

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN
Y ENSEÑANZA
(CATIE)

PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA
CONSERVACIÓN

EVALUACIÓN DE TRAMPAS DE PSEUDOTALLOS Y
FORMULACIONES DE *Beauveria bassiana* (Bals) EN EL
COMBATE DEL PICUDO DEL PLÁTANO *Cosmopolites*
sordidus (Germar) EN COSTA RICA.

Tesis sometida a la consideración del Comité Técnico Académico de
Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos
Naturales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza,
para optar al grado de:

Magister Scientiae

Por

Toribio Contreras Ramón



Turrialba, Costa Rica
1996

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por la Jefatura del Área de Postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

FIRMANTES:

Manuel Carballo V

Manuel Carballo V, M.Sc.
Profesor Consejero

Elkin Bustamante

Elkin Bustamante, Ph. D.
Miembro Comité Asesor

Eduardo Hidalgo J.

Eduardo Hidalgo J, M.Sc.
Miembro Comité Asesor

Roberto González Q.

Roberto González, M.Sc.
Miembro Comité Asesor

Juan A. Aguirre

Juan A. Aguirre, Ph.D.
Jefe, Área de Postgrado

Pedro Ferreira

Pedro Ferreira, Ph.D.
Director, Programa de Enseñanza

Toribio Contreras Ramón

Toribio Contreras Ramón
Candidato

DEDICATORIA.

A mis padres: Antoliana Ramón y Elpidio Contreras R.

A mis hermanos : Eladia, Francisca, Demetrio, Lucia, Vicente y Criseyda.

A mis sobrinos: Miguelín, Alexis, Nancy Esmeralda, Araseidy, Clary luz, Gissaira, Luz Mariel y José Francisco.

A Johan y la inolvidable Sandra, quienes al igual que mis padres, hermanos y sobrinos han motivado mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Estados de Agricultura, Departamento de Café, República Dominicana, por permitirme ingresar al Programa de Estudios de Maestría.

Al Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), por el apoyo económico brindado para la realización de dichos estudios.

A los Doctores Elkin Bustamante y Juan A. Aguirre, quienes siempre tuvieron a mi lado en los momentos difíciles en mi estadía en CATIE.

A mi profesor consejero, Manuel Carballo V, M.Sc. por su estímulo, gran dedicación y apoyo moral durante el transcurso del estudio y realización del presente trabajo.

A los miembros del Comité Asesor, Elkin Bustamante, Ph.D. Roberto González, M.Sc. Eduardo Hidalgo, M.Sc. por su apoyo moral, consejos y tiempo dedicado en la revisión de éste trabajo.

A la Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda (EARTH), por brindarme la oportunidad de realizar el trabajo de campo en su plantación.

Al profesor Edgar Alvarado por su gran apoyo durante todo el desarrollo del trabajo de campo.

A los compañeros de trabajo del Departamento de Café, República Dominicana, por ser solidarios.

Al equipo de secretarías del área de Manejo Integrado de plagas, por su apoyo y amabilidad

A mis amigas Modesta Adames, Carmen Luisa Santana y Martha Corina , quienes tuvieron la habilidad de orientarme en el momento oportuno.

A Yudis Heredia con quien compartí habitación por un período de dos años

A mis amigos de promoción, especialmente, Carla, Francisco, Justino, Mario y Sergio, quienes me ofrecieron todo a cambio de nada.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|----------|
| DEDICATORIA..... | i |
| AGRADECIMIENTOS..... | iv |
| RESUMEN..... | x |
| SUMMARY | xi |
| 1.INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1 Objetivo general..... | 3 |
| 1.2 Objetivos específicos..... | 3 |
| 1.3 Hipótesis..... | 3 |
| 2. REVISIÓN DE LITERATURA..... | 4 |
| 2.1 Importancia y problemática del cultivo del plátano..... | 4 |
| 2.2 Origen y Dispersión de <i>C. sordidus</i>..... | 5 |
| 2.3 Hábitos y Biología de <i>C. sordidus</i>..... | 6 |
| 2.3.1 Huevos..... | 6 |
| 2.3.2 Larva..... | 7 |
| 2.3.3 Pupa..... | 7 |
| 2.3.4 Adulto..... | 8 |
| 2.4 Daños e importancia de <i>C. sordidus</i>..... | 9 |
| 2.4.1 Métodos para evaluar poblaciones de <i>C. sordidus</i> | 10 |

| | |
|--|-----------|
| 2.5 Combate cultural de <i>C. soráidus</i> | 11 |
| 2.6 Combate químico de <i>C. sordidus</i> | 14 |
| 2.7 Combate Biológico y Microbiano de <i>C. sordidus</i> | 14 |
| 2.8 Generalidades y modo de acción de los hongos entomopatógenos. | 17 |
| 2.9 Sistemática y características de <i>B. bassiana</i> | 18 |
| 2.10 Patogenicidad de <i>B. bassiana</i> | 19 |
| 2.11 Formulación..... | 20 |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 22 |
| 3.1 Descripción del área experimental..... | 22 |
| 3.1.2 Factores estudiados..... | 22 |
| 3.1.2.1 Tipos de trampa..... | 22 |
| 3.1.2.2 Formulaciones..... | 23 |
| 3.1.3 Diseño experimental..... | 23 |
| 3.2 Manejo del experimento..... | 24 |
| 3.2.1 Reproducción de <i>B. bassiana</i> | 24 |
| 3.2.2 Preparación de las formulaciones de <i>B. bassiana</i> | 24 |
| 3.2.3 Momento, frecuencia y forma de aplicar el hongo..... | 25 |
| 3.3 Registro de la información..... | 25 |
| 3.3.1 Conteo de adultos de picudo..... | 25 |
| 3.3.2 Evaluación de mortalidad..... | 25 |
| 3.3.3 Evaluación al cultivo..... | 26 |
| 3.4 Análisis de la información..... | 26 |

| | |
|---|-----------|
| 3.5 Descripción del experimento de laboratorio..... | 26 |
| 3.5.1 Organismos utilizados en el experimento..... | 27 |
| 3.5.2 Variables evaluadas..... | 27 |
| 3.5.2.1 Rendimiento y viabilidad de conidios | 27 |
| 3.5.2.2 Virulencia de los aislamientos de <i>Beauveria spp.</i> | 28 |
| 3.5.3 Diseño experimental y análisis estadístico..... | 29 |
| 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 31 |
| 4.1 Experimento de campo..... | 31 |
| 4.1.1 Distribución poblacional..... | 31 |
| 4.1.1.1 Efecto del tipo de trampa..... | 31 |
| 4.1.1.2 Comportamiento de la precipitación y su relación con la distribución poblacional..... | 35 |
| 4.1.1.3 Efecto de los tratamientos de formulación de <i>B. bassiana</i> sobre la población total de <i>C. sordidus</i> | 36 |
| 4.1.1.4 Efecto del tipo de trampa sobre la mortalidad de <i>C. sordidus</i> | 38 |
| En este cuadro se observa que el hongo mata más insectos en la trampa de disco, debido a que es ahí donde se captura más insectos lo que indica la importancia del tipo de trampa para mejorar la efectividad de <i>B. bassiana</i> | 39 |
| 4.1.1.5 Efecto de la formulación sobre la mortalidad de <i>C. sordidus</i> | 39 |
| 4.1.1.6 Nivel de infestación del corno por larvas de <i>C. sordidus</i> versus número promedio de captura de adultos..... | 41 |
| 4.2 Experimento de laboratorio..... | 43 |
| 4.2.1 Características de los aislamientos en cuanto a producción masiva..... | 44 |
| 4.2.1.1 Conidios producidos por gramo de polvo y gramo de arroz..... | 44 |
| 4.2.1.2 Viabilidad de conidios de <i>B. bassiana</i> | 45 |

| | |
|---|-----------|
| 4.2.2 Efecto de los aislamientos sobre <i>C. sordidus</i> | 46 |
| 4.2.2.1 Porcentaje de mortalidad | 46 |
| 4.2.2.2 Tiempo letal medio (TL ₅₀) | 47 |
| 4.2.2.3 Producción de conidios por insectos muertos en el laboratorio. | 51 |
| 5. CONCLUSIONES..... | 53 |
| 6. RECOMENDACIONES | 54 |
| 7. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA..... | 55 |

Contreras R, T. 1996. Evaluación de trampas de pseudotallos y formulaciones de *Beauveria bassiana* (Bals.) en el combate del picudo del plátano *Cosmopolites sordidus* (Germar.) en Costa Rica. Tesis Mag. Sci. Turrialba, CATIE.

Palabras claves: Trampa de pseudotallo, *Cosmopolites sordidus*, *Beauveria bassiana*, conidio, formulación, mortalidad, TL₅₀.

RESUMEN

Generalmente, los métodos químicos y mecánicos empleados para combatir la plaga conocida como picudo negro del plátano, *Cosmopolites sordidus*, son demasiado costosos, difíciles de aplicar e ineficientes, debido a que el insecto pasa la mayor parte de su vida oculto en los rizomas o en los residuos de la cosecha.

Con miras a contribuir en la disminución de esta problemática, se evaluó la capacidad de atracción de adultos de picudos de dos tipos de trampas y su bondad como medio para aplicar el hongo *B. bassiana* (aislamiento 113); así como el efecto de dos formulaciones del hongo en el manejo de *C. sordidus*. Se usó un diseño de parcelas divididas con distribución en bloques al azar con dos tipos de trampa como parcela principal y tres tratamientos de formulación como subparcela, para un total de seis tratamientos por efecto de la combinación de ambos factores. En la prueba de laboratorio se evaluó la virulencia y otras características de cinco aislamientos de *B. bassiana* a saber, RL-9, 9006, 9205, 9218, 113, y un testigo que no incluyó el hongo.

El trabajo de campo se efectuó en la finca productora de plátano de la Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda (EARTH), vertiente Atlántica de Costa Rica.

Se encontró diferencias estadísticas en captura de adultos entre los tipos de trampas, siendo la trampa tipo disco de cepa la mejor, con eficiencia de captura del 78%.

La mortalidad de *C. sordidus*, presentó diferencias estadísticas por efecto de las formulaciones. En los insectos recolectados el día de la aplicación, la formulación en emulsión causó mayor mortalidad que la sólida en arroz, mientras que en los recolectados 8 días después la formulación en arroz superó a la formulación en emulsión.

Cabe mencionar que la formulación en sustrato de arroz tiene la desventaja de causar un efecto negativo sobre la captura del insecto. Este aspecto se mostró con mayor tendencia en la trampa tipo disco de cepa.

En la prueba de laboratorio, se detectó diferencias entre los aislamientos. El 9205 y RL-9 fueron los más patogénicos y virulentos. Provocaron mortalidad de 95% y tiempo letal medio de 2.45 y 2.95 días respectivamente. El aislamiento 9205 presenta el inconveniente de producir muy pocos conidios, aspecto que lo hace poco atractivo para ser aplicado en el campo.

SUMMARY

The methods used to control the pest known as the plantain black weevil (*Cosmopolites sordidus*) are, generally, expensive, unefficient and difficult to apply, due to the cryptic habit of the insect which spend most of its life hidden on the ryzome or plant debris.

As an attempt to give new alternatives to solve this problem, the capacity of two pseudostem traps (Stem-disk and horizontal stem types) as lures and means of inoculation of the fungus *Beauveria bassiana* to kill the insects, was evaluated.

A split pot design with randomized blocks was used, with the two trap types as plots, and two fungal formulations (emulsion and the fungus with the rice substrate) plus a control as small plots.

In the laboratory, virulence of five *B.bassiana* strains (RL-9, 113, 9006, 9205 and 9218) against the pest, was tested; whereas in the field trial (carried out on the plantain fields at the Agriculture School of the Humid Tropical Region, EARTH, on the Atlantic Zone of Costa Rica) only the strain 113 was used.

Significative differences on capture were observed, been superior the stem-disc trap with efficiency of 78%. There were also differences in mortality between formulations. The emulsion formulation caused higher mortality on insects captured the same day of application, while the formulation on rice substrate caused the higher mortality on insects collected eight days after the application. Captures where lower on the treatments with rice formulation specially with the stem-disc type trap.

The laboratory test showed differences between strains, been the 9205 and RL-9 the more virulent. These strains gave 95% mortality with LT50's of 2.45 and 2.95 days respectively. Even though the 9005 sporulates too poorly to be consider for field applications.

LISTA DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Tratamientos evaluados | 23 |
| Cuadro 2. Aislamientos utilizados en el laboratorio..... | 27 |
| Cuadro 3. Tratamientos utilizados en el bioensayo..... | 29 |
| Cuadro 4. Número promedio de picudos adultos capturados por tratamiento por trampeo en trampas inoculadas con <i>Beauveria spp.</i> | 38 |
| Cuadro 5. Número estimado de insectos muertos total/trampa..... | 39 |
| Cuadro 6. Porcentaje de mortalidad acumulada de adultos de <i>C. sordidus</i> inoculados en el campo con <i>Beauveria spp.</i> | 41 |
| Cuadro 7. Número promedio de <i>C. sordidus</i> capturados y nivel de infestación del corno..... | 43 |
| Cuadro 8. Número promedio de conidios producido por gramo de polvo y por 100 gramo de arroz..... | 44 |
| Cuadro 9. Porcentaje promedio de viabilidad de 5 aislamientos de <i>B. bassiana</i> producida en arroz..... | 45 |
| Cuadro 10. Porcentaje de mortalidad acumulada de adultos de <i>C. sordidus</i> después de 15 días de inoculados con cinco aislamientos de <i>Beauveria spp.</i> temperatura $25 \pm 2^\circ\text{c}$ | 46 |
| Cuadro 11. Tiempo letal medio (TI_{50}) obtenido por cinco aislamientos de <i>Beauveria spp.</i> sobre adultos de <i>c. sordidus</i> . temperatura $25 \pm 2^\circ\text{c}$ | 50 |

Cuadro 12. Producción de conidios de diferentes aislamientos de *Beauveria sp.* en adultos
muertos de *C. sordidus* después de 21 días de inoculados 51

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Distribución poblacional de picudos capturados durante seis meses utilizando trampa de disco. | 32 |
| Figura 2. Distribución poblacional de picudos capturados durante seis meses utilizando trampa longitudinal. | 33 |
| Figura 3. Comparación de las poblaciones de <i>C. sordidus</i> observadas en 22 semanas con la precipitación. | 35 |
| Figura 4. Número total de adultos de <i>C. sordidus</i> capturados por tratamiento durante la etapa del muestreo. | 36 |
| Figura 5. Efecto de la formulación sobre el porcentaje de mortalidad el día de la aplicación. | 40 |
| Figura 6. Efecto de la formulación sobre el porcentaje de mortalidad 8 días después de la aplicación. | 40 |
| Figura 7. Tiempo letal medio (TI_{50}) y porcentaje de mortalidad acumulada de adultos de <i>C. sordidus</i> inoculados con diferentes aislamientos de <i>Beauveria sp.</i> | 48 |
| Figura 8. Líneas de respuesta y ecuaciones de probit de mortalidad y tiempo letal de adultos muertos de <i>C. sordidus</i> por diferentes aislamientos de <i>Beauveria sp.</i> | 50 |

LISTA DE ANEXOS

| | |
|---|----|
| Anexo 1. Número promedio de picudos capturados por tratamiento en cada muestreo. | 62 |
| Anexo 2. Análisis de varianza del número de <i>C. sordidus</i> capturados por cada trapeo realizados en el Ansayo de campo. | 64 |
| Anexo 3. Análisis de varianza de los datos consolidados de <i>C. sordidus</i> capturados mediante los seis trampeos. | 67 |
| Anexo 4. Análisis de varianza de los conidios producidos por insecto muerto por las dos formulaciones. | 67 |
| Anexo 5. Análisis de varianza del porcentaje de mortalidad de adultos de picudos inoculados con cinco aislamientos de <i>beauveria spp.</i> | 67 |
| Anexo 6. Análisis de varianza del número de conidios producidos por 100 gramos de arroz. | 68 |

1. INTRODUCCIÓN.

El picudo negro del plátano, *C. sordidus* (Germar) (Coleóptera: Curculionidae), es la plaga más limitante del cultivo a nivel mundial (Trejo 1971; Castrillon 1991). En la región del Caribe, Florida y América Central las pérdidas que ocasiona en los cultivos son del 30 a 90% en áreas excesivamente infestadas (Arleu y Neto 1984; Duncan y Peña 1990). Estas se deben a las perforaciones en el corno ocasionadas por la larva que disminuyen la producción por reducción del tamaño y peso de los racimos y por reducción en el número de plantas por sitio al provocar el volcamiento. Estas lesiones son aprovechadas como puerta de entrada a otros organismos, principalmente por el gusano tornillo *Castniomera humboldti* (Boisduval), que perfora la base de los pseudotallos y brotes, y por microorganismos como *Pseudomonas solanacearum* (Smith) causante del moko y *Fusarium oxysporium* f. sp. *cubense* causante del mal de Panamá, que al establecerse ocasionan también daños al corno, pérdidas de las unidades de producción y en casos extremos pérdidas de la plantación (Belalcazar 1991).

Cabe señalar que el daño del corno causado por la larva, impide que las yemas vegetativas se desarrollen y por lo tanto no hay emisión de hijuelos, lo que ocasiona que el periodo de vida de los cultivos sea menor (Castrillón 1991).

Los métodos químicos y mecánicos recomendados para combatir este insecto a veces son demasiado costosos y difíciles para su aplicación, así como ineficientes, debido a que pasa la mayor parte de su vida oculto en los rizomas del cultivo o en los residuos de la cosecha (Castiñeiras *et al.* 1990). Entre los métodos de combate, el control microbiano ha sido investigado con resultados promisorios por varios autores, entre los que se citan (Melo *et al.* 1980; Mesquita *et al.* 1984; Batista Filho *et al.* 1987; Busoli *et al.* 1989; Sánchez *et al.* 1992; Brenes y Carballo. 1994)

Es así como en un ensayo conducido por Ayala y Monzón (1977) sobre diferentes dosis de *B. bassiana* para el control de éste insecto en plátano, se encontró que el hongo era efectivo en la reducción de los adultos. Ellos afirman que la reducción de la población de adultos lograda con los tratamientos, no evitó la infestación de las plantas por las larvas de la citada plaga.

Castiñeiras *et al.* (1990) estudiaron la virulencia de 17 aislamientos de *B. bassiana* sobre adultos de *C. sordidus*, en el laboratorio, mediante la técnica de sumergir durante un

minuto los insectos en suspensiones acuosas de 2×10^8 conidios/ml. Encontraron que el aislamiento LBB-1 fue el más virulento, ya que provocó un 52.25% de mortalidad a los 30 días después de la inoculación. Brenes y Carballo (1994) realizaron estudios sobre patogenicidad y virulencia de 24 aislamientos de *B. bassiana* para el control de la misma plaga. Entre los aislamientos estudiados encontraron que el RL-9, A-4 y 290 eran los más virulentos contra *C. sordidus* con mortalidad superior al 85% y tiempos medios letales entre 6.3 y 10 días.

Moreira (1994) experimentó con cepas de *B. bassiana* para determinar su virulencia en adultos del citado insecto bajo condiciones de laboratorio y encontró que la cepa 113 resultó la más virulenta, produciendo de 90 a 100% de mortalidad a los 14 días después de la inoculación. Este autor probó el hongo en el campo sobre trampas hechas con pseudotallos de banano. El hongo fue formulado en suspensión acuosa con una concentración de 1×10^8 conidios/ml, polvo de conidios y sustrato de arroz con conidios. A nivel de campo se observó diferencia significativa entre los tratamientos evaluados y el testigo, siendo el sustrato de arroz el que presentó el mayor índice de mortalidad en los insectos encontrados (60%). Entre los tratamientos diferentes al testigo no se observó diferencia significativa.

Carballo (1996) probó el efecto de diferentes formulaciones y formas de aplicación de *B. bassiana* sobre la mortalidad de *C. sordidus*. Este autor informa que no hubo diferencias significativas para el factor forma de aplicación. Sin embargo con el factor formulación se detectó diferencias significativas, donde la formulación de aceite y aceite con agua produjeron una mortalidad alrededor de 85% mientras que el agua alcanzó 8%. Como conclusión resalta que el aceite y el aceite con agua en una relación de 50% matan el insecto independientemente del efecto de *B. bassiana*. El mismo autor (Carballo 1996) condujo un bioensayo donde evaluó diferentes concentraciones de *B. bassiana*; él concluyó que utilizando 15% de aceite en la suspensión del hongo permite reducir la concentración letal y aumentar la mortalidad a concentraciones menores que cuando se utiliza solo el agua como medio para suspender el hongo. Afirma que se logra un incremento en la mortalidad y una reducción en el tiempo letal medio conforme se incrementa la concentración del hongo.

Las indicaciones sobre la virulencia de *B. bassiana* contra *C. sordidus* unido a los resultados satisfactorios obtenidos en el control de otros insectos, las condiciones favorables que brinda el cultivo del plátano y banano y el microhabitat donde se aloja la plaga, son aspectos que indican la factibilidad de usar *B. bassiana* para control de la plaga. Así mismo el uso de *B. bassiana* puede convertirse en una medida eficaz y económica en el combate de picudo por ser un enemigo natural de la plaga, transformándose ésta en una táctica sostenible en el sistema de producción de musáceas por no causar contaminación ambiental y ser compatible con otras tácticas de combate.

1.1 Objetivo general.

Evaluar el uso de trampas de pseudotallo como medio para aplicar diferentes formulaciones de *B. bassiana* para el control de *C. sordidus* en el campo.

1.2 Objetivos específicos.

- Determinar la capacidad de dos tipos de trampas para atraer adultos de *C. sordidus* y como medio para aplicar *B. bassiana*.
- Determinar el efecto de dos formulaciones de *B. bassiana* sobre la mortalidad de adultos de *C. sordidus*.
- Evaluar la variación en la densidad poblacional de picudo en el tiempo por efecto de los tratamientos.
- Evaluar la efectividad de diferentes aislamientos de *B. bassiana* sobre la mortalidad de adultos de *C. sordidus* en el laboratorio.

1.3 Hipótesis.

- Diferentes tipos de trampa de pseudotallos capturan cantidades iguales de adultos de *C. sordidus*.
- Diferentes formulaciones de *B. bassiana*, tienen el mismo efecto en la mortalidad de *C. sordidus* a nivel de campo.
- La virulencia de diferentes aislamientos de *B. bassiana* sobre adultos de *C. sordidus*, es igual.

2. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1 Importancia y problemática del cultivo del plátano.

El plátano es un producto insustituible de la dieta de varios países de América Latina y el Caribe. En la América Tropical si bien el plátano forma parte de la dieta diaria, el nivel de consumo entre países y aún entre regiones de un mismo país, es diferente (Jaramillo 1983). Tal es el caso de República Dominicana, adonde el consumo per cápita es de 138 kilogramos/año (Caraballo y Guerrero 1987), mientras que en Panamá y Colombia el consumo se estima en 30 y 35 kilogramos/año, respectivamente (Gómez *et al* 1987; Acosta *et al.* 1987).

En la década de los sesenta, éste cultivo se constituyó en una de las actividades agrícolas más importantes de varios países Latinoamericanos, tanto por la elevada generación de divisas, como por el empleo de gran cantidad de mano de obra.

La demanda de mano de obra del cultivo, se puede ejemplarizar con el caso de México. Según Jaramillo (1983) la información disponible, suministrada por Aguirre (1981) sobre los costos de producción para el distrito de riego durante los años 1974-1977, indican que la media ponderada de jornales por hectárea que requiere el cultivo del plátano para el país asciende a 110.37.

Si se asume que el promedio de jornales de mano de obra, se mantuvo igual en el año subsiguiente y que la superficie sembrada bajo riego alcanzó las 24,709 hectáreas, se deduce que estas generan 2,227,000 jornales en mano de obra.

Por otra parte, Jaramillo (1983) indica que si una plantación con características de temporal requiere de 24.29 jornales por hectárea y si esto se aplica a la superficie sembrada de temporal en 1978 (46.661 hectáreas), debieron generarse en ese año 4,400,000 jornales en mano de obra. La sumatoria de los sistemas de cultivo debieron generar, durante ese año, más de 7 millones de jornales en mano de obra.

A modo de interpretar la literatura revisada, el área ocupada por el cultivo del plátano, tiende a descender con los años. Como ilustración se cita el caso de Costa Rica que en 1979 tenía una área sembrada de 10,000 hectáreas. En 1983, ésta descendió al 50% (5,000 ha.) del área total (Jaramillo 1983), debido posiblemente a la falta de respaldo en el

desarrollo tecnológico del cultivo, por parte de instituciones o empresas del país. No ha existido un programa de investigación y mucho menos asistencia técnica. Otro aspecto que afecta el área sembrada en el país es la forma de tenencia de las plantaciones (pequeños productores) que dificulta en alto grado el establecimiento de las acciones de combate de plagas, que a la postre resulten económicas. En general, las plantaciones de plátanos están representadas por pequeñas parcelas, gran parte de ellas cultivadas en asocio con café.

Finalmente es importante señalar, que la actividad platanera no cuenta con una estructura de comercialización adecuada (salvo algunos casos) para el mercado local, y mucho menos para la exportación (Guzmán 1987). Esto explica, posiblemente, la reducción de las áreas sembradas, al menos en Costa Rica.

2.2 Origen y Dispersión de *C. sordidus*.

En las regiones Tropicales y Subtropicales las plantaciones de plátano y banano han sido atacadas seriamente por *C. sordidus*. Serios brotes se han reportado en África, Australia, Brasil, el Caribe y el Sudeste de Asia (Arleu y Neto 1984).

Todo parece indicar que es originario de la región Indo Malaya en el Sudeste Asiático, la más probable cuna de las musáceas cultivadas. Del Asia se ha dispersado por todo el mundo. Fue descrito por Germar en 1824 como *Calandra sordida* y en 1885, Chevrolat lo designó como tipo del género *Cosmopolites* (Fenjves y Fernández 1951).

En los años siguientes a su descripción original se encontró este insecto en casi todos los países donde se cultiva banano (*Musa spp*).

Champion (1968) reporta que el gorgojo negro parece haber conquistado ya todas las regiones plataneras del mundo. En 1900 fue registrado en Brasil y en 1916 en las Antillas (Trinidad Tobago) y otros países, Guinea (1938-1950), Costa de Marfil y Camerún (1956), y desde hace mucho tiempo se halla en América.

Según Vilardebo (1960) el picudo negro se ha diseminado mayormente por el hombre ya que sus medios naturales de dispersión son limitados. Comúnmente permanece alrededor del mismo sitio donde nace. Gallego (1956) informa que es un insecto mal volador, lo que influye en la poca diseminación por sus propios medios. Su diseminación habría sido muy lenta de no haberla acelerado el hombre por su falta de cuidado al utilizar

hijos de plantas infectadas para la siembra. De éste modo ha llegado ha establecerse en los lugares más apartados de la tierra.

Segura (1975) informa que en el Sudeste Asiático existen depredadores nativos del insecto, lo cual sugiere que es originario de aquel territorio. Vilardebo (1960) afirma que la distribución geográfica es prácticamente la misma que la del plátano y banano, sus verdaderas plantas huésped. Donde éstas encuentran las condiciones favorables para su crecimiento, el taladrador encuentra el medio apropiado para su desarrollo, a excepción de algunas regiones limitantes.

Trejo (1971) informa que este insecto se ha encontrado desde 1885 prácticamente en todos los países productores de plátano del mundo. Montellano (1954) señala que su distribución comprende las regiones Tropicales y Subtropicales donde se cultivan las musáceas, situadas entre los 31 grados de latitud norte y sur. Trejo (1971) estima que las malas prácticas de cultivo del plátano y banano, tales como el uso de material de propagación infestado, acarreo de dicho material de un lugar a otro, combate químico inadecuado, plantaciones viejas sin renovar y poca rotación de cultivos en las plantaciones de musáceas favorecen enormemente la distribución del insecto.

2.3 Hábitos y Biología de *C. sordidus*.

2.3.1 Huevos.

Son de color blanco crema, forma cilíndrica y dimensiones de 1.8 x 0.7 mm, tienen un periodo de incubación de 3-12 días (Cárdenas 1983).

Gallego (1956) y Vilardebo (1960) informan que las hembras adultas, ovipositan aisladamente en un pequeño orificio de uno a dos milímetros que hacen en la base del pseudotallo de las plantas; los agujeros cicatrizan y el huevo queda invisible.

Beccari (1963) a través de Trejo (1971) informa que es difícil precisar el número de oviposiciones, pero que se considera una media general de cinco huevos por hembra al mes, dependiendo de la frecuencia de las oviposiciones de la humedad relativa y del tipo de alimentación.

2.3.2 Larva

Es blanca, apoda y ovalada con la parte abdominal ensanchada, cabeza amarillenta y mandíbulas fuertes; muda de 6-7 veces y tarda entre 15 y 55 días para transformarse en pupa. Según Vilardebo (1960) las larvas tienen un ciclo de vida de 20 a 165 días. Montellano (1954) reporta un promedio de 70 días para América Central; sin embargo Vilardebo (1960) agrega que en Guinea las larvas viven unos 30 días en los meses de febrero y marzo y alcanzan una longitud de 12-15 mm.

Tienen deformado el último segmento abdominal y presentan en la cabeza varias setas o espinas fuertes, teniendo otras más desarrolladas en el extremo del abdomen, y unas pocas y finas en la parte dorsal del cuerpo. A medida que las larvas crecen, cavan galerías irregulares en todas direcciones y en el rizoma de la planta, excretan desperdicios de color amarillento. En su completo desarrollo, las dimensiones son de 12 a 16 mm de longitud y 5 a 7 mm en su parte más amplia.

Vilardebo (1960) asegura que las larvas antes de pupar, se dirigen a la superficie del rizoma, en donde fabrican una especie de cámara ovalada, separada del exterior por una delgada capa de tejidos, se inmovilizan y se transforman en pupa.

2.3.3 Pupa.

La pupa joven es blanca y presenta todas las características externas del adulto claramente visibles (Lara 1970). Es desnuda, es decir no protegida por ningún capullo de hilos o fibras y su longitud es de aproximadamente 12 mm (Lamas 1947). Este estado dura de 4 a 22 días, con una media de 8 días (Lara 1970). Sin embargo Beccari (1963) citado por Segura (1975) señala que este período está comprendido entre 5 y 9 días. Trejo (1971) determinó que su duración es de 6 a 12 días, mientras que Montellano (1954) estudio el ciclo de vida de dicho insecto en el cultivo de abacá y encontró que tal estado dura entre 7 y 12 días. Observaciones efectuadas por Trejo (1971) sobre el desarrollo de pupas de *C. sordidus*, en condiciones de laboratorio, demostraron que después de 5 a 8 días de haberse iniciado este estado, la pupa se torna de color amarillento, luego de color café claro conforme se acentúan las características del adulto, después de este cambio, a los dos o cuatro días, emerge el adulto.

2.3.4 Adulto.

Al emerger presenta una coloración rojiza que cambia a pardo oscuro o negro y se mantiene en la celda de pupa por 4 a 6 días después de la emergencia (Lara 1970). En esta fase alcanza una longitud de 16 mm y 4 a 5 mm de ancho (Ruiz, 1973); sin embargo Trejo (1971) asegura que el tamaño del adulto varía de 11 a 14 mm de longitud y 4 mm de ancho en la base de los élitros. Según Gallego (1956), las hembras son ligeramente de mayor tamaño que el macho.

La cabeza se hunde en el protorax, prolongándose por el rostro que es ligeramente dilatado en la parte de los escleritos antenales y luego sencillamente cilíndrica. Las antenas son geniculadas con siete articulaciones en el flagelo; protorax oblongo, dilatado con puntuaciones profundas y apretadas, élitros estriados y puntiagudos, los cuales cuando están en reposo dejan descubierto los últimos segmentos del abdomen (Trejo 1971). El tamaño del adulto varía de 11 a 14 mm de longitud y 4 mm de ancho en la base de los élitros, aunque según Gallego(1956), las hembras son ligeramente de mayor tamaño que el macho, especialmente cuando las hembras entran en el proceso de oviposición.

Trejo (1971) observó en condiciones de insectario que la longevidad del estado adulto oscila entre 40 y 247 días. Gallego (1956) reporta que en condiciones de campo, la vida del insecto puede ser más larga, ya que en tales condiciones vive libremente y puede seleccionar el estado del rizoma o pseudotallo que le ofrezca las condiciones más favorables. Este mismo autor considera que en condiciones de campo el insecto puede vivir hasta dos años.

Trejo (1971) afirma que es de hábitos nocturnos y de movimientos lentos, aparentando a veces estar muerto al ser molestado. Este insecto rehuye a la luz y es muy sensible a los cambios de temperatura, prácticamente inactivo a temperatura inferior a los 18°C y superior a los 40°C, además su capacidad es bastante favorecida por la humedad. Las condiciones ambientales afectan tremendamente su régimen alimenticio y éste a su vez la longevidad.

Roth y Willis (1963), encontraron que la orientación del insecto hacia la humedad, obedece a órganos hidrorreceptores que poseen en las antenas y la proboscis. Los mismos autores explican además que el citado insecto camina anormal en presencia de aire seco.

2.4 Daños e importancia de *C. sordidus*

En el campo los nemátodos parasíticos *Radopholus similis*, *Pratylenchus coffeae* y *Helicotylenchus multicinctus* junto con *C. sordidus* son las principales plagas de las musáceas. Generalmente ocurre juntos y se asocian con síntomas muy parecidos. Los daños se manifiestan desde un pobre crecimiento, el acame de las plantas y una reducción del tamaño del racimo. Frecuentemente es difícil determinar con exactitud, la causa del daño y por lo general se le atribuye el daño más al insecto que a los nemátodos. Los medios para determinar e identificar los niveles de las diferentes poblaciones de nemátodos y los medios complejos empleados para estimar el daño por el picudo consumen demasiado tiempo y personal especializado. Esto ha desanimado a los especialistas a hacer evaluaciones en el campo de los daños de las dos plagas (Bridge 1988).

La caída de las plantas es similar a la causada por nemátodos y puede ocurrir cuando el daño a los cormos es muy severo, al igual que en nemátodos esto pasa cuando los racimos están grandes y maduros, sin embargo contrario al daño de los nemátodos, el estrés resultante es puesto sobre el corno cuando es perforado por muchos túneles y ocurre una quebradura en la base del pseudotallo. En las plantas que caen como resultado del daño de picudos, el corno y las raíces permanecen ancladas al suelo, entonces es posible usar el número de plantas caídas debido a la quebradura del tallo para determinar la extensión del daño causado por el picudo y distinguirlo del daño debido a nemátodos (Bridge 1988).

Trejo (1971) y Gallego (1956) aseguran que *C. sordidus* daña indistintamente a todas las plantas de la familia musácea, principalmente al banano (*Musa sapientum*) y el Abacá (*Musa textiles*), sin embargo otros autores mencionan que el plátano es su hospedante principal. Este insecto es considerado como el más dañino de todos los que atacan al cultivo del banano.

El daño es ocasionado por la larva, que al alimentarse dentro del rizoma produce perforaciones que destruyen el sistema radical de las plantas, debilitándola de tal manera que pueden volcarse fácilmente tanto por la acción de su propio peso como por la acción del viento (Segura, 1975).

La caída de las plantas atacadas por *C. sordidus* se debe sobre todo al deterioro del rizoma, lo que hace que las plantas fuertemente atacadas se quiebren a nivel del suelo. Los

túneles producidos en el rizoma permiten la entrada de microorganismos que causan pudriciones, acelerando de esta manera la destrucción de la planta (Segura, 1975).

Silva y Abreu (1968) informan que en plantaciones jóvenes de cacao, donde el banano o plátano es utilizado como sombra, los daños del insecto tienen efectos indirectos, ya que al destruir los rizomas de las plantas, estas son derribadas por fuertes vientos y dañan con su paso los árboles de cacao.

Toledo (1955) y Trejo (1971) consideran a *C. sordidus* como posible vector de las enfermedades conocidas como Mal de Panamá y Moko; aunque no ha sido debidamente comprobado.

En plantas dañadas se presentan varios síntomas. En plantas muy jóvenes y severamente atacadas se observa amarillamiento y muerte de la hoja nueva o central, paralización del crecimiento, marchitez y muerte completa al cabo de poco tiempo; mientras que en plantas desarrolladas los síntomas son menos visibles, acusan demasiado lentitud en la apertura y desarrollo del "penacho terminal", crecimiento del tallo en forma alargada y de poco diámetro, amarillamiento de las hojas, racimos pequeños y frutos raquíuticos que maduran prematuramente, en consecuencia ocurre envejecimiento rápido y un volcamiento de la planta, que acelera su muerte (Trejo 1971).

Ruiz (1973) estima que un promedio de diez plantas caídas por *beclárea* por hectárea puede reducir los rendimientos de una plantación en 4,500 Kg/ha de frutos por año, y que promedios mayores de volcamiento pueden hacer económicamente improductiva una plantación; el mismo autor también menciona los daños ocasionados en la producción, debido al desarrollo de racimos pequeños de inferior calidad.

Segura (1975) anota que las pérdidas en los frutos como consecuencia del daño del taladrador en el rizoma han alcanzado promedios de 25.85% en plantaciones de 40 meses y de 7.81% en plantaciones de 28 meses de edad y que conforme la plantación se hace más vieja, la población del insecto aumenta, causando mayores pérdidas en la plantación.

2.4.1 Métodos para evaluar poblaciones de *C. sordidus*.

Hay dos métodos diferentes para evaluar las poblaciones del picudo: uno es determinando el número de picudos adultos que son atraídos a las trampas de pseudotallos; el otro se basa en determinar el grado de daño causado por la larva en el corno el cual es

traducido a un coeficiente de infestación o porcentaje de infestación (Vilardebo 1960 y Mitchell, 1978).

Los métodos existentes para evaluar el daño causado por el picudo tienen muchas desventajas. El trapeo de picudos adultos es un proceso que consume mucho tiempo y como el número de insectos atrapados es muy variable, puede que el método solo determine si el insecto está presente o ausente. La determinación del coeficiente o porcentaje de infestación, resulta ser bastante compleja, además los valores máximos generalmente se alcanzan muy rápidamente en áreas donde el picudo se encuentra comúnmente (Vilardebo 1960; Mitchell 1978).

Bridge, 1988 propone un método más simplificado. Este método indica si el picudo está presente o ausente. Si está presente indica el grado de daño al corno ya sea leve, moderado o severo.

El método propuesto por Bridge (1988) se describe como sigue: el corno de la planta madre se limpia de suelo y material vegetativo a una profundidad de 10 a 15 cm en un punto que esté alejado del hijo; se hace un corte de 10 cm en forma de banda para exponer el tejido interno de aproximadamente 10 cm de ancho, todo alrededor del corno hasta donde sea posible, sin dañar el hijo. La cantidad de daño se evalúa determinando el porcentaje del tejido expuesto que está afectado por túneles. Se reconocen cuatro categorías que son:

| | |
|---------------|--|
| Sin picudo | : Tejido blanco solamente, sin túneles |
| Daño ligero | : < 10% de tejido expuesto con túneles |
| Daño moderado | : 11-30% de tejido expuesto con túneles |
| Daño severo | : > 30% de tejido expuesto destruido por túneles |

2.5 Combate cultural de *C. sordidus*.

El material de siembra debe ser pelado para remover nemátodos, huevos de picudos y para exponer túneles del mismo. Si hay facilidades, se debe aplicar un tratamiento con agua caliente a 55 °C por 20 minutos (Colbran 1967) o a 52 °C por 27 minutos (Chalker 1987). Esto matará la mayoría de nemátodos y huevos de picudos.

Hijuelos que estén infestados deben ser destruidos. Para prevenir la infección por hongos, los hijuelos deben ser secados en un lugar sombreado y bien aireado por 24 horas. Sin olvidar que deben ser guardados fuera del alcance de los picudos.

Las plantaciones nuevas deben iniciarse en sitios libres de residuos de plátano o banano. Por ello cuando se piensa sembrar en un campo de banano viejo, los hijuelos viejos deben ser desenterrados y los rizomas cortados en pequeñas piezas y esparcidos sobre el suelo para que se sequen. Aun así, la nueva plantación no debe ser establecida sino hasta que halla pasado un año, ya que los picudos adultos pueden sobrevivir en suelos húmedos hasta por seis meses (Bruner y Deschappelles 1945).

La siembra profunda de los hijuelos retarda la infestación en macetas. Por lo que se recomienda plantar plátano y banano a una profundidad de 30 cm o más (Chalker 1987).

El efecto de la profundidad de siembra en la incidencia del picudo fue estudiada en dos experimentos. En uno de los experimentos, las hembras y los machos del picudo fueron liberados 4 semanas después de la siembra y dejados ahí por 4 semanas. En el otro experimento el mismo número de picudos fueron liberados 8 semanas después de la siembra y dejados ahí por 6 semanas. En el primer experimento hubo una incidencia muy baja de picudos en los hijuelos plantados a 45 cm, y 60 cm de profundidad, en cambio los hijuelos plantados a profundidad de 15 y 30 cm tenían una infestación significativamente mayor (Chalker 1987).

En el segundo experimento, la infestación de hijuelos plantados a 15 cm de profundidad fue significativamente mayor. Los niveles de infestación disminuyeron al incrementarse la profundidad de siembra, pero no significativamente. Los resultados indican que hijuelos sembrados muy superficialmente son más susceptibles a la infestación por el picudo, pero este es capaz de llegar a una profundidad de 60 cm en busca de sitio para poner sus huevos. En resumen, a mayor profundidad de siembra, la infestación puede ser menor (Chalker 1987).

En plantaciones donde la plaga no ha sido detectada es preferible seguir procedimientos que permiten darse cuenta, no solamente de la presencia sino también de la importancia de la población. Estos son, fragmentar bulbos y buscar las galerías, los excrementos y las larvas; uso de trozos de pseudotallos a modo de trampas, debido a que los adultos son en efecto, atraídos fuertemente por las sustancias contenidas en las vainas.

Cuando la infestación de una plantación es baja las prácticas de combate cultural como el uso de trampas y material sano para siembra han demostrado ser bastante efectivas

para evitar que la plaga sea una amenaza severa (Ruiz 1973). El trapeo continuo disminuye las poblaciones del picudo, pero tiene que ser hecho muy intensivamente. Según Vilardebo (1960) es preferible disponer sistemáticamente dos trampas por planta; cada mañana levantar las trampas, eliminar los insectos que se han alojado en ellas y volver a colocarlas; se prosigue así durante una semana, debido a que las trampas pierden rápidamente su poder de atracción sobre el insecto.

El efecto de trapeo usando piezas frescas de pseudotallo de banano es todavía debatible. Esto es más usado para estudios de dinámica de población (Arleu *et al.* 1984) y fue la única manera de evaluar el impacto de los pesticidas antes de que Vilardebo (1960) desarrollara el método del coeficiente de infestación y Mitchell (1978) el porcentaje de coeficiente de infestación. Pero la información proveniente del trapeo no puede dar estimados precisos porque su efecto atrayente varía fuertemente con los factores climáticos (Delattre 1980; Pavis 1988).

Segura (1975), menciona el uso de trampas como un método muy eficiente para capturar picudos y luego destruirlos; el tipo de trampa "caballo" tiene buenos atributos, dado que es de fácil confección y de gran efectividad. Este tipo de trampa se confecciona usando el resto de pseudotallo de unos 2 metros de longitud, conocido como "caballo", el cual queda parado cuando ^{se} corta la planta de plátano. Al mismo se le práctica un corte horizontal hasta el centro o médula, aproximadamente a 10 cm sobre el suelo, luego se empuja levemente al pseudotallo, para que el corte abra unos 10 cm (Segura 1975).

Lara (1970), afirma que estrategias tales como el combate de malezas y adecuados drenajes fundamentalmente, pueden prevenir un incremento indeseable de la población del insecto.

Según Cárdenas (1987), la incidencia puede ser reducida mediante prácticas culturales tales como: deshijas, manteniendo la base de las plantas libres de hojarascas y otros materiales en descomposición, e indica que es importante el uso de material vegetativo libre de infestación.

2.6 Combate químico de *C. sordidus*.

Productos químicos han sido usados extensivamente para combatir el picudo negro en plantaciones comerciales de plátano y banano en Latinoamérica y para ello originalmente se usaron insecticidas organofosforados tales como Dieldrin y Hectacoloro (Ruiz 1973).

Lara (1970), al referirse al control de la plaga a base de los productos mencionados, anota que estos han demostrado gran efectividad en la reducción de la población del insecto, pero en ningún caso se ha demostrado aumento de la producción y que por el contrario, en algunas oportunidades se ha demostrado el desarrollo de resistencia del picudo negro a varios de los productos usados, así como a organoclorados (aldrin y dieldrin) que antes controlaban bien la plaga. Sánchez (s.f) citado por Segura (1975) evaluó nuevos insecticidas (clorados, organofosforados y carbamatos orgánicos), y encontró que en pruebas de laboratorio los insecticidas Kepone, Diazinón, Birlane, EPN, Lebaycid y Unden, fueron los mejores tratamientos, mientras que en pruebas de campo el mejor tratamiento fue Terracur; el insecticida Sevin no mostró efecto en ninguna de las formas ensayadas.

Ruiz (1973), mediante pruebas de campo concluyó que el insecticida Lorsban es altamente eficaz para el combate del picudo negro en las formulaciones granular, líquida y polvo, a dosis de 1.5 a 3.0 g de ingrediente activo por planta.

Segura (1975) afirma que los ensayos exploratorios realizados durante los años 1971-1972 demostraron que los insecticidas Furadan 5% G. (carburan), Kepone 5% P. (coldecona), Mocap 10% G. y Volatón 2.5% G. aplicados en dosis cercanas a 2 Kg. de ingrediente activo por hectárea, disminuyen significativamente la población del insecto.

2.7 Combate Biológico y Microbiano de *C. sordidus*.

La investigación sobre los enemigos naturales de ésta plaga ha generado un inventario de parasitoides, nemátodos, depredadores y patógenos recolectados de todo el mundo. Sin embargo el potencial de estos organismos como agentes de control biológico no es muy cierto y necesitan más estudios. Introducciones de insectos depredadores como *Plaesius javanus* y *Dactylosternum hydrophiloides*, muchas veces no fueron exitosas por ser estos muy generalistas y muy poco estudiados, por lo tanto no lograron aclimatarse (Kermarrec y Mauleon 1989).

Hormigas depredadoras como *Pheidole megacephala* y *Pheidole guineense*, han dado buenos niveles de control de *C. sordidus* en Cuba (Castiñeiras *et al.* 1990). Un tratamiento con nueve colonias de *P. megacephala*/ha resultó en una reducción de 55% de la población de *C. sordidus*, 65% de reducción en daños en los cormos y un incremento en rendimiento de 25%, comparado con el testigo sin aplicación.

La buena capacidad de *P. guineense* como depredadora de larvas de *C. sordidus* resulta en la colonización rápida de banales con una mortalidad de larvas de 83% donde hay bajas infestaciones y un 67% en campos altamente infestados. En Guadalupe varias especies de hormigas depredadoras como *Azteca delpini* que eran altamente territoriales, tienen una asociación negativa con otras especies de hormigas como *Azteca sp* que sí pueden contribuir al control de *C. sordidus*.

En Cuba se ha logrado un control de 80% con la hormiga depredadora *Tetramorium guineense* Neyl; resultados similares se han obtenido en Nicaragua. En su centro de origen el equilibrio biológico de la plaga es mantenido por la acción de los depredadores *Plaesius javanicus*, *Hololepta quadrimaculata* y *Hololepta cuadridentata*, de la familia *Histeria* (Trejo 1971).

Se han probado especies locales y exóticas de nemátodos entomopatógenicos *Heterorhabditidae* y *Steinernematidae* para controlar adultos y larvas de *C. sordidus* (Figuraueroa 1990; Kermarrec y Mauleón 1989; Pena *et al.* 1991). Estos nemátodos son muy efectivos contra las larvas, pero menos efectivos contra los adultos que desafortunadamente son el blanco subterráneo del control. Figuraueroa (1990) obtuvo una mortalidad de 50% de larvas de 6º y 7º instar en cormos infestados utilizando *S. carpocapsae*, *S. bibionis* y *S. glaseri*. Otras pruebas usando estos nemátodos han dado resultados inconsistentes. Pena *et al.* (1991) han reportado un nivel de mortalidad hasta de 80% de larvas de *C. sordidus* en cormos por una especie de *Heterorhabditis sp.* en Florida. *Heterorhabditis sp.* y una especie comercial de *Steinernema carpocapsae* combinado con una dilución de 10^2 de aldicarb produjeron resultados de mortalidad de adultos de 100% en 8 días. Resultados similares fueron encontrados por Kermarrec y Mauleón (1989), usando *S. carpocapsae* en combinación con concentraciones reducidas de Chlodecones quienes reportan una mortalidad más efectiva de adultos que con otros tratamientos.

En la actualidad los agentes de control biológico más promisorios contra larvas y adultos de *C. sordidus* son los hongos entomopatógenos *B. bassiana* y *M. anisopliae*. En Cuba se probaron 17 especies de *B. bassiana* y 11 especies de *M. anisopliae* contra el picudo negro del plátano. Los mejores resultados se obtuvieron con una dosis de 10^5 conidios/cm² de suelo con especies locales de *B. bassiana* y *M. anisopliae* (61 y 85%) respectivamente. En Brasil, Batista Filho *et al* (1989) obtuvieron mortalidad de 85 y 97% de *C. sordidus* usando *B. bassiana* y *M. anisopliae* reproducidos sobre arroz o frijol permitiendo que los insectos caminaran en los cultivos de hongo o aplicados en el pseudotallo del banano directamente para que los picudos se infestaran durante la colonización.

Dos cepas virulentas de *B. bassiana* y *M. anisopliae* que son entomopatógenicas contra *C. sordidus* y *Metamasius hemipterus*, se están usando en ensayos de campo en Martinica. La patogenicidad de las especies aisladas de larvas de coleóptera parasitadas en Guadalupe ha sido comparada con especies exóticas de estos hongos (Delattre y Jean Bart 1978). Los mismos autores reportan que en general niveles más altos de mortalidad se lograron con cepas locales de *B. bassiana* aisladas de *C. sordidus* que cepas exóticas aisladas de *Leptinotarsa desemeleata*; sin embargo cepas importadas pueden mostrar igual patogenicidad a *C. sordidus*. En experimentos preliminares de campo la enfermedad rara vez se desarrolló en la población tratada. Sin embargo picudos adultos recolectados en un sitio tratado y observados en el laboratorio desarrollaron síntomas de micosis de *B. bassiana* después de un mes, resultando en una mortalidad de hasta 80% (Kermarrec y Mauleon 1989).

Carballo y Arias (1994) realizaron estudios sobre la efectividad de un aislamiento de *B. bassiana* sobre poblaciones de *C. sordidus* y *Metamasius hemipterus* en condiciones de campo. En este estudio aplicaron una formulación del hongo en sustrato de arroz y otra en polvo, sobre trampas de pseudotallo en una tasa de 5.8×10^{10} conidios por trampa. Estos tratamientos se evaluaron en condiciones de infestación artificial y natural de picudos. La mortalidad de *C. sordidus* causada por *B. bassiana* estuvo entre el 30.7 y el 63% para los tratamientos, e inferior al 3% en el testigo. La mortalidad de *M. hemipterus* estuvo entre el 34 y 80% en los tratamientos y 0 en los testigos. La mortalidad de *C. sordidus* y *M.*

hemipterus ocurrió a los 11.3 y 15.75 días respectivamente. Estos autores (Carballo y Arias, 1994) demostraron el potencial de *B. bassiana* para el control de ambas especies de picudos en condiciones de campo, utilizando trampas de pseudotallo para aplicar el hongo.

2.8 Generalidades y modo de acción de los hongos entomopatógenos.

Las infecciones fúngicas son muy comunes en insectos y relativamente fáciles de detectar, debido a que generalmente sus cuerpos aparecen cubiertos por micelio o cuerpos fructíferos del hongo.

Cerca del 80% de las enfermedades de los insectos son provocadas por unas 700 especies de hongos pertenecientes a 90 géneros (Alves, 1986). Los géneros más estudiados han sido *Beauveria*, *Metarhizium*, *Verticillium*, *Aschersonia*, *Nomurea* y *Entomophthora* (Alves 1986 y Quinlan 1988). Estos hongos provocan epizootias naturales en el campo y son un mecanismo regulador de las poblaciones de insectos en ecosistemas estables. Bajo condiciones de temperatura y humedad favorable, las esporas que logran entrar en contacto con el cuerpo del insecto forman un tubo germinativo. En las extremidades del tubo se dilata la hifa formándose un apresorio. La penetración ocurre por procesos físicos, cuando las hifas rompen mecánicamente las membranas, y/o químicos, al secretar enzimas como proteasas, lipasas y quitinasas que degradan la cutícula y facilitan la penetración mecánica. Algunos hongos forman un gancho que atraviesa la cutícula del insecto. Las principales áreas de penetración son la región bucal, el ano, y las regiones intersegmentales. Algunos hongos penetran además por ingestión. Poco después de ocurrir la penetración se inicia la colonización por engrosamiento y ramificación de las hifas. La colonización ocurre en 76 a 120 h. La muerte se debe a la producción de micotoxinas y a los daños mecánicos producidos por el crecimiento del micelio. Los hongos secretan sustancias bactericidas que permiten su crecimiento después de muerto el insecto. En las 48 a 60 h posteriores a la muerte del insecto hay emergencia de hifas a través de los espiráculos y de las regiones intersegmentarias.

Cuando la humedad es alta y la temperatura oscila entre los 20° y 30° C hay formación de conidios sobre la superficie del cadáver (Alves 1986).

2.9 Sistemática y características de *B. bassiana*.

Pertenece a la clase: Deuteromicetes, Orden: Hyphomycetes, Género: *Beauveria*, especie: *bassiana*. En esta clase (Deuteromicetes), se agrupan todos los hongos cuya fase sexual no se conoce. La mayoría de los hongos imperfectos son similares a los estados conidiales de los Ascomicetes, de manera que se pueden considerar como Ascomicetes cuya fase sexual se ha perdido en el proceso evolutivo, o existe pero aún no se ha descubierto (González 1985).

Entre los Deuteromicetes, más de 40 géneros entomopatógenos han sido identificados, sin embargo el conocimiento de su potencial es limitado a un pequeño número de estos: *Aschersonia*, *Culicinomyces*, *Hirsutella*, *Metarhizium*, *Nomuraea*, *Paecilomyces*, *Verticillium* y *Beauveria* (Ferrón 1985). Del género *Beauveria*, las especies más conocidas son: *B. tenella* y *B. bassiana*. Esta última fue descrita en 1935 por Balsamo como *Botrytis* e incluida en el nuevo género *Beauveria* establecido por Vuillemin en 1912. *B. bassiana* es uno de los hongos más citados como patógenos para insectos plagas de muchos cultivos, así como por su amplia distribución.

El género *Beauveria* generalmente es asociado con el término Muscardina Blanca, lo que indica que el micelio y los conidios del hongo cubren el cuerpo del insecto muerto con una delgada capa de color blanco. Especies de este género son a menudo aislados de insectos enfermos y frecuentemente usados en pruebas de control Microbiano.

La producción de toxinas ha sido particularmente examinada para dos de las especies más comunes, *B. brongniartii* y *B. bassiana*. Esta infecta una variedad de insectos. Sus hospederos son predominantemente miembros de los Ordenes Lepidoptera y Coleóptera, incluyendo plagas de importancia económica agrícola, habitando suelos o plantas cultivadas (Storey y Gardner 1986).

B. bassiana presenta células conidiógenas en forma de botella con una parte basal hinchada que termina en raquiz en zig zag. Posee conidióforos, sobre los cuales se desarrollan conidios globosos o subglobosos de 2 a 3 x 2 a 2.5 micrómetros de diámetro, que forman un denso cachos. Las hifas de *B. bassiana* miden 3.5 micras de diámetro, son transparentes y septadas (Alves 1986).

La germinación de los conidios ocurre en un período de 12 h. después de la inoculación. El hongo penetra generalmente vía tegumento debido a una acción mecánica y efectos enzimáticos. Transcurridas 72 h. después de la inoculación, el insecto se presenta totalmente infectado, notándose conidióforos y conidios característicos de la especie. Las especies de insectos involucrados y las condiciones reinantes durante el desarrollo de la enfermedad, son dos aspectos claves. Las condiciones favorable son: HR y T° de 90% y 23-28 °C respectivamente (Alves 1986). Gutiérrez (1991) menciona que *B. bassiana* requiere una temperatura de 22 a 26 °C para presentar buen desarrollo, sin embargo, puede soportar hasta 45 °C. Por otra parte la humedad desempeña un papel importante, tanto para el insecto hospedero como para el propio patógeno, principalmente en la fase de esporulación.

Bell (1974) menciona que los conidios poseen una delicada membrana externa que le permite perder o ganar agua rápidamente, según sea la humedad del aire, por lo que en atmósferas insaturadas pierden fácilmente la viabilidad.

B. bassiana puede ser estimulada por la luz de baja longitud de onda. Alves y Moraes (1979) en estudios de diversos fotoperíodos para este hongo concluyeron que el mayor número de conidios fue producido sobre luz continua. Según Bell (1974), el hongo pierde la infectividad cuando es sometido por tres h. a luz solar directa. Galaini (1984) señala que la sobrevivencia de *B. bassiana* en la superficie de las hojas de batata (*Hipomoea batatas*) declinó rápidamente cuando fue expuesta a la luz solar.

Las características del suelo son importantes para el hospedero y patógeno. Se ha verificado que conidios de *B. bassiana* no perdieron su viabilidad durante dos años en suelos no esterilizados. En estudios efectuados en cultivo de banano, se ha evidenciado que al lado de *C. sordidus* atacado por *B. bassiana*, se observó una gran cantidad de micelio con forma rizomorfa; esa estructura posiblemente sea una de las formas de persistencia del hongo en el suelo (Gutiérrez 1991).

2.10 Patogenicidad de *B. bassiana*.

Patogenicidad es la capacidad de un organismo de provocar enfermedad. La patogenicidad de *B. bassiana* se ha probado contra más especies de insectos que cualquier otro hongo, conociéndose actualmente cerca de 500 hospedantes para éste hongo. El amplio espectro de acción de *B. bassiana* incluye muchos insectos del orden Coleóptero, entre los

cuales están: *Clalcodermus bimaculatus* (picudo del caupi), *Anthonomus grandis* (picudo del algodón), *Artipus floridanus* (picudo de la raíz), *Cerotoma arcuata* (vaquitas), *Leptinotarsa decemlineata* (escarabajo dorado de la papa), *Pantorhytes plutus* (picudo del coco), *Hypothenemus hampei* (Broca del cafeto) y *Cosmopolites sordidus* (picudo del plátano) entre otros (Barrios 1992).

En estudios de patogenicidad realizados con *Artipus floridanus* se han encontrado diferencias considerables entre biotipos de *B. bassiana* de diversas localizaciones geográficas y hospedantes (Barrios 1992).

2.11 Formulación.

La formulación es un aspecto clave en la utilización de agentes biocontroladores de plagas. Según Roberts (1989) los conidios sobre hojas expuestas a la luz solar directa pueden alcanzar una vida media de tan sólo dos horas.

La formulación es la composición resultante cuando un pesticida, en este caso un hongo entomopatógeno se mezcla con uno o varios ingredientes para hacer el material apropiado para su uso.

La formulación de hongos entomopatógenos contribuye a mejorar la viabilidad, virulencia y la eficacia del agente y así tener más aceptación por el usuario. Intenta promover una fácil aplicación del producto, aumentando la persistencia y la humectabilidad, la adhesividad a la planta o insecto y lo hace más atractivo a éste último (Carballo 1995).

Existen diferentes tipos de formulaciones, entre ellos se citan el polvo mojable, líquido, suspensión acuosa emulsificable, polvo y gránulos o cebos. Los componentes de una formulación son: agentes aumentadores, portadores inertes, aceites, caolín, emulsificantes, agentes suspensores, buffer, diluyentes, mejoradores de floabilidad y antisedimentadores. Cuando se aplica el producto, se usan surfactantes y estimuladores gustativos, todo esto con el propósito de aumentar su eficacia (Carballo 1995).

Se considera que las preparaciones sólidas han sido el método más efectivo de formulación de conidios de *B. bassiana*, aunque algunas formulaciones basadas en aceite y en agua están siendo probadas a nivel experimental (Feng *et al.* 1994).

Daoust *at al.* (1982) encontraron que catorce aceites, incluyendo aceite de hígado de bacalao y doce aceites vegetales, fueron altamente dañinos a la viabilidad de los conidios de

Metarhiziumanisopliae después de dos meses almacenados a 19 y 26 °C. La mayoría de la suspensiones conidiales en aceite (8 de 14), también perdieron su viabilidad más rápidamente que los conidios no formulados almacenados a 4 °C. La viscosidad de los aceites no fue relacionada con la rápida pérdida de viabilidad de los conidios en estas formulaciones. Otros vehículos líquidos, incluyendo aceite derivado de petróleo, aceite orgánico y agua, con o sin un surfactante, fueron también altamente letales a los conidios después de 4 meses de almacenamiento.

En contraste a las formulaciones líquidas, una alta viabilidad de los conidios fue obtenida en la mayoría de las formulaciones sólidas, incluyendo cuatro diferentes portadores granulares y doce diferentes polvos solubles, después de un período de un año de almacenado a 4 °C. A 20 °C, sin embargo, la viabilidad de los conidios decreció a menos del 50% con la mayoría de los polvos solubles.

Por otro lado, los conidios en una formulación sólida en forma de polvo mezclado con arcilla caolinita y sílica gel en polvo sobrevivieron por más tiempo que los conidios no formulados (Daoust *et al.* 1982).

El contenido de humedad es considerado como un factor clave en la sobrevivencia de conidios. El polvo de conidios, cosechado mecánicamente puede ser almacenado sin formular en contenedores herméticamente sellados a 4 °C, manteniendo una viabilidad de 71% después de 21 meses, si el contenido de agua es menor al 10%. Según Yin (1983), citado por Feng (1994), la viabilidad de una preparación conidial con un contenido de 8% de agua fue de 81% después de 12 meses, almacenado a 4 °C. Sin embargo si el contenido de agua es aumentado a 15%, esta misma preparación podría ser almacenada solamente seis meses.

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1 Descripción del área experimental.

El estudio se desarrolló en una plantación de plátano comercial de cinco años de edad, con una densidad de 2,100 cepas por hectárea, propiedad de la Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda (EARTH), ubicada en Pocora, provincia de Limón, en la zona Oeste de la vertiente Atlántica de Costa Rica, a 10° 12' 45" Latitud Norte y 83° 35' 38" Longitud Oeste. En la zona se registra una precipitación y temperatura promedio anual de 3,500 mm y 26°C respectivamente y una altitud de 150 msnm. El trabajo de campo se realizó entre marzo y agosto de 1996.

3.1.2 Factores estudiados

Se estudiaron dos factores a saber, tipos de trampa y formulación como se describe a continuación:

3.1.2.1 Tipos de trampa

Este factor involucró dos tipos de trampas que fueron hechas en la plantación un día antes de aplicar los tratamientos y se describen a continuación:

a. Tipo disco de cepa

Consistió de una rodaja de pseudotallo de 10-15 cm. de longitud colocada sobre un corte transversal que se le hace a una planta recién cosechada a una altura de 20-30 cm. del suelo (Castaño-Parra 1989).

b. Tipo longitudinal.

Esta consistió de un pedazo de pseudotallo de 0.80 metro de largo, cortado longitudinalmente por el centro o médula, extrayendo ésta y cortándola en trocitos de aproximadamente 1 cm, que son colocados en el centro de una de las bandas longitudinales y posteriormente se le agregó melaza procediendo luego a unirlos simulando el pseudotallo; esta se coloca al pié de una planta de plátano, semicubriéndolo con residuos de la plantación (Janeth Ramos 1995, Colombia, Fundación para el Desarrollo Integral Comunitario, com. pers.).

3.1.2.2 Formulaciones.

Este factor involucró tres tratamientos, a saber:

a. Emulsión de *B. bassiana* en aceite.

Esta consistió de una emulsión de *B. bassiana* a una concentración de 5×10^8 conidios/ml disuelta en agua más un 15% de aceite y el dispersante Tween 20 (0.5 ml/l).

b. Formulación sólida de *B. bassiana*.

Consistió de *B. bassiana* en sustrato de arroz, conteniendo 2.75×10^9 conidios/gramo de arroz, tal y como sale después del proceso de producción masiva.

c. Testigo.

En este caso no se usó *B. bassiana*.

3.1.3 Diseño experimental.

Se usó un diseño de parcelas divididas con distribución en bloque al azar con dos tipos de trampa como parcela principal y tres tratamientos de formulación como subparcela, para un total de seis tratamientos por efecto de la combinación de ambos factores como se describe en el cuadro 1. El tamaño de la parcela fue de 600 m^2 para un total de 126 plantas por subparcela.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados.

| Tratamiento | Factor trampa | Factor formulación | |
|-------------|---------------|--------------------|--------------|
| | | | Cantidad |
| TdBe | Disco | Emulsión | 15 ml/trampa |
| TdBa | Disco | Sólida | 20 g/trampa |
| Tdtes | Disco | Testigo | - |
| TIBe | Longitudinal | Emulsión | 15 ml/trampa |
| TIBa | Longitudinal | Sólida | 20 g/trampa |
| TItes | Longitudinal | Testigo | - |

3.2 Manejo del experimento.

3.2.1 Reproducción de *B. bassiana*.

Se utilizó el aislamiento de *B. bassiana* 113, procedente de Nicaragua recolectado de Broca del café (*Hypothenemus hampei*)

Para asegurar la calidad del material utilizado se inocularon 10 picudos (*C. sordidus*) con polvo de conidios de la cepa (113), al morir los insectos y esporulado el hongo se procedió a reaislarlo en caja petri con el medio de cultivo PDA (Papa-Dextrosa-Agar).

Para la multiplicación se preparó una suspensión de conidios en agua estéril más Tween 80, a razón de 0.5 ml/l. El arroz (95% grano entero), fue previamente sumergido en agua por hora y media, y luego se colocó en bolsas de polipropileno a razón de 400 g. Posteriormente se autoclavó a 130°C a una presión de 15 bar durante 20 min. Para la inoculación se adicionaron 15 ml por bolsa de la suspensión del hongo preparada a partir de los platos con hongo esporulado a una concentración aproximada de 10^7 conidios/ml.

Después del crecimiento del micelio sobre el grano (de 4 a 6 días después de la inoculación), se colocó en bandejas plásticas de 20 x 30 cm y 5 cm de altura, donde permaneció de 10 a 12 días para esporular. Finalmente se removió parcialmente la tapa para permitir el secado durante 4 -5 días.

Para separar los conidios del arroz se utilizó un vibrador con tamiz de 40 mesh, luego se cuantificó el número de conidios por gramo de polvo y con base a esto se estimó la cantidad de conidios producidos por gramo de arroz.

3.2.2 Preparación de las formulaciones de *B. bassiana*.

La emulsión de *B. bassiana* se preparó a partir del polvo de conidios a una concentración de 5×10^8 conidios/ml. Previamente se había calculado cuantos conidios tenía un gramo de polvo y de ahí se mezcló la cantidad de polvo necesaria con el aceite de soya (15%) y agua más Tween. La mezcla fue agitada fuertemente para obtener una buena uniformidad en la formulación, principalmente en el momento de aplicarla.

La formulación sólida no requirió ningún procesamiento posterior a la producción masiva, ya que se usó tal y como salió de dicho proceso, sin separar los conidios del arroz. De tal forma que esta contenía 2.75×10^9 conidios/gramo de arroz.

3.2.3 Momento, frecuencia y forma de aplicar el hongo.

Las trampas fueron hechas cada 30 días. En los dos tipos de trampa, longitudinal y de disco, las formulaciones, sólida (sustrato de arroz) y emulsión (agua más 15% de aceite) se aplicaron un día después de hechas las trampas y con el mismo intervalo de tiempo. Esto garantizó la presencia de insectos en la mayoría de ellas. Después de cuantificar los insectos sobre las trampas, se realizó la aplicación del hongo. En la trampa longitudinal, se utilizó melaza como atrayente. En esta, el hongo se colocó en los extremos u orificios de entrada de los insectos y distribuida en toda la superficie. En la trampa de disco el hongo se aplicó en toda el área de la trampa, debido a que los insectos tienen opción de ingresar por cualquier punto.

Para aplicar la formulación en emulsión se utilizó un atomizador manual de 1 litro de capacidad, con descarga de un mililitro por bombeo.

3.3 Registro de la información.

3.3.1 Conteo de adultos de picudo.

a. Número de picudos atraídos por trampa.

En horas de la mañana, con frecuencia de siete días, se revisaron y se contaron los insectos por trampa, evitando moverlas de lugar hasta ser reemplazadas. Esto permitió capturar picudos durante 22 días por trampeo.

3.3.2 Evaluación de mortalidad.

Por cada periodo de trampeo establecido en el campo, se realizaron dos recolecciones de insectos que fueron llevados al laboratorio, donde se observaron por 30 días. Esta recolecta se hizo al momento de aplicar el hongo y una semana después.

Por cada muestreo se colectaron 10 insectos por repetición con un total de 40 insectos por tratamiento. Fueron llevados al laboratorio, donde se colocaron individualmente, en recipientes plásticos rectangulares de 2 X 2 cm, alimentados con una porción de pseudotallo fresco, cada uno con grosor de aproximadamente 0.5 cm. La evaluación de mortalidad, así como el cambio de alimento se realizó cada 48 horas y por un periodo máximo de 30 días.

Se obtuvo la mortalidad acumulada, con la que se determinó el porcentaje de infección por el hongo.

3.3.3 Evaluación al cultivo.

a. Nivel de infestación del corno por picudos.

Se evaluaron 8 plantas por tratamiento, las cuales se limpiaron de suelo y material vegetativo a una profundidad de 10 a 15 cm en un punto alejado del hijo. Se cortó el corno para exponer una banda del tejido interno de aproximadamente 10 cm de ancho, alrededor del corno hasta donde fue posible, para obtener el nivel de infestación del corno por tratamiento. Para ello se utilizó la siguiente escala visual (Bridge, 1988):

| | |
|---------------|--|
| Sin picudo | : Tejido blanco solamente, sin túneles |
| Daño ligero | : < 10% de tejido expuesto sin túneles |
| Daño moderado | : 11-30% de tejido expuesto sin túneles |
| Daño severo | : > 30% de tejido expuesto destruido por túneles |

3.4 Análisis de la información.

Para analizar las variables, número de picudos atraídos por trampa y porcentaje de mortalidad, se usó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + a_j + \epsilon_{ij} + \beta_k + (a\beta)_{jk} + E_{ijk}, \text{ donde:}$$

μ = promedio general

t_i = efecto de la repetición

a_j = efecto del tipo de trampa

ϵ_{ij} = variación al azar de las parcelas principales

β_k = efecto de la formulación (asociado a las subparcelas)

$(a\beta)_{jk}$ = interacción entre las trampas y las formulaciones

E_{ijk} = variación al azar entre las subparcelas

3.5 Descripción del experimento de laboratorio.

Se realizó entre agosto y septiembre 1996, en el laboratorio de Control Biológico del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, ubicado en el cantón de Turrialba, provincia de Cartago, Costa Rica, a 9° 52' Latitud Norte y 83° 38' Longitud Oeste

y 590 msnm, en la zona de vida bosque húmedo premontano (Tosi, 1969). La precipitación anual es de 2628 mm, temperatura anual de 21 °C, humedad relativa de 88% y la radiación solar promedio de 11822 cal/cm² (Jiménez, 1994) La Temperatura en laboratorio fue de 23 ± 2 °c.

3.5.1 Organismos utilizados en el experimento.

Se utilizaron adultos de *C. sordidus*, colectados en plantaciones de plátano ubicadas en Peralta (Cantón de Turrialba) y la finca La Montaña del CATIE. Para la captura se emplearon trampas de pseudotallo que consistían de una rodaja de tallo de 10-15 cm, colocadas sobre el suelo previamente limpio y con uno de los cortes hacia abajo junto a la base de la planta.

Se evaluaron cinco aislamientos, provenientes del banco de patógenos del MIP-CATIE y de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, CENICAFE, como se presenta en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Aislamientos utilizados en el laboratorio.

| Aislamiento | Hospedero original | Procedencia |
|-------------|------------------------------|--------------------|
| RL-9 | <i>Hypothenemus hampei</i> | Olancho, Honduras |
| 113 | <i>Hypothenemus hampei</i> | Nicaragua |
| 9006 | <i>Metamasius hemipterus</i> | Colombia, CENICAFE |
| 9205 | <i>Diatraea saccharalis</i> | Colombia, CENICAFE |
| 9218 | <i>Cosmopolites sordidus</i> | Colombia, CENICAFE |

3.5.2. Variables evaluadas.

3.5.2.1 Rendimiento y viabilidad de conidios.

a. Conidios producidos por gramo de polvo.

Para determinar el número de conidios producidos por gramo de polvo, se prepararon suspensiones en agua destilada a una concentración de 0.008 g de polvo por 50 ml de agua más Tween 20 al 0.05%. Las suspensiones se agitaron fuertemente por tres minutos, se

ultrasonificaron tres veces, durante un minuto. Luego se empleó un hematocímetro para estimar el número promedio de conidios por mililitro. Con base a éste dato se calculó el número total de conidios por gramo de polvo de conidios.

b. Conidios producidos por gramo de arroz.

Para cuantificar esta variable, primero se realizó la cosecha de los conidios, la cual se obtuvo a través de un vibrador con tamiz de 40 mesh para separar los conidios del arroz. Este fue pesado después de la separación. El polvo se llevó al secador por 72 h y luego se determinó su peso. Finalmente se tomaron tres muestras de polvo por aislamiento, con las que se prepararon soluciones a partir de las cuales se estimó el número de conidios por gramo de polvo, siguiendo la metodología indicada en el punto anterior. El número de conidios por gramo de polvo fue utilizado para calcular la producción de conidios por gramo de arroz.

c. Viabilidad de conidios producidos.

A los 15 días después de producirse los conidios se evaluó la viabilidad por medio de pruebas de germinación. Para hacer la prueba de germinación, se prepararon suspensiones en agua destilada estéril, 0.008 gramo de polvo del hongo por 50 ml de agua.

Después de inocular el medio con la suspensión, éste se dejaba en la cámara de crecimiento por 20 h, período después del cual se observaban al microscopio para hacer las lecturas.

No fue posible hacer las lecturas de germinación simultáneamente para los cinco aislamientos una vez cumplido el período de incubación. Esto indujo a detener la germinación de los conidios a través del almacenamiento en refrigeración a 4 °C de los platos petri, los cuales se sacaron conforme se iban haciendo las lecturas. Para ello se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con 4 repeticiones; cada repetición estuvo constituida por un plato petri. En cada plato petri se hicieron cuatro lecturas (16 lecturas/aislamiento). Se registró el número total de conidios, germinados y no germinados para obtener el porcentaje de viabilidad de los aislamientos en estudio.

3.5.2.2 Virulencia de los aislamientos de *Beauveria spp.*

Los aislamientos utilizados en el ensayo fueron aplicados a una concentración de 1×10^8 conidios/ml en agua destilada más 15% de aceite con Tween 20 al 0.05% y un testigo

que consistió en aplicar agua destilada y un 15% aceite de soya con Tween como dispersante (cuadro 3).

Para inocular se hicieron grupos de 10 insectos (cada repetición), aplicando la suspensión de conidios, previamente agitada utilizando un microaspersor; luego se pasaron a cajas de 12.5 X 8.4 X 2 cm divididas en 25 celdas de 2 X 2 cm, en la cual se introdujo una porción de pseudotallo fresco, con grosor aproximado de 0.5 cm. Esta fue cambiada cada dos días.

Se evaluó la mortalidad diaria a partir del segundo día de aplicados los tratamientos, para determinar el porcentaje de mortalidad y el tiempo letal medio (TL₅₀). Así mismo se calculó la producción de conidios por insecto muerto según la siguiente metodología:

Para cada grupo de insectos muertos por los aislamientos en estudio, se tomó un número de cuatro insectos esporulados, se colocaron en un vial de 25 ml y se agregó 20 ml de agua más Tween 20 al 0.3%. Se agitó fuertemente por tres minutos, se ultrasonificó durante un minuto. Luego se tomó una alícuota de 1 ml y se diluyó en 50 ml de agua con Tween. Se empleó un hematócmetro para estimar el número de conidios por lectura y con base en éste, se calculó el promedio de conidios liberados por insecto.

Cuadro 3. Tratamientos utilizados en el bioensayo.

| Tratamiento | Concentración | Formulación |
|-------------|---------------------------------|--------------------------------|
| RL-9 | 1 X 10 ⁸ conidios/ml | Emulsión (agua más 15% aceite) |
| 113 | 1 X 10 ⁸ conidios/ml | Emulsión (agua más 15% aceite) |
| 9006 | 1 X 10 ⁸ conidios/ml | Emulsión (agua más 15% aceite) |
| 9205 | 1 X 10 ⁸ conidios/ml | Emulsión (agua más 15% aceite) |
| 9218 | 1 X 10 ⁸ conidios/ml | Emulsión (agua más 15% aceite) |
| Testigo | 0 | Emulsión (agua más 15% aceite) |

3.5.3 Diseño experimental y análisis estadístico.

Se usó un diseño completamente al azar, con 6 tratamientos y 4 repeticiones, cada una consistió de 10 insectos para un total de 40 insectos por tratamiento.

Las variables porcentaje de mortalidad y viabilidad de conidios, fueron analizadas con el modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + \varepsilon_{ij}, \text{ donde:}$$

Y_{ij} = Variable aleatoria observable

μ = Promedio general

t_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

ε_{ij} = Error distribuidos normalmente, con promedio y varianza cero no correlacionados. y comparación de medias utilizando la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

La variable TL_{50} fue determinada mediante el análisis de próbitos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Experimento de campo.

4.1.1 Distribución poblacional.

El método de muestreo de *C. sordidus* mediante el uso de trampas de pseudotallo constituye el medio más eficaz para determinar la distribución poblacional de adultos de picudo en plátano. Este método ha sido recomendado por Lara (1970) y Cárdenas (1987).

Primeramente se discute el efecto del tipo de trampa sobre las capturas de adultos de *C. sordidus* y posteriormente el efecto del tratamiento de formulación de *B. bassiana* contra el testigo no aplicado.

4.1.1.1 Efecto del tipo de trampa.

Hubo un efecto significativo del tipo de trampa sobre el número de picudos capturados (Figura 1, anexo 2).

Los resultados presentados en la Figura 1, indican que el tipo de trampa disco de cepa fue más eficiente ya que presentó mayor captura que la trampa longitudinal durante los 6 meses evaluados (Trampeo). Estos resultados corroboran los encontrados por Haddad *et al.* (1973) y Segura (1975), al destacar que las trampas más efectivas fueron las construidas con pseudotallos cortados a 15 cm de altura, colocando sobre éste una sección cilíndrica del mismo pseudotallo de unos 12-15 cm de altura.

En la trampa disco de cepa, las capturas más bajas ocurrieron en los dos primeros trampeos para luego incrementarse hasta un máximo en el cuarto trampeo y descender levemente en los dos últimos. En la trampa longitudinal las capturas ascendieron, pero se mantuvieron proporcionalmente bajas.

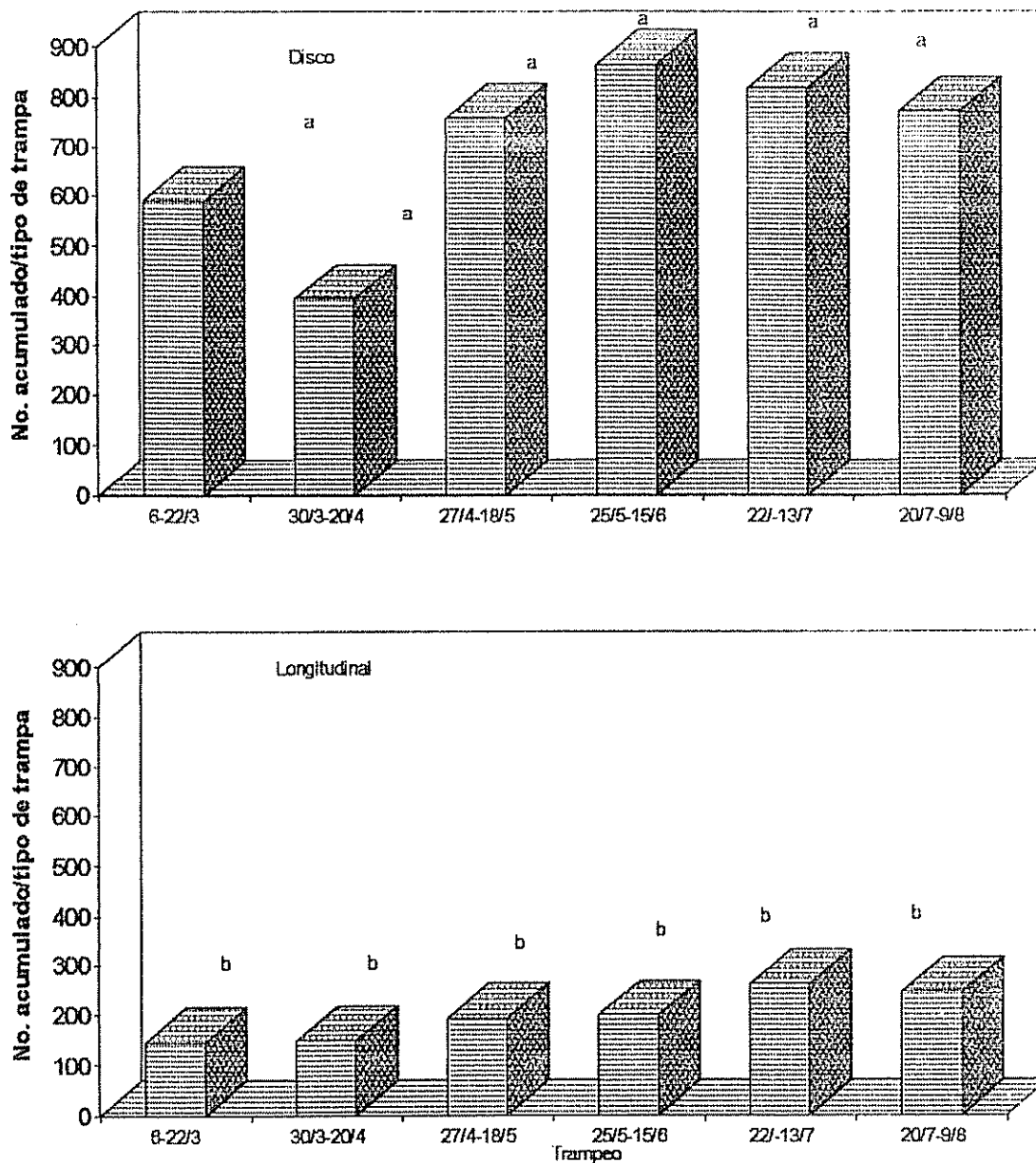


Figura 1. Distribución poblacional de picudos capturados durante seis meses utilizando dos tipos de trampa.

Barras con letras iguales no son estadísticamente diferentes entre sí ($p = 0.05$).

Posiblemente la trampa disco de cepa da una mejor indicación de la distribución poblacional de los picudos en el campo.

El total de *C. sordidus* capturado por muestreo en cada mes (trapeo), se presenta en la Figura 2. Para los tipos de trampa no hubo diferencias significativas entre los muestreos

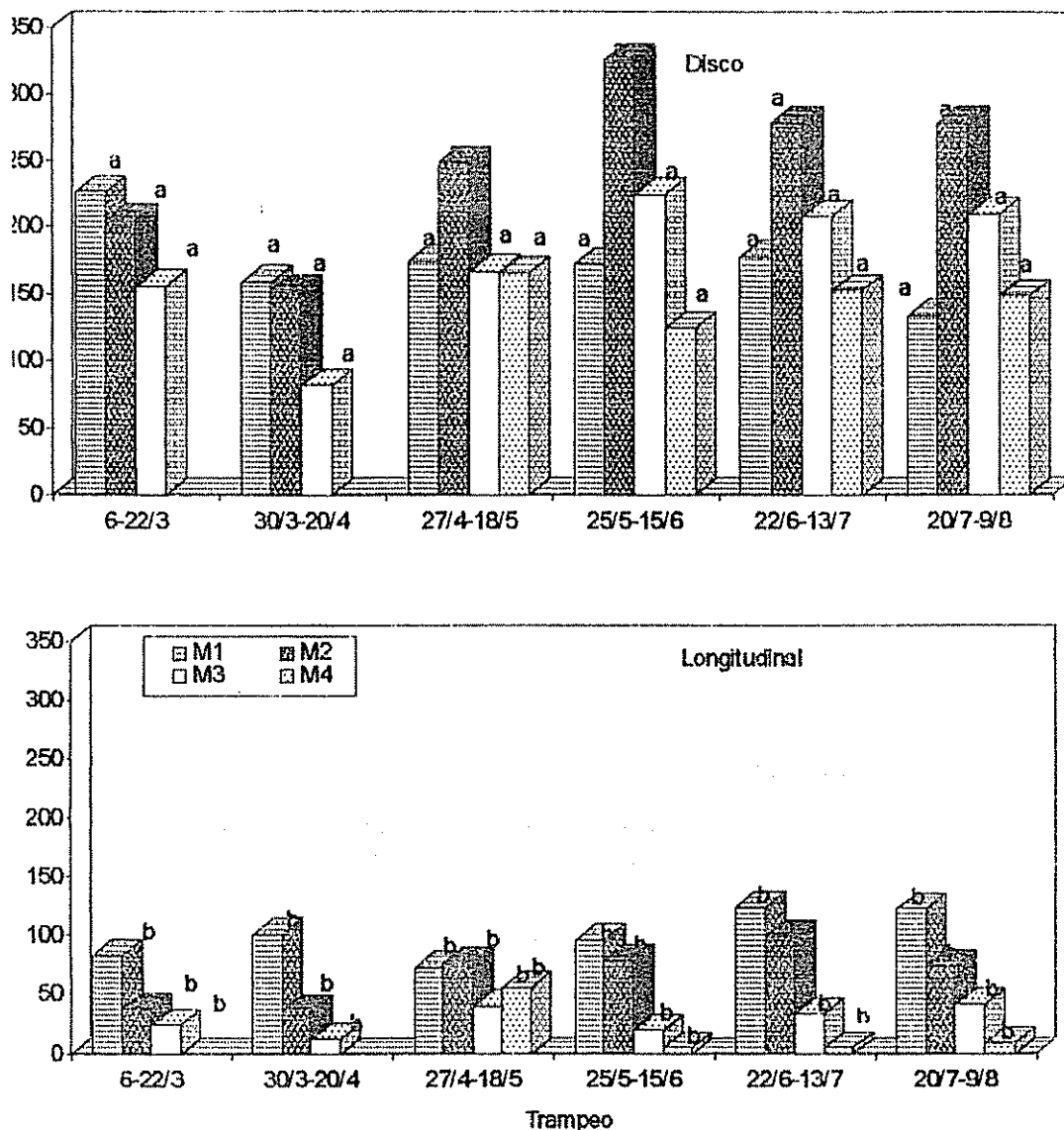


Figura 2. Distribución poblacional de picudos capturados durante seis meses por cada muestreo utilizando dos tipos de trampa.

Barras con letras iguales no son estadísticamente diferentes entre sí ($p = 0.05$).

hechos el día después de hecha la trampa (M1) con los muestreos realizados 1, 2 y 3 semanas después de hecha la trampa (M2, M3, M4). Pero vemos que en la trampa tipo disco sobresale el muestreo hecho una semana después (M2) con mayores capturas, mientras que en el tipo longitudinal hay una tendencia a obtener capturas muy altas en el muestreo

realizado un día después de hecha la trampa (M1) y descendiendo notablemente en los muestreos subsiguientes (M2, M3, M4). Esto posiblemente indica que la eficiencia de la trampa longitudinal no excede los ocho días debido a que a partir de esa fecha la trampa disminuye el nivel de captura drásticamente. Conforme se va secando el pseudotallo pierde progresivamente las sustancias contenidas en las vainas que según Trejo (1971) funcionan como atrayente de la plaga.

La efectividad de la trampa de disco se mantuvo durante los cuatro muestreos realizados por cada trapeo. Esto pareciera indicar que su vida útil es mucho más prolongada que la vida de la trampa longitudinal, la cual se descompone rápidamente y como consecuencia los insectos tienden a emigrar, reduciéndose el nivel de captura por trampa conforme pasan los días.

Estos resultados indican también que para determinar la dinámica poblacional de los picudos podemos utilizar la trampa de disco y los conteos hechos a los 8 días después de hecha la trampa como el mejor indicador de la población de picudos.

4.1.1.2 Comportamiento de la precipitación y su relación con la distribución poblacional

La población de picudos en el campo presenta un decrecimiento en abril para incrementarse hasta un máximo en junio. Sin embargo no sabemos el comportamiento en los meses siguientes, debido a que los muestreos terminaron en agosto.

En la Figura 3, se presenta el registro semanal de lluvias correspondientes al período comprendido entre marzo y agosto de 1996, considerando dentro de cada lectura semanal la lluvia acumulada durante siete días.

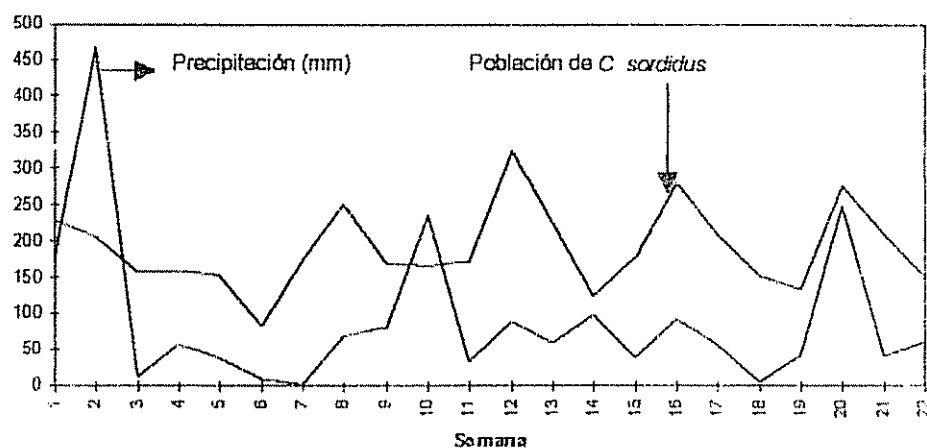


Figura 3. Precipitación y dinámica poblacional de *C. sordidus* para un periodo de observación de 22 semanas, determinada mediante la captura de adultos en trampas tipo disco de cepa.

Las capturas realizadas en trampas a base de rizoma y pseudotallo durante 22 semanas no arrojaron ninguna correlación (valor de significancia de 0.15) entre las lluvias y el número de adultos capturados. Estos resultados corroboran los hallados por Arleu y Neto (1984), quienes afirman que el movimiento de los adultos es constante durante todo el año y que los factores climáticos tienen poca influencia en la fluctuación poblacional, y los de Cárdenas y Arango (1986) que muestran que las precipitaciones acumuladas semanalmente, lo mismo que la precipitación ocurrida durante las 24 horas anteriores a las lecturas de las trampas no tienen relación con el número de adultos capturados. Ellos señalan que el exceso hídrico, calculado en base a las lluvias y la evaporación de la semana anterior a la fecha de la

lectura, tampoco tuvo relación con la población observada semanalmente. El picudo negro se dispersa a través de la semilla vegetativa transportada por el hombre y es un insecto de hábitos subterráneos que es poco afectado por las condiciones climáticas.

4.1.1.3 Efecto de los tratamientos de formulación de *B. bassiana* sobre la población total de *C. sordidus*.

Los mayores valores de capturas de adultos de *C. sordidus* se registró en los tratamientos (TdB_e, Tdtes), conformado por trampas de disco asociadas con la formulación en emulsión y sin aplicación (testigo) respectivamente (Figura 4), seguido por el tratamiento (TdB_a), constituido por la trampa de disco, asociada a la formulación sustrato de arroz (sólida). Esta formulación fue favorecida por la trampa de disco, debido a que sólo en ella el hongo creció y esporuló por un periodo aproximado de 15 días. Esto posiblemente se debió al efecto de la hoja que se colocó sobre cada trampa, lo que evitó que la formulación fuera lavada o bien dio las condiciones apropiadas de humedad para el crecimiento del hongo. Esto además de ser ventajoso por un lado, por otro lado posiblemente interfiere con la atracción de los insectos hacia las trampas.

Cabe destacar que el menor valor de capturas de *C. sordidus* por cada tipo de trampa fue registrado en los tratamientos (TdBa y TlBa), ambos asociados con la formulación sustrato de arroz. Estos resultados corroboran los hallados mediante estudios con *Beauveria* en sustrato de arroz contra *C. sordidus* en condiciones de campo por Carballo y Arias (1994), quienes indican que el número de insectos capturados en las trampas testigo, fue superior al capturado en trampas con *Beauveria* en sustrato de arroz, posiblemente debido a que el hongo tiene algún efecto que diluye o interfiere con el poder atrayente de las trampas hacia el insecto, disminuye su permanencia sobre las trampas o sencillamente, porque el sustrato de arroz reduce en las trampas el área de tejidos frescos sobre los cuales se alimenta el insecto.

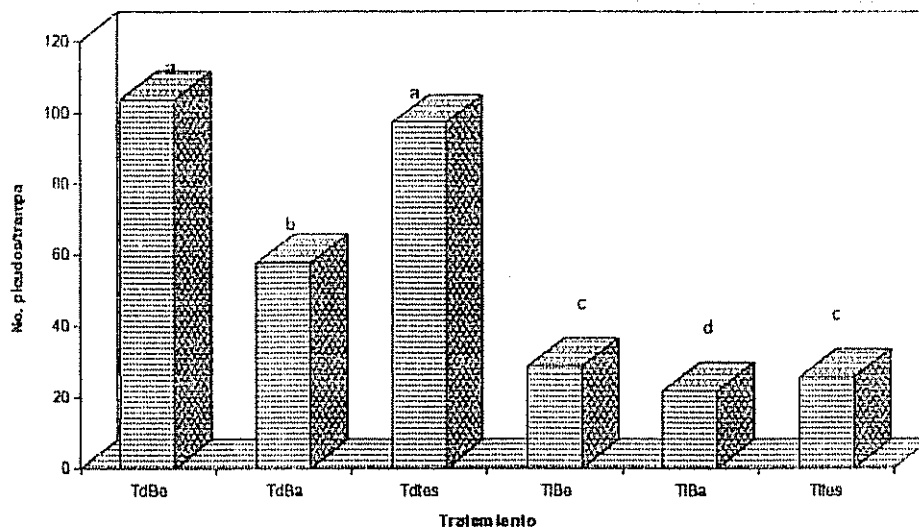


Figura 4. Número total de adultos de *C. sordidus* capturados por tratamiento durante la etapa del muestreo.

Barras con letras iguales no son estadísticamente significativas entre sí ($p = 0.05$).

Mediante el proceso de muestreo, se evidenció que el empleo de la formulación en sustrato de arroz afecta significativamente la captura de adultos de picudos, sin embargo, esta formulación permite al hongo crecer y esporular en el campo, lo que lo hace más persistente y le da una mayor capacidad de dispersión.

En el cuadro 4 se presenta el número promedio de picudos adultos capturados por tratamiento por trampeo, y se observa (última columna) que entre los tratamientos asociados con la trampa de disco (TdBa, TdBe y Tdtes), hubo diferencias significativas ($p < 0.05$), mientras TdBe y Tdtes no difirieron entre sí. También se detectó diferencias ($p < 0.05$) entre TlBa y TlBe, Tltes, sin detectarse diferencias entre los dos últimos.

Entre los tratamientos se detectó diferencias estadísticas ($p < 0.05$) en los seis trampeos. En cuatro de ellos hubo diferencias entre formulaciones e interacción de trampa por formulación en el tercer y cuarto trampeos. En los últimos trampeos sólo hubo diferencias entre trampas. Esto posiblemente obedece a incrementos de la plaga debido a que en dichos trampeos se registró un mayor número de captura del insecto, lo cual indica un incremento real de la población.

Cuadro 4. Número promedio de picudos adultos capturados por tratamiento por trampeo en trampas inoculadas con *Beauveria spp.*

| Tratamiento | Trampeo | | | | | | Total |
|----------------|---------|--------|----------|--------|--------|--------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| TdBe | 57.0 a | 45.0 a | 82.7 a | 87.5 a | 80.5 a | 61.5 a | 414.25 a |
| TdBa | 33.0 b | 18.3 b | 42.5 bc | 50.8 b | 54.5 a | 50.3 a | 229.25 b |
| Tdtes | 57.0 a | 35.5 a | 64.0 b | 78.0 a | 69.8 a | 83.5 a | 388.25 a |
| TlBe | 12.5 c | 13.0 c | 17.5 bcd | 19.5 c | 25.0 b | 26.3 b | 113.75 c |
| TlBa | 7.25 d | 10.0 c | 14.3 bcd | 17.8 c | 19.3 b | 17.5 b | 86.0 d |
| Tltes | 16.8 c | 14.3 c | 17.0 bcd | 12.5 c | 21.3 b | 4.84 c | 100.75 c |
| R ² | 85.4 | 86.3 | 94.85 | 94.7 | 85.5 | 89.3 | 98.07 |
| C.V | 21.58 | 15.12 | 11.20 | 11.96 | 17.11 | 13.55 | 6.24 |

Columnas con igual letra son iguales entre sí según prueba de Tukey al 5%.

4.1.1.4 Efecto del tipo de trampa sobre la mortalidad de *C. sordidus*.

Este factor no tuvo mayor influencia sobre la mortalidad de *C. sordidus*, debido a que siempre se recolectaba un número igual de picudos de ambos tipos de trampa, para hacer la estimación de mortalidad en el laboratorio, sin embargo, hubo un efecto indirecto debido a las diferencias en la población que captura cada tipo de trampa como se observa en el cuadro 5, donde se aplicó el porcentaje de mortalidad de cada formulación y tratamiento a la población capturada en cada tipo de trampa. En la trampa de disco se produjo un mayor número de insectos muertos, lo cual es muy importante ya que son estos los que van a diseminar el hongo en el campo.

Cuadro 5. Número estimado de insectos muertos total/trampa.

| Tratamiento | No. capturados | No. insectos muertos/trampa | Mortalidad (%) |
|-------------|----------------|-----------------------------|----------------|
| TdBe | 103.56 | 77.46 | 74.8 |
| TdBa | 57.31 | 25.21 | 44.6 |
| Tdtes | 97.06 | 5.62 | 5.8 |
| TlBe | 28.43 | 19.70 | 69.30 |
| TlBa | 21.5 | 11.11 | 51.7 |
| Tltes | 25.18 | 2.16 | 8.6 |

En este cuadro se observa que el hongo mata más insectos en la trampa de disco, debido a que es ahí donde se captura más insectos lo que indica la importancia del tipo de trampa para mejorar la efectividad de *B. bassiana*.

4.1.1.5 Efecto de la formulación sobre la mortalidad de *C. sordidus*.

En lo referente a mortalidad se encontró diferencias significativas por efecto de las formulaciones, tanto en la primera observación (día de aplicación) como en la segunda (8 días después de aplicar).

En la observación realizada el día de la aplicación (Figura 5), la formulación en emulsión causó mayor mortalidad de picudos que la formulación en sustrato de arroz, mientras que en la segunda observación, realizada 8 días después (Figura 6) ocurrió lo contrario, es decir, la formulación en sustrato de arroz superó la formulación en emulsión. Esto pareciera indicar que en el momento de la aplicación, el hongo en solución hace mayor contacto con el insecto que el hongo en sustrato de arroz, debido al efecto del aceite, el cual funciona como adherente, y el efecto del agua que lleva la formulación, lo cual tiende a favorecer al hongo en el proceso de germinación, mientras que en la formulación seca para que el hongo germine deben darse las condiciones de humedad en el ambiente. Posiblemente, el aceite permite que el hongo tenga una mayor efectividad debido a que mejora el contacto con el insecto. Así mismo como señala Carballo (1995), cuando se utiliza

el hongo en aceite se requiere una concentración más baja para matar el insecto que cuando utilizamos el hongo en agua.

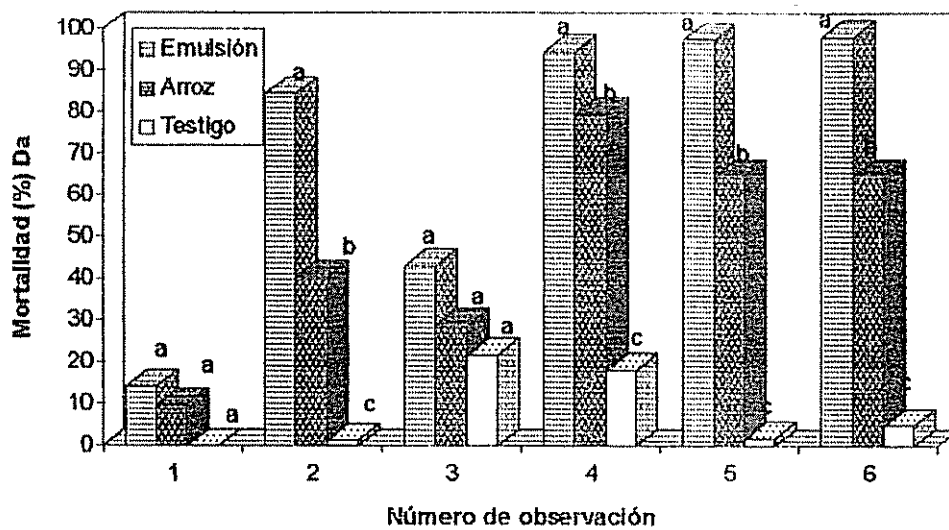


Figura 5. Efecto de la formulación sobre el porcentaje de mortalidad el día de la aplicación.

Barras con letras iguales no son estadísticamente diferentes entre sí ($p = 0.05$).

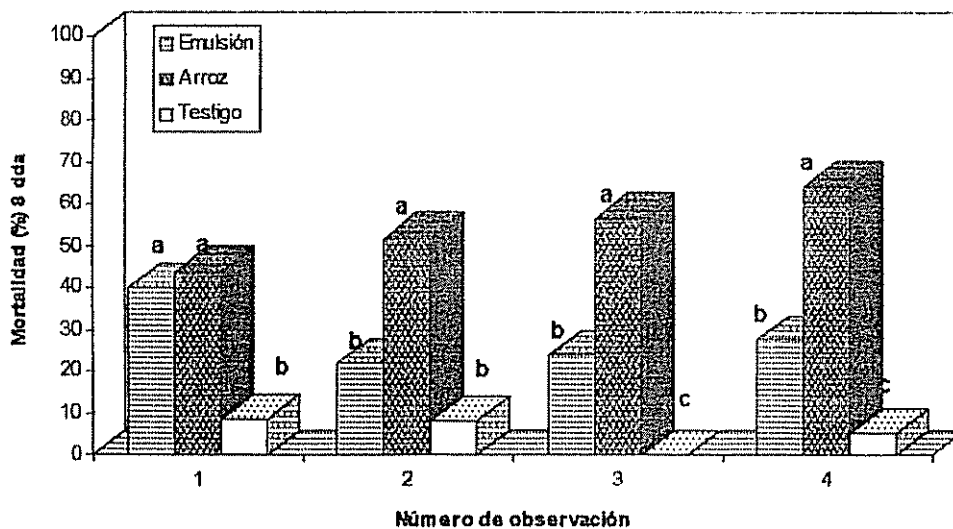


Figura 6. Efecto de la formulación sobre el porcentaje de mortalidad 8 días después de la aplicación.

Barras con letras iguales no son estadísticamente significativas entre sí ($p = 0.05$).

Se observó que en la formulación seca el hongo fue capaz de mantenerse esporulando por un periodo aproximado de 15 días, lo que lo hace más persistente en el campo y favorece también la dispersión del hongo, tal como ocurre con insectos muertos y esporulados, los cuales se constituyen en una fuente de inóculo.

Luego se hizo un análisis consolidando los 6 tratamientos incluyendo trampa y formulación, como se presenta en el cuadro 6 para los totales de mortalidad acumulada en los 6 periodos. Se observa que para el día de aplicación el hongo es más efectivo en emulsión con aceite que en arroz sin haber diferencias por tipo de trampa, sin embargo a los 8 dda, el hongo en arroz fue mayor que en emulsión, esto debido a los factores expuestos anteriormente.

Cuadro 6. Porcentaje de mortalidad acumulada de adultos de *C. sordidus* inoculados en el campo con *Beauveria* spp.

| Tratamiento | Mortalidad (%) | |
|----------------|----------------|----------|
| | Da | 8 Dda |
| | Media | Media |
| TdBe | 74.8 a | 26.52 bc |
| TdBa | 44.6 b | 62.40 a |
| Tdtes | 5.8 c | 5.00 bcd |
| TlBe | 69.3 a | 30.31 bc |
| TlBa | 51.7 b | 47.75 b |
| Tltes | 8.6 c | 7.45 bcd |
| R ² | 93.7 | 79.32 |
| C.V | 17.34 | 30.84 |

Da = día de aplicación; Dda = día después de aplicar.

Valores con igual letra son iguales entre sí según prueba de Tukey al 5%.

4.1.1.6 Nivel de infestación del corno por larvas de *C. sordidus* versus número promedio de captura de adultos.

En el cuadro 7 se presentan las cifras promedio de adultos capturados en las trampas, y las correspondientes al valor promedio del porcentaje de infestación real. Se observa que los niveles de infestación son bajos sin mostrar diferencias significativas entre ellos.

En este cuadro, se observa que el tratamiento (TdBe), tuvo un valor promedio de captura de 414.25 insectos, correspondiéndole un porcentaje de infestación promedio de 9.25. En comparación con los otros tratamientos éste (TdBe) fue inferior.

En el tratamiento (TlBa) se nota un promedio de captura relativamente cercano al testigo (Tltes) e inferior a todos los demás, sin embargo el porcentaje de infestación del corno fue considerablemente superior (13.62%). Al correlacionar los diferentes niveles de infestación con el número de captura, los resultados mostraron una significancia al 0.09 y un r negativo, lo que indica que a mayor captura de insectos se registró menor nivel de infestación del corno. Cabe mencionar que estos resultados difieren con los encontrados mediante un estudio de influencia del picudo negro y la precipitación en los platanares de cuatro localidades de Baru, Chiriquí, por Marcelino y Quintero (1991), quienes afirman que existe una correlación positiva con relación al efecto del picudo negro sobre las plantas volcadas de plátano, es decir, a mayor población del insecto se puede esperar un mayor número de plantas volcadas o un mayor nivel de daño en el corno. La influencia directa de las poblaciones de *C. sordidus* sobre el número de plantas volcadas se manifestó en forma evidente en todas las localidades estudiadas. Los autores afirman, que aunque el daño lo realizan las larvas del insecto, el registro de las poblaciones de adultos es un criterio válido para su evaluación, pues se considera que al emerger el adulto ya éste ha realizado el daño en su etapa de larva, y que la cantidad de adultos estará relacionada a la cantidad de larvas que lograron alimentarse del rizoma durante todo ese período.

No hay certeza de que en las cepas adonde se el daño (plantas muestreadas), se haya aplicado por lo menos una vez un tratamiento, ya que durante los seis meses en que se hicieron las trampas, se logró cubrir apenas el 20% de las plantas de la parcela por lo que la influencia de los tratamientos sobre la población de picudos y el daño fue muy bajo a nivel de parcela, ya que siempre se hicieron las trampas sobre cepas nuevas y cada cepa (planta) tiene una población dada de larvas y adultos independientemente de la población presente en otras cepas.

Cuadro 7. Número promedio de *C. sordidus* capturados y nivel de infestación del cormo.

| Tratamiento | Picudos capturados | Infestación del cormo (%) |
|-------------|--------------------|------------------------------|
| TdBe | 414.25 | 9.25 a |
| TdBa | 229.25 | 9.87 a |
| Tdtes | 388.25 | 8.62 a |
| TlBe | 113.75 | 11.12 a |
| TlBa | 86.0 | 13.62 a |
| Tltes | 100.75 | 9.87 a |

Por lo tanto aun cuando el daño es bajo, es de esperar que el efecto de los tratamientos ocurra en un lapso de tiempo mayor, cuando se haya cubierto un porcentaje más alto de la parcela con el hongo, lo cual probablemente podría ocurrir a los 12 meses, al cabo de los cuales se habría aplicado el 40% de las cepas.

Aún cuando los tratamientos de *B. bassiana* se hicieron siempre sobre trampas hechas en cepas de plátano nuevos, y siempre se obtuvieron altos porcentaje de mortalidad, la población de picudo no decreció en el tiempo que duró el experimento y por lo tanto el daño que siempre fue bajo, tampoco demostró reducciones por efecto del control. Esto se debe a que realmente el tiempo que duró el ensayo fue muy corto para ver un efecto significativo sobre la población de picudo y en la disminución del daño.

Estudios sobre manejo biológico y cultural de *C. sordidus* en plátano, realizado por García *et al.* (1995), muestran que el número de *C. sordidus* capturado por trampa tratada con *B. bassiana* puede reducirse a 20%, pero esto ocurre en un tiempo mínimo de 10 meses.

4.2 Experimento de laboratorio.

4.2.1 Características de los aislamientos en cuanto a producción masiva.

4.2.1.1 Conidios producidos por gramo de polvo y gramo de arroz.

La cantidad de conidios por gramo de polvo es muy útil, debido a que es un factor clave para calcular la dosis o cantidad de polvo a utilizar por unidad de área o insecto a tratar.

Cuadro 8. Número promedio de conidios producido por gramo de polvo y por 100 gramo de arroz.

| Tratamiento | Aislamiento | Polvo/100 g de arroz | Conidios/g de polvo | Conidios/100 g de arroz |
|----------------|----------------|----------------------|----------------------------|---------------------------|
| T ₅ | 9218 | 0.74 | 1.99 X 10 ¹¹ a | 1.47 X 10 ¹¹ a |
| T ₃ | 9006 | 0.80 | 1.37 X 10 ¹¹ b | 1.10 X 10 ¹¹ a |
| T ₂ | 113 | 1.01 | 1.34 X 10 ¹¹ b | 1.35 X 10 ¹¹ a |
| T ₁ | RL-9 | 1.22 | 1.33 X 10 ¹¹ b | 1.62 X 10 ¹¹ a |
| T ₄ | 9205 | 1.28 | 0.521 X 10 ¹¹ c | 0.67 X 10 ¹¹ b |
| | R ² | | 80.7 | 61.8 |
| | CV | | 21.35 | 25.9 |

Las medias con letras iguales no son significativamente diferentes ($p < 0.05$), según prueba de Tukey.

Sin embargo la mayor importancia se debe a que nos indica cual es el potencial de cada aislamiento para producir conidios con fines de producción masiva en el laboratorio y nos puede indicar si un aislamiento es promisorio.

En el cuadro 8, se observa que en lo referente a conidios por gramo de polvo y por 100 gramos de arroz hubo diferencias ($P < 0.05$) entre los aislamientos, siendo el 9218 superior a los demás en cuanto a conidios por gramo de polvo, mientras que en la producción de conidios por 100 gramos de arroz éste aislamiento (9218) fue similar a los demás, con excepción del aislamiento 9205, el cual obtuvo la menor producción de conidios.

Los datos de producción por gramo de polvo varío entre 0.527×10^{11} y 1.99×10^{11} conidios. El valor máximo y mínimo correspondió al aislamiento 9218 y 9205 respectivamente.

Si se considera que los mejores aislamientos son aquellos que producen más conidios por 100 gramos de arroz y presentan más conidios por gramo de polvo, entonces se puede decir que para fines de producción masiva sobresalen los aislamientos RL-9, 9218 y 113. Otro aspecto importante a considerar es que estos aislamientos con un mayor rendimiento de conidios por peso de arroz, permiten reducir los costos de producción masiva. Sin embargo hay que considerar también la virulencia de los aislamientos como veremos más adelante.

4.2.1.2 Viabilidad de conidios de *B. bassiana*.

Los conidios, son esporas asexuales, generalmente no resistente, que se forman sobre conidióforos (González, 1985). Constituyen las estructuras infectivas de diversos hongos. Por lo expuesto anteriormente la viabilidad de los conidios es de gran importancia, sobre todo teniendo en cuenta que existe una relación directa entre la cantidad de conidios infectivos y la mortalidad de los insectos por micosis (Ferrón, 1978).

Cuadro 9. Porcentaje promedio de viabilidad de 5 aislamientos de *B. bassiana* producida en arroz.

| Tratamiento | Aislamiento | Media |
|----------------|----------------|---------|
| T ₅ | 9218 | 99.13 a |
| T ₃ | 9006 | 98.33 a |
| T ₂ | 113 | 97.20 a |
| T ₁ | RL-9 | 96.05 a |
| T ₄ | 9205 | 95.98 a |
| | R ² | 42.3 |
| | CV | 1.72 |

Los promedios con letras iguales no son significativamente diferentes ($p < 0.05$), según prueba de Tukey.

La viabilidad de los conidios es un factor a considerar en la producción de hongos entomopatógenos, debido a que, tanto el proceso de reproducción y recolección como las características propias de cada aislamiento pueden afectarla.

El valor promedio porcentual de viabilidad de conidios se muestra en el cuadro 9, donde se evidencia que dichos valores oscilan entre 95.98 y 99.13, alcanzando valores máximos los aislamientos 9218 y 9006, seguido por el aislamiento 113 respectivamente. El análisis de varianza no detectó diferencias ($p < 0.05$) estadísticas entre los aislamientos, según la prueba de Tukey.

4.2.2 Efecto de los aislamientos sobre *C. sordidus*

4.2.2.1 Porcentaje de mortalidad

En diversos trabajos realizados en laboratorio con *C. sordidus*, utilizando diferentes aislamientos de *B. bassiana* se ha documentado que muchos de ellos son promisorios. Con miras a obtener mayor información al respecto, se llevó a cabo este bioensayo, el cual permitió comparar la virulencia de aislamientos de *B. bassiana* que habían sido seleccionados como promisorios en estudios anteriormente realizados, pero en condiciones diferentes de laboratorio.

Cuadro 10. Porcentaje de mortalidad acumulada de adultos de *C. sordidus* después de 15 días de inoculados con cinco aislamientos de *Beauveria spp.* Temperatura $25 \pm 2^\circ\text{C}$.

| | | Mortalidad (%) |
|----------------|-------------|-------------------|
| Tratamiento | Aislamiento | Media |
| T ₄ | 9205 | 95.0 a |
| T ₁ | RL-9 | 95.0 a |
| T ₅ | 9218 | 90.0 a |
| T ₃ | 9006 | 87.5 a |
| T ₂ | 113 | 65.0 b |
| R ² | | 66.94 |
| C.V | | 9.68 |

Prmedios con letras iguales no son significativamente diferentes ($p < 0.05$), según prueba de Tukey.

Datos transformados al arc \sqrt{x} .

En el cuadro 10, se presenta la mortalidad acumulada de adultos de *C. sordidus* después de 15 días de inoculados y se observa que hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el aislamiento 113 y los aislamientos 9205, RL-9, 9218, 9006. Estos últimos no difirieron entre sí.

Los aislamientos 9205 y RL-9 alcanzaron los mayores valores de mortalidad, seguido por el aislamiento 9218, correspondiendo los menores valores a los aislamientos 9006 y 113 (Figura 7) Estos resultados parecieran indicar que los aislamientos en estudio aplicados a dosis de 1×10^8 conidios/ml son altamente virulentos a excepción del aislamiento 113 que posiblemente requiere de mayor número de conidios por ml de agua para alcanzar porcentajes de mortalidad superiores en el insecto. Mesquita *et al.* (1981) y Busoli *et al.* (1989) afirman que un aumento en la dosis del hongo entomopatógeno aumenta el porcentaje de mortalidad y disminuye el tiempo que tardan en morir los insectos hospederos.

El aislamiento RL-9 provocó mortalidad de 95%. Estos resultados difieren levemente con los hallados por Brenes (1993), quien con el mismo aislamiento obtuvo una mortalidad de 90%, pero utilizando el hongo en agua y no en aceite. Así mismo dichos resultados contrastan con los encontrados por Moreira (1994), que con el aislamiento RL-9 indica porcentaje de mortalidad de 47%.

4.2.2.2 Tiempo letal medio (TL₅₀).

Los diferentes aislamientos utilizados contra *C. sordidus* presentaron variación en el tiempo letal medio (TL₅₀) (Figuras 7 y 8, cuadro 11). Entre ellos los aislamientos 9205 y RL-9 tuvieron el TL₅₀ más bajo, los cuales coincidieron con el mayor porcentaje de mortalidad. Es posible que estas diferencias se deban a características intrínsecas de los

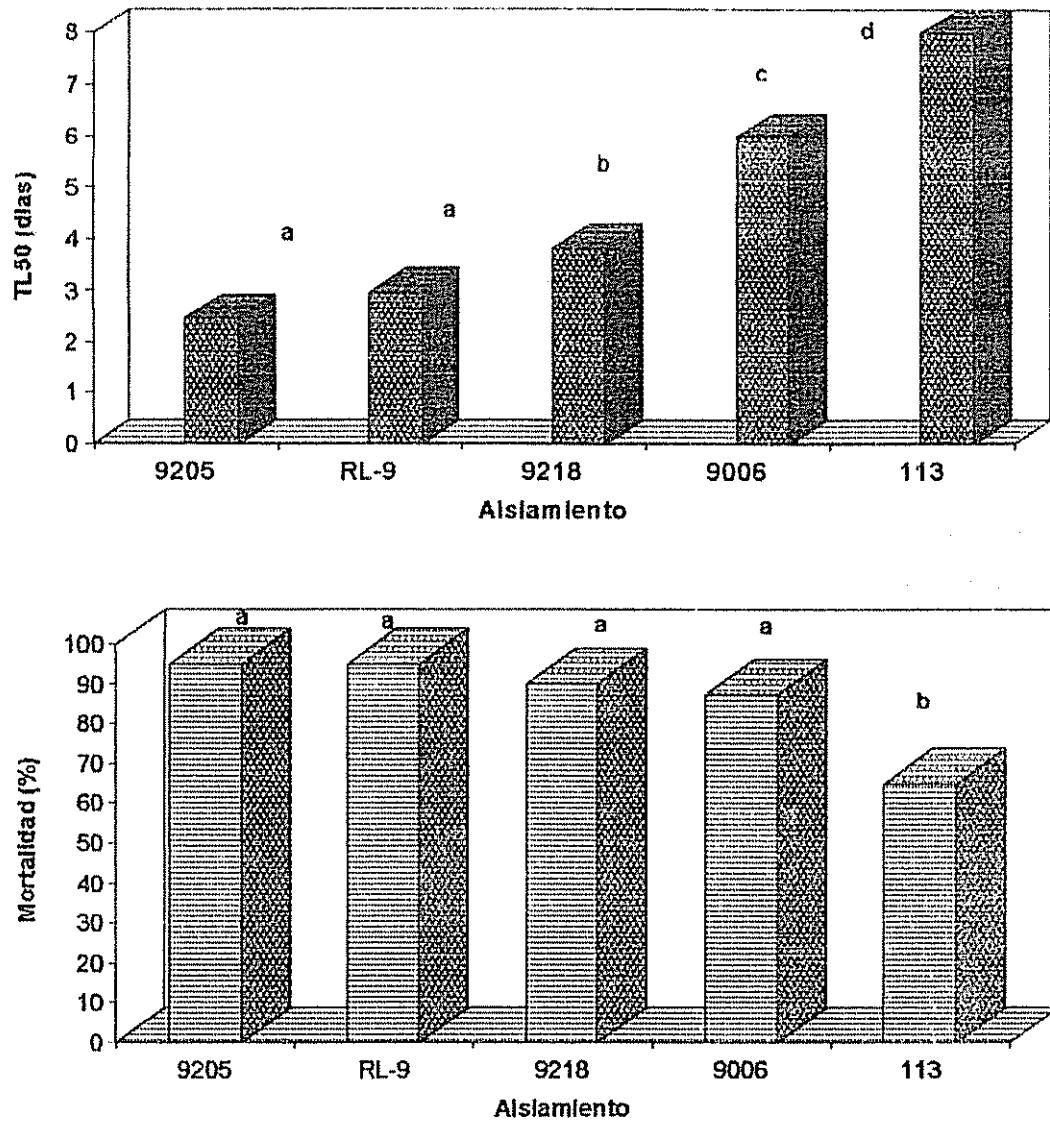


Figura 7. Tiempo letal medio (TL₅₀) y porcentaje de mortalidad acumulada de adultos de *C. sordidus* inoculados con diferentes aislamientos de *Beauveria sp.*

Barras con letras iguales no son estadísticamente significativas entre sí ($p = 0.05$).

aislamientos debido a que los mismos fueron reproducidos, manejados y aplicados bajo la misma condición de laboratorio. Por otro lado, las diferencias pudieran atribuirse al efecto de la procedencia. Esta difiere para cada aislamiento en estudio.

Basado en la mortalidad y el TL_{50} , lo cual indica la virulencia del aislamiento, unido a la producción de conidios por insecto muerto, se considera al aislamiento RL-9 como el mejor, debido a su alta virulencia y a la gran cantidad de conidios por insectos muertos, características claves en el proceso de dispersión del hongo en el campo.

En un estudio realizado por Brenes (1993) usando la concentración de 1×10^8 conidios/ml del aislamiento RL-9, el TL_{50} de los insectos inoculados fue de 7.15 días. Este valor es alto comparado con el obtenido en el presente estudio (2.95 días) con el mismo aislamiento a igual concentración. Las diferencias entre los resultados de ambos estudios pudieran deberse a las condiciones de la prueba o con mayor probabilidad al efecto del aceite que fue mezclado con el hongo.

Las diferencias en TL_{50} detectadas al utilizar el hongo mezclado con aceite, confirman resultados obtenidos por Carballo (1994) que muestran que el aceite puede causar la muerte del hospedero independientemente del efecto del hongo. Cuando es usado en concentración superior al 20% de aceite y agua pero a niveles menores de 15% se espera que contribuya con el efecto del hongo al afectar el nivel de stress y otros factores que favorecen la acción del hongo.

Cuadro 11. Tiempo letal medio (TL₅₀) obtenido por cinco aislamientos de *Beauveria spp.* sobre adultos de *C. sordidus*. Temperatura 25 ± 2 °C.

| Aislamientos | TL ₅₀ (días) | I. C. <95%> Inferior - Superior |
|--------------|----------------------------|------------------------------------|
| 9205 | 2.45 a | 2.21 - 2.68 |
| RL-9 | 2.95 a | 2.51 - 3.38 |
| 9218 | 3.84 b | 3.85 - 4.66 |
| 9006 | 5.98 c | 5.31 - 6.60 |
| 113 | 8.00 d | 7.04 - 9.04 |

Promedios con letras iguales no son significativamente diferentes, por el traslape de los intervalos de confianza.

$$1 Y = 2.9821718 + 4.28461777 \log X$$

$$4 Y = 2.704975 + 5.88580036 \log X$$

$$2 Y = 1.9028668 + 3.42808468 \log X$$

$$5 Y = 2.6767163 + 3.68921326 \log X$$

$$3 Y = 0.8877585 + 5.29460761 \log X$$

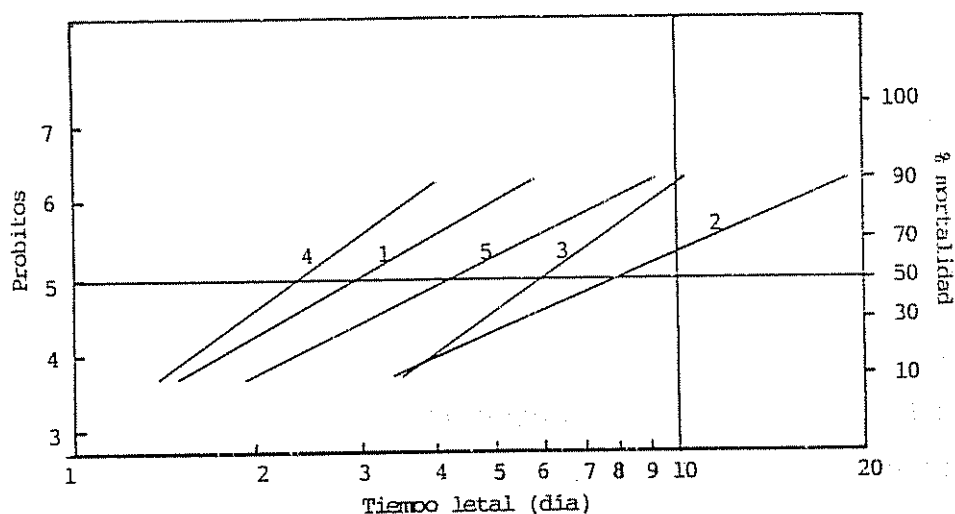


Figura 8. Líneas de respuesta y ecuaciones de probit de mortalidad y tiempo letal de adultos muertos de *C. sordidus* por diferentes aislamientos de *Beauveria sp.*

Observando la figura 8, se corrobora que el aislamiento 9205 fue el más virulento, debido a que alcanzó el 100% de mortalidad en menos tiempo.

4.2.2.3 Producción de conidios por insectos muertos en el laboratorio.

Hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos para la producción promedio de conidios por insectos muertos por aislamiento (cuadro 12) donde se observa que los insectos inoculados con el aislamiento RL-9 produjeron la mayor cantidad de conidios, seguido por los insectos inoculados con los aislamientos 113 y 9218.

Cuadro 12. Producción de conidios de diferentes aislamientos de *Beauveria sp.* en adultos muertos de *C. sordidus* después de 21 días de inoculados.

| Tratamiento | Aislamiento | Media |
|----------------|----------------|---------------------------------|
| T ₁ | RL-9 | 8.2×10^8 ^a |
| T ₂ | 113 | 6.6×10^8 ^{ab} |
| T ₅ | 9218 | 6.2×10^8 ^b |
| T ₃ | 9006 | 3.6×10^8 ^c |
| T ₄ | 9205 | 2.1×10^8 ^c |
| | R ² | 90.7 |
| | CV | 15.20 |

Las medias con letras iguales no son significativamente diferentes ($p < 0.05$), según prueba de Tukey.

Estos resultados concuerdan con los hallados por Brenes y Carballo (1994) quienes evaluando diferentes aislamientos encontraron que los insectos muertos por el aislamiento RL-9 produjeron la mayor cantidad de conidios. Este aspecto tal y como mencionan los autores (Brenes y Carballo 1994) es importante ya que los insectos muertos que quedan en el campo son una fuente de inóculo para futuras reinfecciones en el campo. Una buena producción de conidios puede ser el medio más efectivo para dispersar el hongo en el campo ya que los conidios pueden ser distribuidos fácilmente por el viento y el agua de lluvia, sin embargo es importante señalar que los conidios de *B. bassiana* pueden ser afectados por factores tales como temperatura y humedad relativa, afectando los procesos de esporulación, disseminación e infección.

Haciendo un balance final con las características de los diferentes aislamientos como son rendimiento de conidios por 100 gramos de arroz, rendimiento de conidios por gramo de polvo, número de conidios producidos por insectos muertos y virulencia indicada por el

porcentaje de mortalidad y el TL_{50} , podemos decir que los mejores aislamientos fueron el RL-9, 9205 y el 9218, aunque el 9205 es bajo en rendimiento de conidios y bajo en producción de conidios por insectos muertos.

5. Conclusiones

- La trampa tipo disco de cepa resultó un método eficiente para la dispersión de *B. bassiana* en el campo, así como para la captura de adultos de *C. sordidus* en plantaciones establecidas.
- *Beauveria bassiana* (aislamiento 113) causó porcentajes promedio de mortalidad de adultos de *C. sordidus* entre 42 y 60%, sin embargo, no se evidenció descenso de la población después de 24 semanas de aplicar el hongo en el campo.
- La formulación en sustrato de arroz afectó significativamente la captura de adultos de *C. sordidus*.
- La formulación en emulsión causó un mayor porcentaje de mortalidad de *C. sordidus* en la trampa tipo disco de cepa.
- No hubo relación entre el número de adultos de *C. sordidus* capturados y el nivel de daño en el corno de las plantas.
- Los aislamientos 9205 y RL-9 causaron el mayor porcentaje de mortalidad y el menor tiempo letal medio (TL₅₀), mientras que los aislamientos 9218 y RL-9 produjeron la mayor cantidad de conidios por insectos muertos.
- Los aislamientos estudiados de *B. bassiana* presentaron diferencias en producción de conidios sobre los insectos muertos.

6. Recomendaciones

- La formulación en emulsión debe ser aplicada en trampa tipo disco de cepa 8 días después de hecha la trampa en el campo para aprovechar el mayor contacto del hongo con el máxima número de insectos capturados, lo cual ocurre una semana después de realizar las trampas.
- El aislamiento RL-9 debe ser aplicado y estudiado en el campo por un período más prolongado (12 meses), debido a que estuvo entre los dos aislamientos que produjeron la mayor cantidad de conidios por insectos muertos, además de alcanzar un alto porcentaje de mortalidad acompañado de un bajo TL_{50} .
- Se requieren estudios más largos para ver el efecto a largo plazo sobre el control y disminución del nivel de daño.

7. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- ACOSTA, K.; ARIAS, A.; MARCELINO, L.; PONS, S. 1987. La situación de los cultivos de plátano y banano en Panamá. In Memoria de la reunión regional de INIBAP para América Latina y el Caribe. 1987, San José, Costa Rica. Jaramillo, R.; Mateo, N., eds. San José, Costa Rica. GRAFO PRINT S.A. 284 P.
- ALVES, S.B.; MORAES, S.A. 1979. Influencia da luz sobre o crescimento e esporulação de *B. bassiana* po (Bals.) Vuill. Ecosistema. Espirito Santo do Pinhal, 4(1): 43-50.
- ALVES, S.B. 1986. Agentes entomopatogénicos no controle microbiano. In Alves, S.B, ed. Controle microbiano de insectos. Sao Paulo, Brasil. Editora Manole, p. 237-407.
- ARLEU, R.J.; NETO, S.S. 1984. Broca da bainanera *Cosmopolites sordidus* GERM., 1824 (Coleoptera: Curculionodae). Turrialba (Costa Rica) 34(3): 359-367.
- AYALA, J. L.; MONZÓN, S. 1977. Ensayo sobre diferentes dosis de *B. bassiana* para el control del picudo negro del plátano (*Cosmopolites sordidus*) (GERMAR). Centro Agrícola (Cuba) 4(2): 19-23.
- BARRIOS A, M. 1992. Producción y virulencia de algunas cepas del hongo entomopatogéno *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. contra la Broca del cafeto *Hypothenemus hampei* (Ferrari). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CAITE. 48 p.
- BATISTA FILHO, A. L. M. 1989. Biological control of the banana root borer (*Cosmopolites sordidus* Germar, 1824) by entomogeous fungi in the laboratory. Biológico (Brasil) 53:1-6.
- BECCARI, F. 1967. Contributo alla conoscenza del *Cosmopolites sordidus* (GERMAR) (Coleoptera: Curculionidae); parte I. Rivista di Agricoltura Tropicale e Subtropicale. 61(1-3):51-93.
- BECCARI, F. 1963. II *Cosmopolites sordidus* Germar. (Coleoptera, Curculionidae) in Somalia; nota preventiva. Revista di agricoltura Subtropicale e Tropicale (Italia) 57 (1-3): 51-53.
- BELALCAZAR, S. 1991. El cultivo del plátano en el trópico. Colombia, ICA. 376 p.
- BELL, J.V. 1974. Mycoses. In: CANTWELL, G.E. Insets diseases. New York, Marcel, Dekker. pp 185-230.
- BRENES, S.; CARBALLO V, M. 1994. Evaluación de *B. bassiana* (Bals) para el control biológico del picudo del plátano *Cosmopolites sordidus* (GERMAR). Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) No. 31: 17-21.

- BRIDGE, J. 1988. Plant nematode pest of banana in East Africa with particular reference to Tanzania. In C. S. Gold and B. Gemmill Eds. Biological and Integrated Control of Highland banana and Plantain Pest and Diseases. Proceedings of a Research Coordination Meeting. Cotonou, Bénin, 12-14 November 1991. pp 147-153.
- BRUNER, S.C.; DESCHAPELLES, J.B. 1945. El picudo negro del plátano. Cuba, Ministerio de Agricultura. Circular No. 82. 6 p.
- BUSOLI, A.C.; FERNANDEZ, O.A.; TAYRA, O. 1989. Controle da broca da bananeira *Cosmopolites sordidus*, Germar 1824 (Coleoptera: Curculionidae) a través dos fungos entomopatogenicos *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill. e *Metamarhizium anisopliae* (Metschn.). Annais da sociedade Entomológica do Brasil. 18:33-41.
- CARABALLO, A.; GUERRERO, L. 1987. Situación actual de la producción de plátano y banano en la República Dominicana. In Memoria de la reunión regional de INIBAP para América Latina y el Caribe. 1987, San José, Costa Rica. Jaramillo, R.; Mateo, N., eds. San José, Costa Rica. GRAFO PRINT S.A. 284 P.
- CARBALLO V, M.; ARIAS, M. 1994. Evaluación de *Beauveria bassiana* para el control de *Cosmopolites sordidus* y *Metamacius hemipterus* (Coleoptera: Curculionidae) en condiciones de campo. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) No 31: 22-24.
- _____, 1995. Uso de hongos entomopatógenos en el control de plagas: notas de clase. Turrialba, CATIE, Proyecto MIP.
- CARBALLO, M. 1996. Evaluación de la mortalidad de *C. sordidus* (GERMAR) por efecto de diferentes formulaciones de *B.bassiana* (Bals.). In VI Congreso Internacional de Manejo Integrado de Plagas y V Taller Latinoamericano sobre Moscas blancas y Geminivirus. 1996. Acapulcro, Gro. México.
- CARDENAS, R. 1983. Dos plagas del plátano en el Quindío. Picudo negro, *Cosmopolites sordidus* (Germar). In Primer Seminario Internacional sobre plátano, 1°. Manizales junio 10, 1983, p. 27-32.
- CARDENAS, R.M.; ARANGO, L.B. 1987. Control del picudo negro *Cosmopolites sordidus* (GERMAR 1824) del plátano Musa AAB Simmonds mediante prácticas culturales. CENICAFÉ (Colombia) 38 (1-4): 50- 61.
- _____; ARANGO, L.G.B. 1986. Fluctuación poblacional y dispersión del picudo negro negro del plátano *C. cosmopolites sordidus* (Germar). Revista Colombiana de Entomología 12, 37-45.
- CASTAÑO-PARRA, O. 1989. Manejo de problemas entomológicos en los cultivos de plátano y banano. In Manual sobre el cultivo de plátano. Feseración Nacional de Cafeteros de Colombia. 175 p.

- CASTIÑEIRAS, A.; LOPEZ, M.; CALDERÓN, A.; CABRERA, T.; LUJAN, M. 1990. Virulencia de 17 aislamientos de *Beauveria bassiana* y 11 de *Metarhizium anisopliae* sobre adultod de *Cosmopolites sordidus*. CIENC. TEC. AGRIC., Protección de plantas (Cuba) 13(1) 45-49.
- CASTRILLÓN A, C. 1991. Control químico del picudo del plátano (*Cosmopolites sordidus* Germar) dentro de un programa de manejo integrado.
- CAVE, R. D. 1995. Perspectiva del control biológico. In Manual para la enseñanza del Control Biológico en América Latina. CAVE, R. D. (ed). Escuela Agrícola panamericana. El zamorano, Honduras. p.7.
- COLBRAN, R.C. 1967. Hot-water tank for treatment of banana planting material. Queensland Agricultural 93:353-354.
- CHALKER, F.C. 1987. Banana growing. Agtact H 6.1.2, Depart. Agric. New South Wales. 15 p.
- CHAMPION, J. 1968. EL plátano. Traducción de Fermín Palomeque. Barcelona, Editorial Blume. Colección Agrícola Tropical. p. 142-145.
- DAOUST, R.A.; ROBERTS, D.W. 1982. Virulence of natural and insect-passaged strains of *Metarhizium anisopliae* to mosquito larvae. J. invertebr. Pathol. 40,107-117.
- DELATTRE, P.; JEAN-BART, A. 1978. Activités des champignons entomopatogènes (fungi imperfecti) sur les adultes de *Cosmopolites sordidus* Germ. (Coleoptera: Curculionidae). Turrialba (Costa Rica) 28(4): 287-293.
- DELATTRE, P. 1980. Recherche d' une methode d' estimation des population du charancon du bananier, *Cosmopolites sordidus* (Col., Curc.). Acta Oecológica 1: 83-92.
- DUNCAN, R.; PEÑA, J.E. 1990. Second International Caribbean Conference of entomology. Cancun, Aug 6-9. p 29 (Abstract).
- FENJVES, P.; FERNANDEZ, R.F. 1951. Datos sobre el gorgojo negro del plátano *Cosmopolites sordidus* (GERMAR) 1824; (Coleoptera: Curculionidae) en Venezuela. Agronomía Tropical (Venezuela) 1(3): 227-232.
- FERRON, P. 1985. Fungal control. In Comprehensive insect physiology biochemistry and pharmacology. Ed: G. A. Kerkut u I I Gilbert vd. 12: Insecto control. Pergamon Press. Oxford n.a.

- FIGURAUEROA, W. 1990. Biocontrol of the banana root borer weevil, *Cosmopolites sordidus* (Germar), with Steinernematid nematodes. Journal of Agriculture of the Universidad of Puerto Rico (Puerto Rico).
- GALAINI, S. 1984. The efficacy of foliar applications of *Beauveria bassiana* conidia against *Leptinotarsa decemlineata*. Cornell Universidad, New York, 94 p. (Tese de Mestrado).
- GALLEGO M, F.L. 1956. El picudo o taladrador del plátano y del abacá *Cosmopolites sordidus* (Germar) 1824. Revista Facultad Nacional de Agronomía (Colombia) 18(50) : 65-72.
- GARCIA R, F.; GÓMEZ G, J. E.; BELALCAZAR C, S. 1995. Manejo biológico y cultural de *C. sordidus* (Germar) en plátano. In Instituto Colombiano Agropecuario. Mejoramiento de la producción del cultivo del plátano. Quindío, Colombia. PRODUMEDIOS. P 215-220.
- GÓMEZ C, P. L.; BELALCAZAR C, S.; MARTINEZ G, A. 1987. Programa de plátano y banano en Colombia. In Memoria de la reunión regional de INIBAP para América Latina y el Caribe. 1987, San José, Costa Rica. Jaramillo, R.; Mateo, N., eds. San José, Costa Rica. GRAFO PRINT S.A. 284 P
- GONZÁLEZ, L. C. 1985. Introducción a la fitopatología. San José, Costa Rica. Editorial IICA. p 29. Series de libro y materiales educativos/ IICA; No. 29.
- GUTIERREZ D, C. 1991. Control de larvas *Plutella xylostella* (L.) con la mezcla *Beauveria bassiana* (Bals.) vuill. más nu-film 17. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 73 p.
- GUZMÁN C, J.A. 1987. El banano y el plátano en Costa Rica. In Memoria de la reunión regional de INIBAP para América Latina y el Caribe. 1987, San José, Costa Rica. Jaramillo, R.; Mateo, N., eds. San José, Costa Rica. GRAFO PRINT S.A. 284 P
- HADDAD G, O.; SURGA R, J. R.; WAGNER O, M. 1979. Relación de la composición genómica de las musáceas con el grado de atracción de adultos y de larvas de *C. sordidus* G. (Coleoptera : Curculionidae). Agronomía Tropical, 29(5), 429-438.
- JARAMILLO, R. 1983. Importancia socioeconómica del cultivo del plátano. In Seminario Internacional sobre plátano (1er.), 1983, Manizales, Colombia. 331 p
- JIMENEZ, J.E. 1958. *Plaesius javanus*, un enemigo natural del barrenador del plátano *Cosmopolites sordidus* (GERMAR). Fitófil (México) 11(21): 48-50.

- JIMENEZ, O. F. 1994. Resumen acumulado de datos agroclimáticos. Turrialba, Costa Rica, CATIE. (Mimeografiado)
- KERMARREC, A.; MAULEÓN, H. 1975. Controle biologique expérimental de *Cosmopolites sordidus* par the Rhabditide *Neoaplectana carpocapsae* (nematoda: Neoaplectanidae). St. Lucia, 8 th OTAN Congress, 4-5 August.
- _____, MAULEÓN, H. 1989. Synergy between chlordecone and *Neoaplectana carpocapsae* weiser (Nemaátoda: Steinernematidae) in the control de *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Curculionidae). Revve de Nematología (Francia) 12:324-325.
- LAMAS, J.M. 1947. El gorgojo negro del plátano *Cosmopolites sordidus* (Germar), el nuevo y principal insecto dañino del plátano y su existencia en el Perú. Estación Experimental Agrícola La Molina, Perú. Boletín No. 34.
- LARA, E.F. 1970. Problemas y procedimientos bananeros en la zona Atlántica de Costa Rica, Turrialba, Costa Rica, IICA. 278 p.
- MARCELINO, L.; QUINTERO, J.A. 1991. Influencia del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) y de la precipitación en los platanales de cuatro localidades de Barú, Chiriquí. Revista Ciencia Agropecuaria N° 7. Panamá. (Irregular) IX, 141 p.
- MESQUITA, A.L.M.; CORDEIRO, Z.J.M.; ALVES, E.J.; CALDAS, R.C. 1984. Utilizacao de fungos entomógenos para o controle biológico da broca do rizoma da bananeira. Relatório Técnico anual. Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura (Brasil).1983. p.45-47.
- MITCHELL, G.A. 1978. The estimation of banana borer population and resistance levels. Winban Research and Devenlopment, St. Lucia. Tecchnical Bulletin No. 2. 34 p.
- MONTELLANO B, C. 1954. Estudios biológicos del *Cosmopolites sordidus*, que infesta al rizoma de abacá. Tesis Mag. Agr. Turrialba, costa Rica, IICA. 71 p.
- MOREIRA, D.A. 1994. Patogenicidad de *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuill (Hyphomycetes: Moniliales) sobre adulto de *Cosmopolites sordidus* Germar (Coleoptera: Curculionidae). Tesis Ing. Agr. Limón, Costa Rica, Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda. p. 85-90.
- PAVIS, C. 1988. Quelques aspects comportementaux ches le charancon du bananier, *Cosmopolites sordidus* Germar (Coleoptero: curculionidae). In C. S. Gold and B. Gemmill Eds. Biological and Integrated Control of Highland banana and Plantain Pest and Diseases. Proceedings of a Research Coordination Meeting. Cotonou, Bénin, 12-14 November 1991. pp 171-180.
- PEÑA, J. E.; DUNCAN, R.; MARIN, R. 1991. Biological control of *Cosmopolites sordidus* in Florida. In C. S.; B. eds. Biological and integrated control of highland

banana and plantain pest and diseases. Proceedings of a Research Coordination Meeting, Cotonou, Bénin, 12-14 November 1991 Eds C.S. gold; B. genmill. Ibadan Nigeria, IITA. 124-139.

- QUEZADA, J.R. 1989. Manipulación y aumento de los enemigos naturales. In manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura. Estado actual y futuro. Andrews, K.L. y Quezada, J.R (eds.). Departamento de Protección Vegetal, Escuela Agrícola panamericana. El zamorano, Honduras. p. 187.
- QUINLAN, R.J. 1988. Uso of gungi to control insects in glasshouses. In Burge, M.N (ed.). Fungi in biological control systems. Manchester University Press, Manchester. P 18-36.
- ROBERTS, D.W. 1989. World picture of biological control of insects by gungi. Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro. Vol. 84 supl. III
- ROCHE, R.; ABREU, S. 1983. Control biológico del picudo negro. Ciencias de la Agricultura (Cuba) 17:41-49.
- ROTH, L.M.; WILLIS, E.R. 1963. The humidity behavior of *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera, Curculionidae). Annals of the Entomological Society of América 56(1):41-52.
- RUIZ, A.G. 1973. Insecticida Lorsban, efectivo y seguro para el control del picudo negro del banano. Biokemia 17:13-15.
- SANCHEZ, M.; MENDEZ, T.E.; ALMAZAN, O. 1992. Obtención de un biopreparado en polvo del hongo entomopatígeno *Beauveria bassiana* (bals) Vuill (Deuteromycotina: Hyphomycetes). Review Latin american Microbiológica 34, 319- 323.
- SEGURA R, L. 1975. Evaluación de modelos de trampas y control químico del picudo negro del banano *Cosmopolites sordidus* Germar, en Pococi, Limón, Costa Rica. Tesis Ing. Agr. Turrialba, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 58 p.
- SEGURA, L.; VARGAS, O. 1971. Estudios de 11 insecticidas en el combate de picudos del banano (*Cosmopolites sordidus* y *Metamasius sp.*) en Pococi, Limón. San José, Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería. Departamento de Entomología.
- SILVA , P.; ABREO, J.M. DE. 1968. El gorgojo del tallo del banano *C. sordidus* (Germar), el la región de cacaotales de Bahía, Brasil. Boletín Fitosanitario de la FAO 16(6): 111-113.
- STOREY, G. K.; GARDNER, W.A. 1986. Sensitivity of the entomogenous fungus *Beauveria bassiana* to selected plant growth regulators and spray additives. Applied and environmental Microbiology. University of Georgia. Julio 1986, Vol. 52, No. 1. p 1-3.

- TOLEDO, A.A. 1955. Resultados de tres ensaios de combate químico ao *Cosmopolites sordidus* (Germar) Broca de rizoma da bananeira. O Biológico (Brasil) 21(4):57-62.
- TOSI, J.A. 1969. Mapa ecológico de la República de Costa Rica, según la clasificación de zona de vida del mundo de L. R. Holdrige. San José, Costa Rica, Centro Científico Tropical.
- TREJO A, J. A. 1971. Biología del "picudo negro del banano" *Cosmopolites sordidus* Germar y su distribución. Tesis Ing. Agr. San Salvador. Universidad del Salvador. 66 p.
- VILARDEBO, A. 1960. Le coefficient d'infestation, critere d'évaluation du degré d'attaques des bananeraies por *Cosmopolites sordidus* (GERMAR) le charaçon noir du bananier. Fruits (Francia), 28 (6): 217-226.
- YIN, F.M. 1983. Storage of conidial powder of *B. bassiana*. Guangdong Forestry Newsletter 3/4, 13-16 (in Chinese).

Anexo 1. Número promedio de picudos capturados por tratamiento en cada muestreo.

| Tratamiento | Muestreos | | | | | | | |
|----------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| T ₁ | 5.28 a | 5.05 a | 3.95 a | 4.65 a | 4.64 a | 3.48 a | 5.10 a | 6.00 a |
| T ₂ | 4.14 b | 4.41 a | 3.81 a | 3.69 b | 2.79 b | 1.35 b | 3.66 b | 3.93 c |
| T ₃ | 5.25 a | 4.76 a | 4.41 a | 3.90 a | 4.19 a | 3.55 a | 3.85 b | 4.87 b |
| T ₄ | 3.94 c | 1.17 c | 1.78 b | 3.47 c | 2.16 c | 1.00 b | 2.87 b | 3.19 c |
| T ₅ | 2.53 d | 2.10cb | 2.12 b | 3.31 c | 1.45 c | 1.25 b | 2.94 b | 2.20 d |
| T ₆ | 3.36 c | 2.97 b | 1.56 b | 3.29 c | 2.43 c | 1.60 b | 2.68 b | 3.31 c |
| R ² | 84.44 | 88.34 | 92.31 | 51.10 | 81.32 | 89.20 | 74.90 | 89.5 |
| C.V | 16.86 | 23.08 | 18.39 | 18.20 | 28.50 | 26.64 | 21.63 | 15.80 |

| Tratamiento | Muestreos | | | | | | | |
|----------------|-----------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--|
| | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| T ₁ | 4.53 a | 3.69 a | 4.39 a | 6.36 | 5.32 a | 4.04 a | 4.49 a | |
| T ₂ | 3.37 b | 3.78 a | 3.80 a | 4.58 | 4.30 b | 3.21 b | 4.06 a | |
| T ₃ | 4.39 a | 4.25 a | 4.33 a | 5.92 | 4.78 a | 4.32 a | 4.23 a | |
| T ₄ | 1.97 c | 0.93 b | 3.40 a | 3.12 | 1.71 c | 1.20 c | 3.52 a | |
| T ₅ | 2.50 c | 0.50 b | 3.36 a | 3.06 | 1.76 c | 0.75 c | 4.06 a | |
| T ₆ | 2.01 c | 1.10 b | 3.01 b | 2.68 | 0.85 c | 0.50 d | 3.25 a | |
| R ² | 86.10 | 75.41 | 55.36 | 90.34 | 92.42 | 97.43 | 52.94 | |
| C.V | 22.11 | 56.32 | 23.34 | 16.05 | 22.56 | 16.00 | 21.94 | |

| Tratamiento | Muestras | | | | | | |
|----------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| T ₁ | 5.51 a | 4.79 a | 4.60 a | 3.26 b | 5.32 a | 4.40 a | 4.23 a |
| T ₂ | 4.96 a | 4.14 a | 3.27 b | 4.31 a | 4.33 b | 4.13 b | 3.05 b |
| T ₃ | 5.31 a | 4.62 a | 4.01 a | 3.74 a | 6.02 a | 5.27 a | 4.73 a |
| T ₄ | 3.71 b | 2.41 b | 1.25 c | 4.16 a | 2.95 c | 2.57 c | 1.60 c |
| T ₅ | 2.44 b | 1.64 b | 0.50 d | 3.49 a | 2.88 c | 1.35 d | 1.35 c |
| T ₆ | 3.39 b | 2.21 b | 0.85 c | 3.23 b | 3.02 c | 2.54 c | 1.35 c |
| R ² | 74.41 | 90.99 | 95.87 | 52.47 | 88.46 | 87.19 | 84.9 |
| C.V | 23.14 | 18.00 | 20.28 | 17.01 | 15.63 | 22.21 | 30.76 |

Datos transformado a la raíz cuadrada más 0.5.

Anexo 2. Análisis de varianza del número de *C. sordidus* capturados por cada trampeo realizados en el ensayo de campo.

| Trampeo 1 | | | | | |
|------------------|-----------|---------------|-----------|----------|----------------|
| Fuente | GL | SC | CM | F | PR>F |
| Rep. | 3 | 2.31 | 0.77 | 0.60 | 0.6555 |
| Trampa | 1 | 79.99 | 79.99 | 62.69 | 0.0042 |
| Rep*Trampa | 3 | 3.82 | 1.27 | 0.88 | 0.4777 |
| Form. | 2 | 14.53 | 7.26 | 5.02 | 0.0260 |
| Tram*Form. | 2 | 0.60 | 0.30 | 0.21 | 0.8153 |
| Error B | 12 | 17.35 | 1.46 | | |
| Total | 23 | 118.62 | | | |

| Trampeo 2 | | | | | |
|------------------|-----------|--------------|-----------|----------|----------------|
| Fuente | GL | SC | CM | F | PR>F |
| Rep. | 3 | 0.69 | 0.23 | 0.42 | 0.7521 |
| Trampa | 1 | 28.32 | 28.32 | 51.14 | 0.0056 |
| Rep*Trampa | 3 | 1.66 | 0.55 | 0.96 | 0.4449 |
| Form. | 2 | 8.74 | 4.37 | 7.55 | 0.0075 |
| Tram*Form. | 2 | 4.32 | 2.16 | 3.73 | 0.0550 |
| Error B | 12 | 6.95 | 0.57 | | |
| Total | 23 | 50.71 | | | |

Trampeo 3

| Fuente | GL | SC | CM | F | PR>F |
|---------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|
| Rep. | 3 | 7.90 | 2.63 | 1.98 | 0.2944 |
| Trampa | 1 | 87.08 | 87.08 | 65.49 | 0.0039 |
| Rep*Trampa | 3 | 3.98 | 1.32 | 2.60 | 0.1009 |
| Form. | 2 | 9.45 | 4.72 | 9.23 | 0.0037 |
| Tram*Form. | 2 | 4.82 | 2.41 | 4.71 | 0.0310 |
| Error B | 12 | 6.14 | 0.51 | | |
| Total | 23 | 119.40 | | | |

Trampeo 4

| Fuente | GL | SC | CM | F | PR>F |
|---------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|
| Rep. | 3 | 5.32 | 1.77 | 2.94 | 0.1994 |
| Trampa | 1 | 118.06 | 118.06 | 195.91 | 0.0008 |
| Rep*Trampa | 3 | 1.80 | 0.60 | 0.94 | 0.4509 |
| Form. | 2 | 5.69 | 2.84 | 4.45 | 0.0358 |
| Tram*Form. | 2 | 7.01 | 3.50 | 5.48 | 0.0204 |
| Error B | 12 | 7.67 | 0.63 | | |
| Total | 23 | 145.57 | | | |

Trampeo 5

| Fuente | GL | SC | CM | F | PR>F |
|------------|----|--------|-------|-------|--------|
| Rep. | 3 | 5.55 | 1.85 | 0.63 | 0.6421 |
| Trampa | 1 | 77.17 | 77.17 | 26.35 | 0.0143 |
| Rep*Trampa | 3 | 8.78 | 2.93 | 2.13 | 0.1494 |
| Form. | 2 | 4.67 | 2.33 | 1.70 | 0.2241 |
| Tram*Form. | 2 | 0.88 | 0.44 | 0.32 | 0.7319 |
| Error B | 12 | 16.48 | 1.37 | | |
| Total | 23 | 113.54 | | | |

Trampeo 6

| Fuente | GL | SC | CM | F | PR>F |
|------------|----|-------|-------|--------|--------|
| Rep. | 3 | 1.42 | 0.48 | 2.35 | 0.2504 |
| Trampa | 1 | 71.71 | 71.71 | 354.32 | 0.0003 |
| Rep*Trampa | 3 | 0.61 | 0.20 | 0.24 | 0.8655 |
| Form. | 2 | 5.36 | 2.68 | 3.21 | 0.0767 |
| Tram*Form. | 2 | 5.14 | 2.57 | 3.07 | 0.0835 |
| Error B | 12 | 10.04 | 0.84 | | |
| Total | 23 | 94.31 | | | |

Anexo 3. Análisis de varianza de los datos consolidados de *C. sordidus* capturados mediante los seis trampeos.

| Fuente | GL | SC | CM | F | PR>F |
|------------|----|--------|--------|--------|--------|
| Rep. | 3 | 13.34 | 4.44 | 1.77 | 0.3258 |
| Trampa | 1 | 445.09 | 445.09 | 176.84 | 0.0009 |
| Rep*Trampa | 3 | 7.55 | 2.51 | 2.97 | 0.0745 |
| Form. | 2 | 38.84 | 19.42 | 22.91 | 0.0001 |
| Tram*Form. | 2 | 13.17 | 6.58 | 7.77 | 0.0068 |
| Error B | 12 | 10.16 | 0.84 | | |
| Total | 23 | 528.17 | | | |

Anexo 4. Análisis de varianza de los conidios producidos por insecto muerto por las dos formulaciones.

| Fuente | GL | SC | CM | F | PR>F |
|------------|----|-----------------------|-----------------------|--------|--------|
| Rep. | 3 | 2.32×10^{17} | 7.73×10^{16} | 2.67 | 0.2203 |
| Trampa | 1 | 1.52×10^{17} | 1.52×10^{17} | 5.27 | 0.1055 |
| Rep*Trampa | 3 | 8.67×10^{16} | 2.89×10^{16} | 1.17 | 0.3948 |
| Form. | 1 | 9.28×10^{17} | 9.28×10^{17} | 37.69 | 0.0009 |
| Tram*Form. | 1 | 3.56×10^{18} | 3.56×10^{18} | 144.53 | 0.0001 |
| Error B | 6 | 1.48×10^{17} | 2.46×10^{16} | | |
| Total | 15 | 5.11×10^{18} | | | |

Anexo 5. Análisis de varianza del porcentaje de mortalidad de adultos de picudos inoculados con cinco aislamientos de *Beauveria spp.*

| Fuente | GL | SC | CM | F | PR>F |
|-------------|----|------|------|------|--------|
| Aislamiento | 4 | 0.42 | 0.11 | 7.59 | 0.0015 |
| Error | 15 | 0.21 | 0.01 | | |
| Total | 19 | | | | |

Anexo 6. Análisis de varianza del número de conidios producidos por 100 gramos de arroz.

| Fuente | GL | SC | CM | F | PR>F |
|-------------|----|-----------------------|-----------------------|------|--------|
| Aislamiento | 4 | 1.66×10^{22} | 4.19×10^{21} | 4.05 | 0.0332 |
| Error | 10 | 1.04×10^{22} | 1.04×10^{21} | | |
| Total | 14 | 2.71×10^{22} | | | |