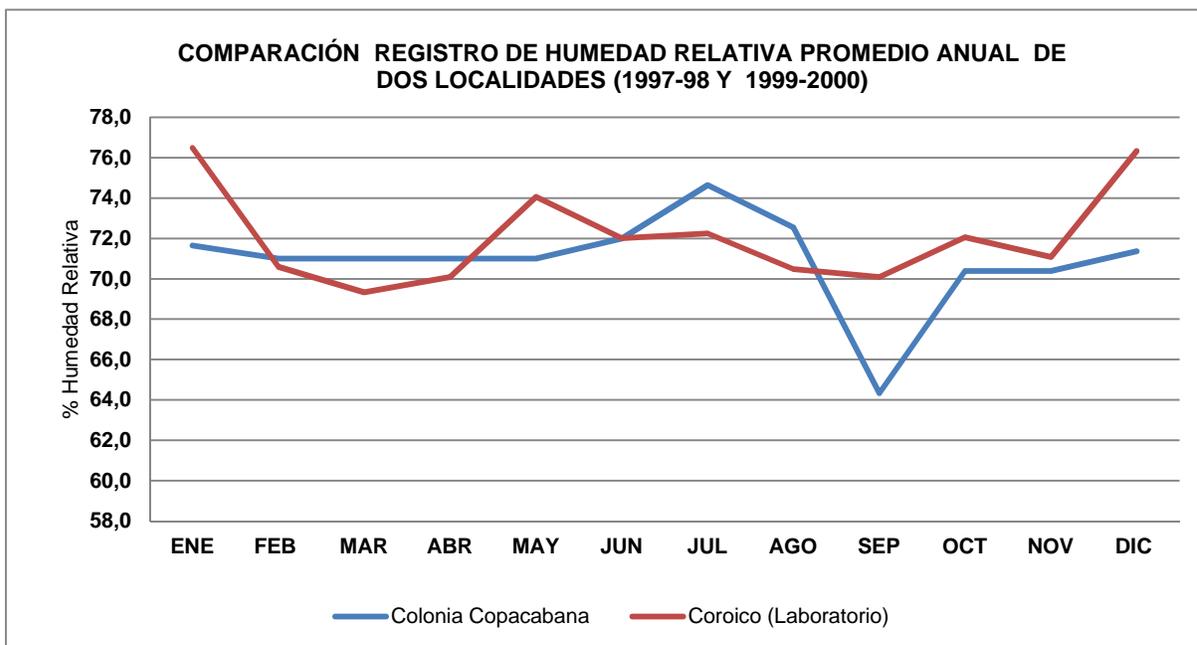
FUENTE: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI, 2012

Anexo 15. Relación de precipitaciones en milímetros (mm) media anual de seis años



FUENTE: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI, 2012

Anexo 16. Relación comparativa de humedad relativa, promedio de dos localidades.



FUENTE: Elaboración propia, COBIPLA PL-480, Colonia Virgen de Copacabana (2000)

Anexo 17. Relación comparativa del % de humedad relativa de dos localidades.

