

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA



TESIS DE GRADO

EFECTO DEL HONGO *Beauveria bassiana* B. EN EL  
CONTROL DEL GORGOJO (*Euscepes postfasciatus* F.)  
DEL CAMOTE (*Ipomoea batata* L.)

AMPARO CARINA MENDEZ SALAZAR

LA PAZ - BOLIVIA

2008

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA

**EFFECTO DEL HONGO *Beauveria bassiana* B. EN EL  
CONTROL DEL GORGOJO (*Euscepes postfasciatus* F.)  
DEL CAMOTE (*Ipomoea batata* L.)**

Tesis de Grado presentado como  
requisito parcial para optar el  
Titulo de Ingeniero Agrónomo

**AMPARO CARINA MENDEZ SALAZAR**

**ASESOR:**

Dr. David Cruz Choque .....

**TUTORES**

Ing. Mateo Vargas Rojas .....

Ing. Marco Antonio Portugal Bayer .....

**TRIBUNAL EXAMINADOR:**

Ing. M. Sc. Teresa Ruiz Díaz Luna Pizarro .....

Ing. M. Sc. Ramiro Mendoza Nogales .....

Ing. Rene Calatayud Valdez .....

**APROBADA**

**Presidente tribunal examinador** .....

*Dedicatoria.*

*A mis queridos padres: Rigoberto Mendez y Vicencia Salazar, a mis hermanos: Yaquelín, Franklin y Gabriela, quienes siempre se esforzaron para que alcance mis metas trazadas, acompañaron mis desvelos, comprendieron mis ausencias, me brindaron aliento y confianza, y sobre todo, nunca permitieron que me de por vencida hasta la conclusión de mi carrera profesional.*

# Agradecimientos

Deseo expresar mi agradecimiento en forma muy especial, al Ing. Juan Antonio Condori Rivera por el asesoramiento, guía y orientación en la realización del presente trabajo, sin los cuales no hubiese sido posible su ejecución.

A los señores tribunales, Ing. M. Sc. Ramiro Mendoza Nogales, Ing. René Calatayud Valdez, Ing. M. Sc. Teresa Ruiz Díaz; mi agradecimiento por la revisión, observaciones y enriquecimiento del presente trabajo.

Mi sincero agradecimiento al Dr. David Cruz Choque por su orientación, en el análisis e interpretación de los resultados. Así mismo agradezco al Ing. Marco Portugal, Ing. M. Sc. Mateo Vargas por su amistad, sugerencias y colaboración.

Al plantel docente de la Facultad de Agronomía, por los conocimientos y experiencias impartidas en los años de mi formación profesional.

# INDICE GENERAL

	Pagina
Dedicatoria	i
Agradecimientos	ii
Índice general	iii
INDICE DE FIGURAS	vii
INDICE DE CUADROS	viii
INDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
1. INTRODUCCION	1
1.1 Objetivos	3
1.1.1 Objetivo general	3
1.1.2 Objetivos específicos	3
1.2. Hipótesis	3
2. REVISION BIBLIOGRAFICA	4
2.1. Cultivo del camote	4
2.2. Principales plagas del camote	5
2.3. El Gorgojo del Camote	5
2.3.1. Taxonomía	5
2.3.2. Descripción	5
2.3.3. Ciclos de vida: Huevo, larva, pupa, adulto	6
2.3.4. Hábitos de vida	11
2.3.5. Daños y pérdidas ocasionadas por el gorgojo del camote	11
2.3.6. Escala de daños ocasionado por el gorgojo en las raíces de camote	14
2.4. El problema del gorgojo en la región del Alto Beni	15
2.5. Enemigos naturales de <i>E. postfasciatus</i>	15

2.6.	Métodos de control del gorgojo del camote	16
2.7.	Hongos entomopatógenos	16
2.7.1.	Clasificación taxonómica del hongo <i>Beauveria bassiana</i>	17
2.7.2.	Generalidades del hongo <i>Beauveria bassiana</i>	17
2.7.3.	Características de <i>Beauveria bassiana</i>	18
2.7.4.	Ciclo y vía de infección de <i>Beauveria bassiana</i>	19
2.7.4.1.	Primera etapa: Adhesión	20
2.7.4.2.	Segunda etapa: Germinación	20
2.7.4.3.	Tercera etapa: Penetración	20
2.7.4.4.	Cuarta etapa: Multiplicación	20
2.7.4.5.	Quinta etapa: Elaboración de toxinas	20
2.7.4.6.	Sexta etapa: Muerte del insecto	20
2.7.4.7.	Séptima etapa: Colonización	21
2.7.4.8.	Octava etapa: Salida del micelio	21
2.7.4.9.	Novena etapa: Esporulación	21
2.7.4.10.	Décima etapa: Diseminación	21
2.7.5.	Modo de acción de <i>Beauveria bassiana</i>	22
2.7.6.	Factores ambientales y persistencia del hongo	24
2.7.6.1.	Factores bióticos	25
2.7.6.2.	Factores abióticos	26
2.8.	Patogenicidad del hongo <i>Beauveria bassiana</i>	27
2.9.	Plagas afectadas por el hongo <i>Beauveria bassiana</i> en Bolivia	27
2.10.	Seguridad en el manejo de <i>Beauveria bassiana</i>	28
3.	LOCALIZACION	29
3.1.	Ubicación geográfica	29
3.2.	Características ecológicas.	30
3.2.1.	Suelos	30
3.2.2.	Vegetación	30
4.	MATERIALES Y MÉTODOS	32
4.1.	Materiales	32

4.1.1.	Material biológico.	32
4.1.2.	Material vegetativo	32
4.1.3.	Material de campo	33
4.1.4.	Material de gabinete	33
4.2.	Metodología	34
4.2.1.	Preparación del terreno	34
4.2.2.	Plantación	34
4.2.3.	Labores culturales	35
4.2.4.	Preparación del hongo <i>B. bassiana</i>	36
4.2.5.	Aplicación de <i>B. Bassiana</i> en los tratamientos.	36
4.2.5.1.	Tratamiento 1.	36
4.2.5.2.	Tratamiento 2.	37
4.2.5.3.	Tratamiento 3.	37
4.2.5.4.	Tratamiento 4.	37
4.2.6.	Daño ocasionado por el gorgojo <i>E. postfasciatus</i> en el cultivo de camote	37
4.2.7.	Porcentaje de control efectuado por <i>B. bassiana</i> sobre el gorgojo del camote ( <i>E. postfasciatus</i> ).	38
4.3.	Diseño Experimental.	39
4.3.1.	Modelo Lineal Aditivo	39
4.3.2.	Tratamientos	39
4.3.3.	Croquis del área experimental	40
4.3.4.	Variables de respuesta	41
4.3.4.1.	Porcentaje de daño ocasionado por la plaga.	41
4.3.4.2.	Porcentaje de control	42
4.3.4.3.	Porcentaje de mortalidad	42
4.3.4.4.	Rendimiento del cultivo	42
4.3.5.	Análisis estadístico	42
5	RESULTADOS Y DISCUSIONES	44
5.1.	Análisis del porcentaje de daño del camote ocasionado por el gorgojo <i>Euscepes postfasciatus</i>	44

5.1.1.	Análisis de varianza del porcentaje de daño.	46
5.1.2.	Análisis cualitativo del porcentaje de daño	47
5.2.	Análisis del porcentaje de control del gorgojo con la aplicación del hongo <i>B. bassiana</i>	48
5.2.1.	Análisis de varianza del porcentaje de control	49
5.3.	Análisis del porcentaje de mortalidad del gorgojo <i>E. postfasciatus</i>	50
5.3.1.	Análisis de varianza del porcentaje de mortalidad	51
5.4.	Análisis del rendimiento de camote obtenido en los tratamientos (kg/ha).	52
5.4.1.	Análisis de varianza del rendimiento de camote	54
5.5.	Correlación entre el porcentaje de daño y porcentaje de control	55
5.6.	Correlación entre el porcentaje de control y rendimiento	55
5.7	Condiciones metereologicas	56
5.7.1.	Precipitación	56
5.7.2.	Temperatura	57
5.7.3.	Humedad relativa	58
6	CONCLUSIONES	59
7.	RECOMENDACIONES	61
8.	BIBLIOGRAFIA	62
	ANEXOS	67

## INDICE DE CUADROS

	Pagina
1. Características del camote variedad morada	32
2. Características del área de estudio	41
3. Análisis de varianza para la variable porcentaje de daño de camote	46
4. Análisis de varianza para la variable porcentaje de control del gorgojo ( <i>Euscepes postfasciatus</i> )	49
5. Análisis de varianza para la variable porcentaje de mortalidad del gorgojo ocasionado por <i>B. bassiana</i>	51
6. Análisis de varianza para la variable rendimiento del camote con la aplicación de <i>B. bassiana</i>	54

## INDICE DE FIGURAS

	Pagina
1. Estados de desarrollo del gorgojo del camote: A. Adulto, B. Huevo, C. Larva, D. Pupa, E. Daño en raíz	6
2. Esquema de escala de niveles para evaluación de daños en raíces de camote	14
3. Estructuras reproductivas de <i>Beauveria bassiana</i>	18
4. Ciclo del desarrollo de un hongo entomopatógeno	19
5. Ubicación de la localidad de Sapecho Alto Beni, Sud Yungas	29
6. Croquis de la parcela experimental	40
7. Niveles del porcentaje de daño ocasionado por el gorgojo <i>E. postfasciatus</i> en el cultivo del camote.	44
8. Porcentaje de control del gorgojo ( <i>E. postfasciatus</i> ) del camote	48
9. Porcentaje de mortalidad del gorgojo ( <i>E. postfasciatus</i> ) del camote	50
10. Rendimiento de camote (Kg/ha) según los diferentes tratamientos	52
11. Precipitación registrada en el área de estudio (Sapecho)	56
12. Temperaturas registradas en el área de estudio (Sapecho)	57
13. Registro de la humedad relativa mensual en el área de estudio.	58

## INDICE DE ANEXOS

	Pagina
1. Material vegetal utilizado	68
2. Vista parcial del cultivo	68
3. Cosecha de camote en el área de estudio	68
4. Fases del ciclo de vida de <i>E. postfasciatus</i>	69
5. Fase larval de <i>E. postfasciatus</i>	69
6. Fase pupal de <i>E. postfasciatus</i>	69
7. Adulto de <i>E. postfasciatus</i>	69
8. Infestacion severa del camote ocasionado por e. postfasciatus	70
9. Larva de <i>E. postfasciatus</i> alimentándose al interior del camote	70
10. Daños ocasionados por <i>E. postfasciatus</i> en raíces de camote	70
11. Camotes infestados por <i>E. postfasciatus</i>	71
12. Muestra de camote infestado con gorgojo en la parcela de investigación	71
13. Presencia de <i>B. bassiana</i> en la cosecha	72
14. Permanencia y desarrollo de <i>B. bassiana</i> en el cultivo	72

## RESUMEN

El camote (*Ipomoea batata*) es un cultivo de gran importancia económica y social en el trópico boliviano, sin embargo es susceptible a diversas plagas como el gorgojo *Euscepes postfasciatus* (Coleóptera: Curculionidae) considerado la plaga de mayor importancia al provocar altos niveles de daño, resultado de su alimentación en estado adulto y principalmente larva, tornando las raíces inútiles para la comercialización y consumo, ocasionando pérdidas del 60 al 100 % de la producción.

Para el control de esta plaga, se utilizó *B. bassiana* considerado como el entomopatógeno, más importante en el control de insectos plagas, de los órdenes coleoptera y lepidoptera.

El desarrollo del estudio se realizó en la localidad de Sapecho, Alto Beni región que presenta elevada infestación del gorgojo, ante esta situación el presente trabajo fue orientado a la reducción del daño ocasionado por la plaga, mediante la aplicación del hongo *B. bassiana* en tres etapas de desarrollo del cultivo, una aplicación al momento de la plantación, otra en el primer aporque y la última aplicación en el segundo aporque y un testigo que no recibió tratamiento alguno

El efecto de *B. bassiana* en el control de *E. postfasciatus*, se ha evaluado considerando el porcentaje de daño, porcentaje de mortalidad, porcentaje de control y rendimiento. De los resultados obtenidos, se estableció que el momento óptimo de aplicación del entomopatógeno fue en el primer aporque, al reducirse el porcentaje de daño (17.35 %), elevándose el porcentaje de control (71.33 %), porcentaje de mortalidad (61.3 %), expresándose en un mayor rendimiento (21814 .29 kg/ha) y producción de camotes de buena calidad, demostrando que *B. bassiana* se constituye en una buena alternativa para reducir el daño ocasionado por *Euscepes postfasciatus*.

## 1. INTRODUCCION.

El cultivo del camote originario de Centro América, es considerado como el quinto cultivo alimenticio más importante del mundo en términos de producción y valor económico, al adaptarse muy bien en los campos de productos marginados, su proceso requiere de pocos insumos y bajos costos de producción.

En Bolivia el Instituto Nacional de Estadísticas reporta que en los años 2004 a 2005, la superficie cultivada con camote fue de 1641 hectáreas, donde el departamento de La Paz tiene una superficie cultivada de tan solo 160 hectáreas, a diferencia del departamento de Santa Cruz que presenta una mayor área de cultivo con 685 hectáreas. (INE, 2005)

En nuestro país en los últimos años, el camote está logrando ocupar un espacio importante en la alimentación urbana y rural, por sus bondades nutritivas constituyéndose como fuente de energía, carbohidratos y azúcares. La producción del camote es tradicional en el trópico boliviano, en la región del Alto Beni la mayor parte de los agricultores que se dedican a este rubro, perciben ingresos adicionales para su economía, sin embargo el manejo inadecuado y la falta de control de plagas ha dado lugar a la disminución del rendimiento.

El agente causal de esta baja en el rendimiento, es el gorgojo (*Euscepes postfasciatus*), uno de los insectos plaga de importancia económica que confronta el cultivo de camote, afecta seriamente la raíz ocasionando daños externos e internos, depreciando así el producto para la comercialización y causando perjuicios al agricultor.

Actualmente existe un renovado interés en el uso de hongos entomopatógenos como agentes biorreguladores, de ahí la necesidad de adoptar nuevas tecnologías en el control de plagas orientando las investigaciones hacia el uso de los bioinsecticidas que actúan de manera similar a los plaguicidas convencionales,

pero no presentan las características indeseables de estos, como la resurgencia de plagas, inducción de enfermedades y contaminación del medio ambiente.

El hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* de amplia distribución geográfica, es considerado como uno de los principales enemigos naturales de plagas y vectores insectiles. Se ha demostrado mediante varios estudios que *B. bassiana* se constituye, en un importante controlador biológico de insectos como *Hypothenemus sp.*, *Epitrix sp.*, *Crysolmelidos*, *Euscepes sp.* y otros insectos de órdenes coleóptera y lepidoptera.(PROBIOMA, 2003)

En la región de Alto Beni se presentan elevados porcentajes de infestación del gorgojo del camote, debido a las malas prácticas culturales como ser, siembras reiterativas del mismo cultivo por varias gestiones agrícolas, utilización de material de propagación infestado y cosechas tardías fuera del tiempo adecuado. Según los datos obtenidos en la zona, el porcentaje de daño que causan los gorgojos asciende de un 45 a 70%.

La falta de conocimiento sobre el control y manejo de *E. postfasciatus* han originado su diseminación por toda la zona, ante esta situación los agricultores tratan de retrasar los daños que ocasiona esta plaga recurriendo a métodos rústicos como cosechas a destiempo, antes de que la raíz haya alcanzado la madurez fisiológica.

Con el propósito de mejorar el rendimiento del cultivo, el presente estudio pretende optimizar el uso del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* para controlar al gorgojo del camote mediante aplicaciones durante el ciclo del cultivo, reduciendo de esta manera el daño y obtener raíces de buena calidad para la comercialización con el consiguiente incremento de beneficios para los productores de camote.

## **1.1. Objetivos.**

### **1.1.1. Objetivo general.**

- Estudiar el efecto del Hongo *Beauveria bassiana* en el control del gorgojo del camote.

### **1.1.2. Objetivos específicos.**

- Evaluar el daño ocasionado por el gorgojo en el cultivo de camote.
- Establecer el porcentaje de control del gorgojo, utilizando el hongo *Beauveria bassiana* en el cultivo de camote.
- Determinar la aplicación óptima del entomopatógeno *B. bassiana* en el control del gorgojo del camote.

## **1.2. Hipótesis.**

Ho: El daño ocasionado por el gorgojo es el mismo en todos los tratamientos.

Ho: No existen diferencias significativas en el porcentaje de control del gorgojo con el hongo *Beauveria bassiana*.

Ho: El efecto de la aplicación del hongo *B. bassiana* en las diferentes etapas de cultivo para el control del gorgojo son similares

## 2. REVISION BIBLIOGRÁFICA.

### 2.1. Cultivo del camote.

El camote (*Ipomoea batata*) es una planta dicotiledónea herbácea, de tallos rastreros, cultivada como una planta anual, pertenece a la familia de las convolvuláceas. Las raíces reservantes son carnosas, de color blanco, amarillo o anaranjado, constituyen una excelente fuente de carbohidratos para la alimentación humana y animal. (Huamán, 1992)

Maroto (1995), señala que en el ciclo vegetativo del camote se pueden distinguir las siguientes fases fenológicas:

**Fase inicial.** En esta fase, el crecimiento de la planta va dirigido principalmente hacia la formación de raíces absorbentes, observándose así mismo un crecimiento moderado de las hojas, sobre todo del ramaje.

**Fase media.** Se produce un fuerte crecimiento de toda la planta, principalmente de la superficie foliar, iniciándose el proceso de acumulación de reservas en las raíces.

**Fase final.** En esta fase, la superficie foliar permanece constante, lo que produce principalmente la acumulación de reservas hidrocarbonadas en las raíces reservantes, es decir la tuberización, constatándose al fin de esta fase el decaimiento de la parte aérea.

Porco (2002), menciona que la propagación del cultivo de camote se puede realizar a partir de tres métodos: semillas, tubérculos o raíces reservantes y por medio de esquejes, siendo este último el medio más frecuente para la propagación, utilizándose esquejes de aproximadamente 30 cm. de longitud con 4 a 8 nudos, que se trasladan sin enraizar al terreno definitivo donde se recubren con tierra hasta las tres cuartas partes.

## **2.2. Principales plagas del camote.**

Contreras (1993), menciona que las plagas mas comunes son: el picudo, gusano minador, mosca blanca, gusano ejercito, pulgones, ácaros y otros insectos que causan daños eventuales de importancia económica secundaria. Las hormigas cortadoras atacan al cultivo los primeros días después de la plantación, ocasionando fallas en el prendimiento.

Al respecto Molina (2004), considera al gorgojo (*Euscepes postfasciatus*) como la plaga mas importante del cultivo de camote, mostrándose activo durante todo su ciclo de desarrollo, afecta seriamente los rendimientos, ocasionando grandes pérdidas económicas a los agricultores.

## **2.3. El gorgojo del camote.**

### **2.3.1. Taxonomía.**

Lima (2002), indica que el gorgojo de camote ocupa la siguiente posición taxonómica:

Orden	:	Coleoptera
Familia	:	Cucurlionidae
Subfamilia	:	Cryptorhynchinae
Tribu	:	Cryptorhynchini
Genero	:	<i>Euscepes</i>
Especie	:	<i>Euscepes postfasciatus</i> (Fairmaire, 1849)

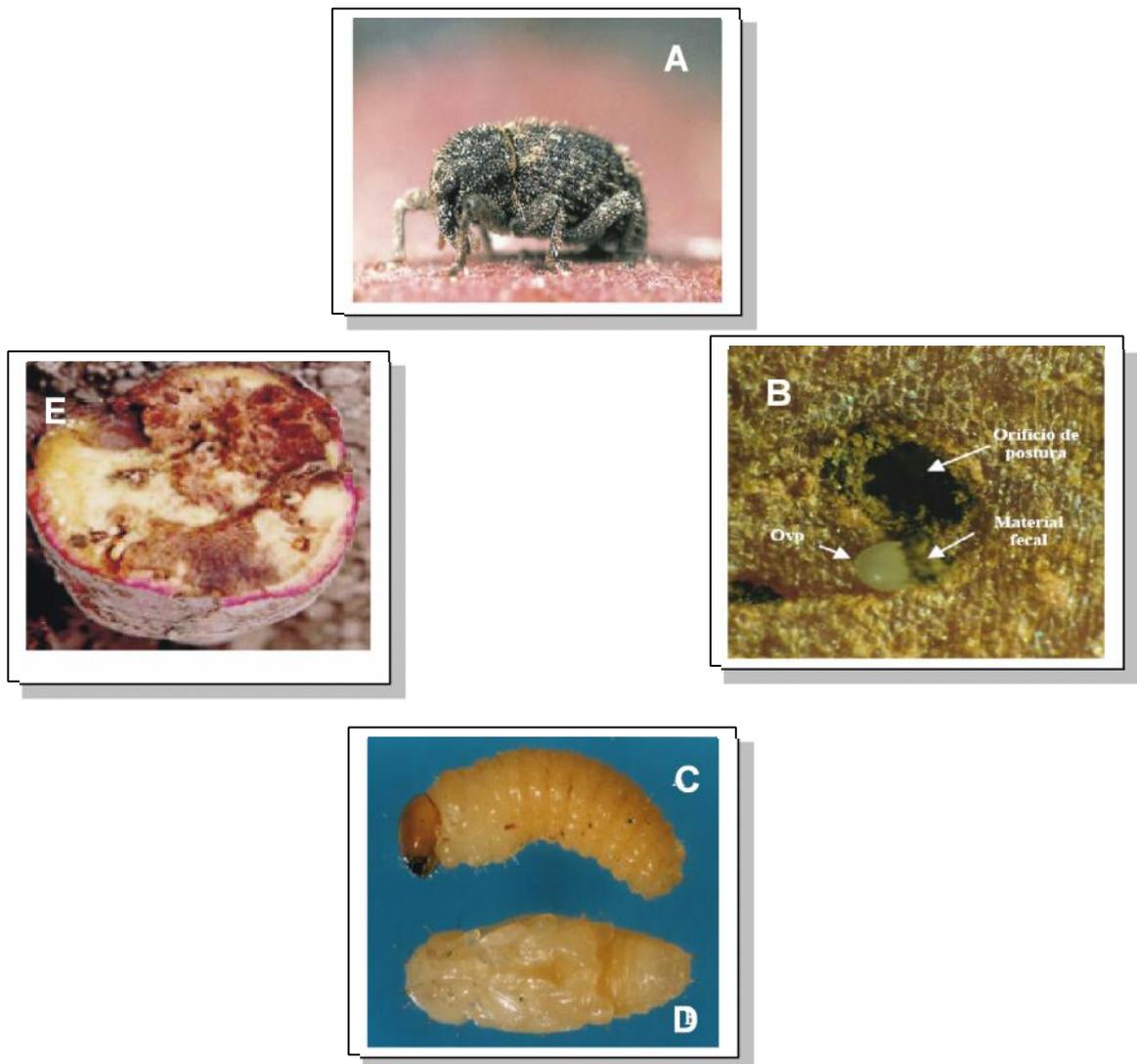
### **2.3.2. Descripción.**

El adulto es de color marrón y presenta dos manchas blanco amarillas en la parte posterior de los élitros. El cuerpo se encuentra cubierto de densos pelos, mide 3

mm de longitud. El huevo es de forma ovalada, de color blanco cremoso. La larva es de color blanco y con la cabeza amarilla mide 5 mm de longitud. La pupa es libre de color blanco crema y de 4 mm de tamaño. (Sánchez y Clorinda, 1992)

### 2.3.3. Ciclo de vida: Huevo, larva, pupa y adulto.

**Figura 1. Estados de desarrollo del gorgojo del camote: A. Adulto, B. Huevo, C. Larva, D. Pupa, E. Daño en raíz**



## **Bionomía.**

Según Lima (2002), *E. postfasciatus* pasa la mayor parte de su ciclo evolutivo (fases de huevo, larva, pré - pupa y pupa) localizado al interior de ramas y raíces tuberosas de camote. El ciclo evolutivo completo (es decir de huevo a adulto) dura por término medio 38 días, variando de 32 a 46 días, dependiendo principalmente de la temperatura y alimento disponible.

El apareamiento se inicia generalmente 9 días después de la emergencia de los adultos, durando de 1 a 3 horas, pero la postura es normalmente realizada en un tiempo medio de 12 días después de la emergencia de las hembras, variando de 9 a 15 días (periodo de preoviposición), a partir del cual las posturas ocurren repetidas en el transcurrir de la existencia de la hembra. La postura es realizada en las ramas del camote, preferentemente en las yemas y partes más gruesas cerca de suelo (base del tallo) de la planta, o en las raíces tuberosas, principalmente en aquellos ubicados cerca de 2 centímetros de la superficie de la tierra. En tal caso, generalmente, la hembra aprovecha las rupturas que son verificadas en la tierra cuando las raíces tuberosas comienzan a formarse para alcanzarlas y realizar la postura en las mismas. Se consideró que esa era una de las razones porque en los terrenos compactados, arcillosos y sujetos a rajaduras en la estación seca, los perjuicios son mayores, comprometiendo a veces el 70% de la cosecha, mientras en terrenos arenosos, ligeros, sueltos, espaciosos, la época de la formación de raíces tuberosas, no se ve afectada debido a que la estructura del suelo dificulta el acceso de las hembras en las raíces.

**Huevo.-** El huevo presenta forma esférica, color blanco lechoso, con superficie granular, midiendo de 0,32 a 0,40 milímetros de diámetro, siendo puestos por separado en pequeños orificios hechos con el aparato bucal de la hembra en la superficie de las ramas o raíces tuberosas (postura endofítica). El huevo es introducido parcialmente en el orificio de aproximadamente 0,2 a 0,3 milímetros de

profundidad, siendo cubierto en seguida con material fecal, mezclado con material de exudación del órgano vegetal (Figura 1.).

Ese material inicialmente se presenta con una coloración marrón - oscuro, tornándose posteriormente negra, después se endurece razón por la cual se puede notar en la superficie de la rama o raíz tuberosa, pequeños puntos negros salientes de más o menos 0,6 a 0,5 milímetros de diámetro en el sitio de la oviposición. Posiblemente este material sirve para proteger los huevos de la acción de enemigos naturales, evitar la deshidratación y daños mecánicos. El período medio de incubación de los huevos es de 8 días, pudiendo variar de 7 a 10 días. Al término de este periodo, eclosionan las larvas que son de tipo curculioniforme (Figura 1.) siendo caracterizadas por la ausencia de piernas (apoda), de forma subcilíndrica (ligeramente encurvada), de coloración blanca - lechosa, con pelos claros en el cuerpo, cápsula cefálica pardusca con cerdas finas y claras dispuestas simétricamente en relación a la sutura epicraneal de placa pro torácica también parduzco y provista de cerdas, pieza bucal de coloración marrón-oscuro.

**Larva.-** Las larvas pasan por cinco instares, midiendo cerca de 0,5 milímetros cuando están recién nacidas y se extienden de 4 a 5 milímetros de longitud cuando están completamente desarrolladas. El período larval está en promedio de 21 días, variando de 18 a 24 días, dependiendo de la temperatura y alimento disponible. En estudios de laboratorio a 30 °C, el desarrollo de dos diferentes instares larvales de *E. postfasciatus* ocurrió con la siguiente cronología: el primer instar se verifica de 7 a 14 días después de la postura, 10 a 15 días para el segundo, 12 a 16 días para el tercero, 13 a 21 días para el cuarto, 17 a 31 días para el quinto instar y 21 a 32 días para pre - pupa, siendo que la duración de cada instar larval fue, de 3, 2, 1, 4, 4 y 4 días respectivamente. Reconociéndose la fase de prepupa, que se refiere al último instar larval, se caracteriza por la paralización de la alimentación, por el clareamiento del cuerpo, que es resultante de la falta de alimento en el tracto digestivo. El cuerpo de la larva de último instar, cuando todavía esta activa su alimentación, cambia su coloración a un amarillo mas intenso entrando en el

estadio de pré - pupa, la cual también se presenta más cilíndrica y menos móvil, y se aloja en una especie de cámara que ella construyo cavando mas profundamente en la extremidad distal de la galería, donde se transforma en pupa, generalmente de 25 a 33 días después de la postura.

**Pupa.-** La pupa es de tipo exarada (Figura 1.), caracterizada por presentar sus apéndices libres, mide de 4 a 4.5 milímetros de longitud y la coloración del cuerpo cambia en función de la edad. En el primer y segundo día, el cuerpo es blanco - lechoso, los ojos, cuándo son vistos lateralmente, contiene una mancha negra. Al tercer día, los ojos son mas oscuros debido a la pigmentación de las facetas, pero la mancha negra todavía es visible. Del cuarto al sexto día, los ojos se oscurecen de marrón al negro. Al séptimo día, las mandíbulas son rojas. En el octavo día, el cuerpo adquiere coloración crema, los ojos son negros, las mandíbulas son marrones y los cruces de las piernas son rojos. En el noveno día, el cuerpo y especialmente, los élitros adquieren coloración marrón. El período de pupa tiene una duración media de 9 días, variando de 7 a 12 días. Es posible distinguir los machos de las hembras en el estadio de pupa. La pupa que resultará macho presenta un par de tubérculos oblongos, en el octavo esternito abdominal, está ausente en la pupa que resultará en hembra, la cual presenta el octavo esternito abdominal aproximadamente plano y el noveno esternito abdominal ligeramente mayor que la pupa que originará al macho.

**Adulto.-** Al terminar la fase de pupa, emergen los adultos, que normalmente ocurre de 35 a 45 días después de la postura. Después de la emergencia, los adultos son sexualmente inmaduros e inactivos, permaneciendo al interior de las ramas o raíces durante 3 a 4 días, cuándo empiezan sus actividades de alimentación. La madurez sexual es alcanzada normalmente de 9 a 12 días después de la emergencia.

Los machos producen sonidos de duración de cerca a 88 ms y con una frecuencia máxima de 3,8 Hertz para cortejar a las hembras, que son repetidos varios veces,

en intervalos de cerca de 2 a 3 segundos, parecen ser una de las etapas de la secuencia de comportamiento que lleva a la copula. Esos sonidos son producidos a partir del 6º día después de emergidos, siendo más frecuente en el 15º día después de la emergencia de los machos. Sin embargo, machos y hembras, cuándo son perturbados, producen sonidos de duración más breve (cerca de 17 a 23 ms, respectivamente, con intervalos de 23 ms aproximadamente) y con una frecuencia máxima de 2,8 y 3,5 Hertz, respectivamente.

Esos sonidos parecen tener una función de defensa, inclusive evitando que otro macho copule una hembra recién copulada, esos sonidos son producidos por fricción de las alas (élitros) en el abdomen. Los adultos miden de 3 a 5 milímetros de longitud y 1,6 milímetros de ancho, con cuerpo de coloración castaño claro cuando están recién emergidos, y dentro de 3 días después de la emergencia, adquieren coloración marrón oscuro.

El dimorfismo sexual es difícil de ser observado, porque ambos sexos son aparentemente similares, sin embargo, a veces, las hembras son más grandes que los machos, aunque las condiciones nutricionales de los insectos pueden ocultar esa diferencia. Sin embargo, vistos por el ventral, los machos tienen el metaesternon más o menos deprimido longitudinalmente en la área central y cubierto densamente por escamas elipsoidales y semierectas entre las coxas medianas y posteriores, mientras que en las hembras, el metaesternon es plano y las escamas son más dispersadas. Los adultos son desprovistos de la capacidad de volar, lo que torna extremadamente lenta su dispersión natural.

La población de *E Postfasciatus* contiene aproximadamente cantidad similar de ambos sexos, sin embargo, también fue registrado una proporción sexual de 1 macho: 3, 7 hembras. La longevidad de los adultos observada bajo condiciones de laboratorio fue de 6 meses, pudiendo variar de 30 a 288 días, dependiendo de la disponibilidad de alimento y temperatura, siendo que los adultos pueden vivir un mes sin alimento y agua. Las generaciones no son sincronizadas, de modo que el

retraso de la cosecha permite un rápido aumento de población del gorgojo. La capacidad de la postura de una hembra tiene, un promedio, de 331 huevos durante su vida, pudiendo variar de 60 a 300 huevos, concentrándose en general, en un período máximo de 165 días. Cuando el adulto es perturbado, finge estar muerto, mostrando el encogimiento firme de sus patas contra el cuerpo, lo que hace que su detección en el campo sea extremadamente difícil.

#### **2.3.4. Hábitos de vida.**

Vargas (2005), indica que después del apareamiento las hembras inician la postura en pequeños orificios en la base de la planta en los nudos del tallo o directamente sobre las raíces reservantes, los huevos son colocados individualmente, las larvas eclosionan de 7 a 10 días son de color blanco y ligeramente recurvados y apodas. Después de 2 a 3 semanas se convierten en pupa en el mismo sitio dentro del tallo o dentro de las raíces reservantes.

Los adultos presentan actividad durante todo el año infestando a las raíces reservantes en condiciones de campo o bien continúan barrenando las raíces cosechadas. La hembra oviposita en el cuello de la raíz o en la cáscara del camote, la larva penetra realizando galerías delgadas y se dirigen por el interior en diferentes direcciones. Empupa dentro la galería y las raíces infestadas tienen un olor muy ácido o podrido y el sabor es amargo no pudiendo usarse para el consumo, cuando la infestación es a nivel del cuello de la raíz y en el tallo, este se marchita y muere. (Sánchez y Clorinda, 1992)

#### **2.3.5. Daños y pérdidas ocasionados por el gorgojo del camote.**

Según Vargas (2005), el picudo del camote es la plaga de mayor importancia de este cultivo, provoca daños durante todo el ciclo de desarrollo de la planta y son las larvas las que realizan galerías superficiales e internas destruyendo completamente la parte comestible haciendo inútiles para el consumo humano y

animal porque altera sus condiciones de olor y sabor. Las larvas también dañan las guías en diferentes partes del nudo y el ápice y causan retardación en el crecimiento de la planta. Los adultos en ocasiones dañan los meristemos apicales.

Lima (2002), menciona que los daños son producidos como resultado de la alimentación del insecto en estado adulto y principalmente de larva siendo observados tanto en las ramas como en las raíces tuberosas. Sin embargo, los daños no están limitados al campo, pueden también ocurrir durante el almacenamiento.

Los adultos se alimentan exteriormente de la epidermis de las ramas y raíces tuberosas, generalmente agrupadas en la superficie del suelo, donde hacen escarificaciones de pequeñas profundidades.

Las larvas, después de eclosionar, empiezan a roer la epidermis de las ramas y raíces tuberosas para perforarlos y de este modo conseguir penetrar en esos órganos vegetales a través de la excavación de galerías a medida que se alimentan de tejidos internos de los mismos. Esas galerías se van profundizando en los tejidos y aumentando de diámetro a medida que las larvas van desarrollándose, pudiendo una larva durante su vida hacer galerías de 2 a 3 milímetros de diámetro y aproximadamente 6 milímetros de longitud. Los daños en las ramas traen como consecuencia la interceptación de la savia, interfiriendo en los procesos fisiológicos de la planta, por consiguiente retarda el desarrollo de su parte aérea, causándole la muerte prematura. Los síntomas de ataque en las ramas no son fácilmente visibles exteriormente. Esos síntomas son más característicos por las galerías irregulares en el interior de ramas, con áreas de tejidos necróticos y oscuros y llenos de material fecal, pareciendo aserrín compactado el cuál es dejado por la larva en desarrollo.

Los daños causados en las raíces tuberosas son los que traen mayores perjuicios al agricultor, por tratarse de la parte comercial. En las raíces tuberosas, las

galerías excavadas por el gorgojo no poseen dirección definida, pudiendo ser construidas superficialmente y/o profundas hacia el interior de la pulpa de la raíz, extendiéndose longitudinalmente y transversalmente (Figura 1).

Los camotes atacados pueden presentar externamente arrugas oscurecidas con depresiones en el área atacada y las perforaciones resultantes de la emergencia de los adultos. Internamente, se presentan los tejidos atacados ennegrecidos y endurecidos y normalmente, llenos de material fecal, asemejándose a aserrín compactado, dejado atrás por la larva en desarrollo que es fácilmente visible, dependiendo del grado de infestación, normalmente se encuentra el gorgojo en diferentes fases de desarrollo (larva, prepupa, pupa y adulto). Esos daños externos e internos, deprecian el producto para comercializarlo. Sin embargo, los daños más importantes son los indirectos, una vez atacados, los camotes presentan sabor y olor desagradable, atribuible a la producción de compuestos del grupo de los terpenos en respuesta a la alimentación de la pulpa del camote por las larvas, tornándolas impalatables para el consumo humano y animal.

Los daños pueden continuar después de la cosecha, en el almacén las raíces tuberosas vienen infestadas del campo con huevos y/o larvas normalmente son fácilmente infectados por hongos y bacterias patogénicas que causan la pudrición, contribuyendo a la producción de olor y sabor desagradable.

Se estima que las pérdidas en la producción de las raíces tuberosas observadas en condiciones de campo varían de 50 a 70 % en función de la capacidad fisiológica de la planta, resultando en bajo rendimientos en peso. Sin embargo son las alteraciones de olor y sabor presentes en las raíces tuberosas después del ataque, las que reducen totalmente el valor comercial afectando la calidad de los camotes producidos. Por lo tanto, incluso en niveles bajos de infestación, el gorgojo del camote ocasiona daños considerables.

De la misma forma Gallo (1978), indica que el gorgojo del camote pone sus huevos cerca de raíces y ramas, las larvas abren sus galerías a través de las ramas y en las raíces dañándolas por completo. Al respecto Cisneros (1995), afirma que esta plaga ocasiona un mayor daño al realizar la siembra consecutiva de camote en el mismo campo afectando seriamente los rendimientos debido a la elevada infestación repercutiendo en grandes pérdidas económicas para el agricultor.

### 2.3.6. Escala de daños ocasionado por el gorgojo en las raíces de camote.

Según Franca *et. al.* (1993) citado por Wanderley (2002), para evaluar el daño ocasionado en las raíces, por la alimentación y oviposición del gorgojo del camote recomienda utilizar la siguiente escala de daño:

Nivel 0: Ausencia de daño

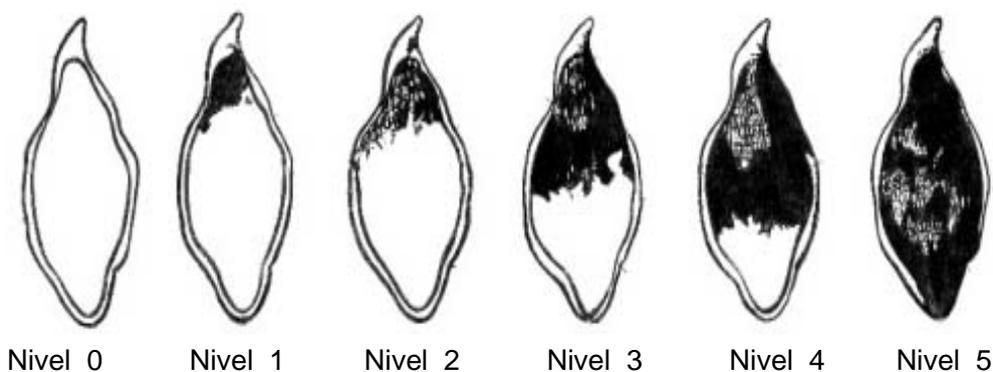
Nivel 1: Daño leve en el tercio superior de la raíz

Nivel 2: Daño leve en el tercio superior de la raíz, presenta necrosamiento.

Nivel 3: Daño en 2/3 de la raíz, con larvas en su interior.

Nivel 4: Daños en mas de 2/3 de las raíces con secamiento parcial, larvas en el interior de la misma.

Nivel 5: Secamiento total de la raíz por daño de larvas y adultos



**Figura 2.** Esquema de escala de niveles para evaluación de daños en raíces de camote (Fuente: Franca *et. al.* 1993)

## **2.4. El problema del gorgojo en la región del Alto Beni.**

El cultivo del camote se constituye en una importante fuente de alimentación para los agricultores de la zona, a pesar de considerarse un cultivo rustico, genera importantes ingresos adicionales en la economía de las familias del Alto Beni.

En la región del Alto Beni, las parcelas de los productores de camote presentan una elevada infestación con *Euscepes postfasciatus*, debido a las malas prácticas culturales como ser siembras reiterativas del mismo cultivo por varias gestiones agrícolas, utilización de material de propagación infestado y cosechas tardías fuera del tiempo adecuado.

La falta de conocimiento sobre el control y manejo de *E. postfasciatus* han originado su diseminación por toda la zona, ante esta situación los agricultores tratan de reducir los daños que ocasiona esta plaga, recurriendo a métodos rústicos como cosechas a destiempo, es decir antes de que el tubérculo haya alcanzado la madurez fisiológica, así también la asociación de camote con otros cultivos como yuca, frijol, etc.

## **2.5. Enemigos naturales de *E. postfasciatus*.**

Se ha registrado enemigos naturales de *E. Postfasciatus* en algunas regiones del mundo. En Hawai el *Cerambycabius* (Eupelmus) *cushmani* Crawford (*Hymenoptera: Eupelmidae*) fue observado como parasitóide de todos los instares larvales del gorgojo. En Perú, se ha registrado a *Eurydinoteloides* sp. y *Cerocephala* sp. (*Hymenoptera: Pteromalidae*) como ectoparasitóides. Una especie del genero *Heteroschema* también fue registrada como parasitóide de *E. Postfasciatus* en Perú. En Brasil, más precisamente en Pernambuco, se constato la presencia del Braconidae (*Heterospilus* sp.) y *Pteromalidae* (especie no identificada) como parasitóides de larvas de *E. Postfasciatus* infestando ramas y

raíces tuberosas de camote. En Cuba dos hormigas depredadoras (*Pheidole megacephala* y *Tetramorium guineense*). (Schiler, 2000)

## **2.6. Métodos de control del gorgojo del camote.**

Entre las medidas de control cultural, López (1990) y Montaldo (1991), recomiendan evitar sembrar esquejes provenientes de campos infestados, limpiar los campos después de la cosecha y antes de una nueva siembra, aporcando para evitar que los tubérculos queden infestados, rotando los cultivos y eliminando las plantas voluntarias de camote; al respecto Cisneros (2001), menciona el uso de variedades resistentes para una nueva plantación y la realización de una cosecha oportuna.

Sin embargo Lima (2002), señala que estudios realizados en condiciones de laboratorio han demostrado el potencial de hongos entomopatógenos, particularmente *Beauveria bassiana* y el nematodo *Heterorhabditis* sp. en el control del gorgojo del camote, al respecto el CIP (1990), en similar estudio afirma haber obtenido elevados porcentajes de mortalidad de gorgojo utilizando *Beauveria bassiana* en pruebas de invernadero.

## **2.7. Hongos entomopatógenos.**

Según Alves (1986), los hongos forman los principales patógenos de insectos a ser utilizados en el control microbiano. Cerca del 80% de los insectos tienen como agentes de control a hongos pertenecientes a cerca de 90 géneros y más de 700 especies (dentro de los géneros más importantes se encuentran *Metarhizium*, *Beauveria*, *Nomuraea*, *Aschersonia* Y *Entomophthora*). La incidencia de los hongos en condiciones naturales tiende a ser un factor importante en la reducción de poblaciones de insectos plaga, así también pueden causar infección en cualquier etapa de desarrollo del insecto (Cave, 1995)

Los hongos entomopatógenos son un grupo de microorganismos que afectan negativamente a diferentes tipos de artrópodos (insectos y ácaros). Se pueden encontrar en hábitat diferentes, sean acuáticos o terrestres. Su importancia dentro de un programa de manejo integrado y biocontrol de plagas lo demuestran, las formulaciones que se han realizado con ellos y que son empleados masivamente en distintos países. Las especies mas estudiadas en programas de producción comercial son: *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, *B. brogniartii*, *Verticillium lecani*, *Paecilomyces spp.*, y *Normuraea ileyi* para el control de las plagas forestales y de los cultivos (Rogg, 1998)

### **2.7.1. Clasificación taxonómica del hongo *Beauveria bassiana*.**

Barnett y Hunter (1987) citados por Albarracin (1997) ubican al hongo de la siguiente manera:

División: Hongos  
Clase : Deuteromycetes  
Orden : Moniliales  
Familia: Moniliaceae  
Genero: *Beauveria*  
Especie: *B. bassiana*

### **2.7.2. Generalidades del hongo *Beauveria bassiana*.**

El genero *Beauveria* fue establecido en 1912 por Vuillemin en honor de Beauverie, que en 1911 señalo que, las características del grupo al que entonces pertenecía *Beauveria*, justificaban su ubicación en un genero distinto.

Las especies del género *Beauveria* son principalmente patógenas de insectos. Dos especies, *B. bassiana* y *B. tenella*, son las más importantes. *B. bassiana* es muy conocida por su amplio rango de hospedantes y distribución geográfica. El hongo *Beauveria sp.* se encuentra en estado natural en todos los suelos del mundo. Su

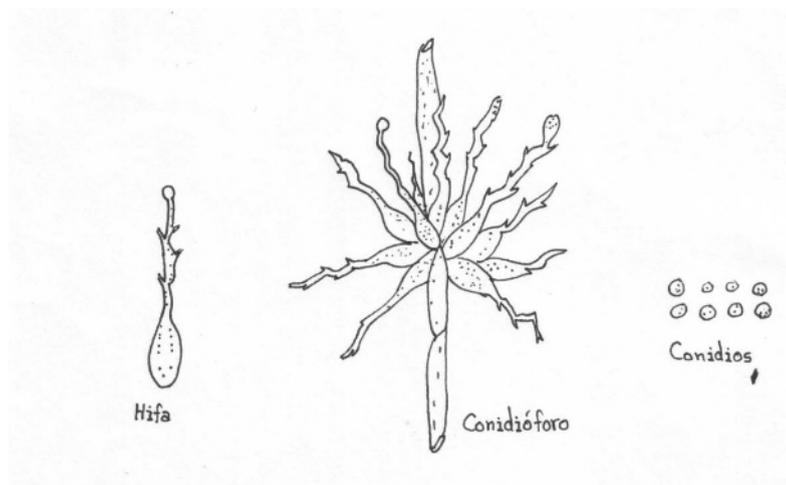
patogenicidad se ha probado contra más especies de insectos que cualquier otro hongo (Vélez y Benavidez, 1990).

### 2.7.3. Características de *Beauveria bassiana*.

*Beauveria bassiana* se caracteriza por la formación de un micelio septado con producción de conidias de aproximadamente 0.5 - 0.8 micras de diámetro, la forma de reproducción es asexual, conidióforos que nacen a partir de hifas ramificadas.

La fructificación está constituida por células conidiógenas que forman conidios sucesivos en un raquis que se desarrolla en zigzag. La fructificación puede ocurrir como Synnema (conjunto de células conidiógenas unidas), o como células conidiógenas individuales, solitarias o dicotómicas. Las células conidiógenas pueden ser globosas con un cuello muy corto, o pueden ser gruesas en la base y adelgazadas hacia el ápice, en forma de botella (Torres, 1993).

**Figura 3. Estructuras reproductivas de *Beauveria bassiana***

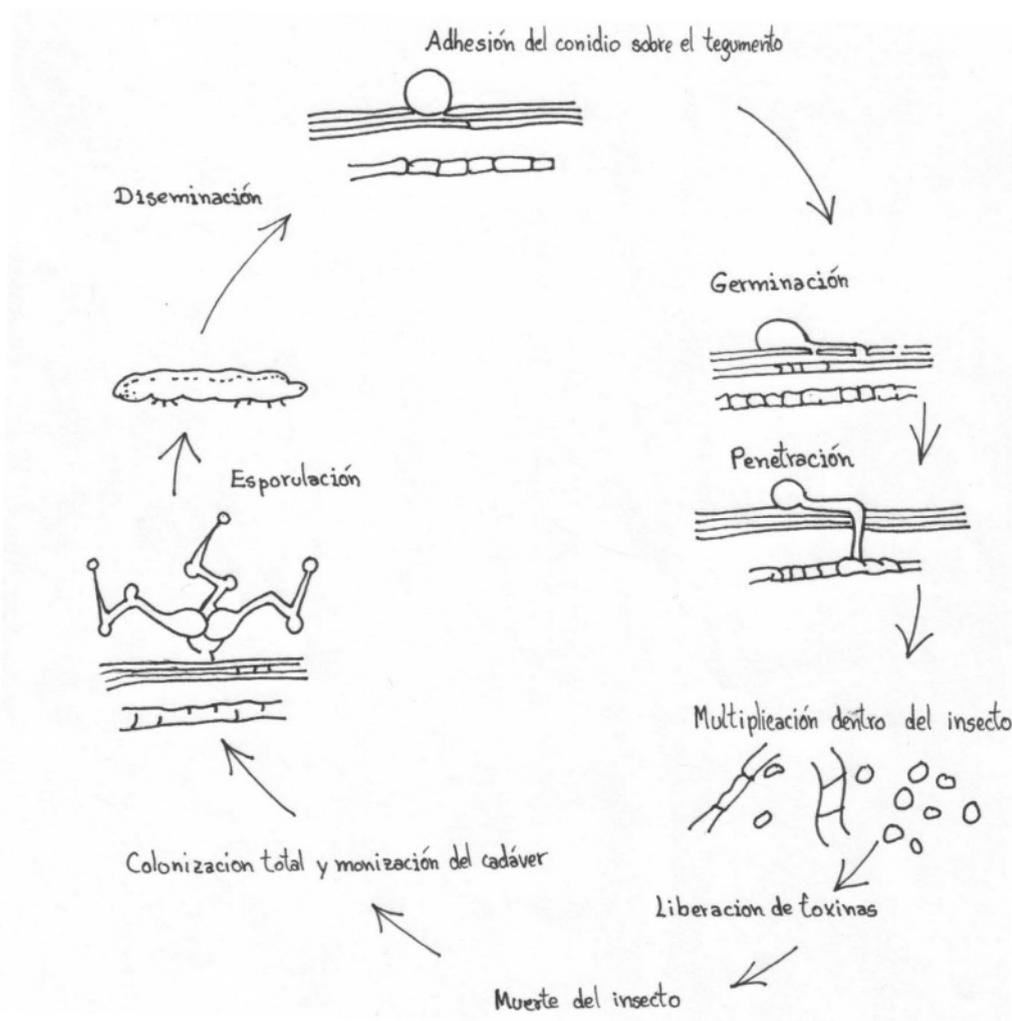


(Fuente: Gómez, H. 1992)

#### 2.7.4. Ciclo y vía de infección de *Beauveria bassiana*.

Rogg (1998) y Alves (1986), indican que el desarrollo de los hongos entomopatógenos puede ser dividido en 10 etapas (Figura 4).

Figura 4. Ciclo del desarrollo de un hongo entomopatógeno



Fuente: Lecuona, 1996

#### **2.7.4.1. Primera etapa: Adhesión.**

El hongo se adhiere a la cutícula o tegumento del insecto.

#### **2.7.4.2. Segunda etapa: Germinación.**

Sobre la cutícula o tegumento germinan las conidias o esporas encontrando condiciones favorables de humedad y temperatura el hongo germina sobre el insecto produciendo un tubo germinativo, la germinación ocurre en un tiempo mínimo de 12 horas después de la inoculación, a una temperatura que oscila entre 23 y 30 °C y una humedad relativa más o menos elevada.

#### **2.7.4.3. Tercera etapa: Penetración.**

La penetración ocurre vía tegumento por medio de dos procesos: uno que es físico, debido a la presión de las hifas que rompen las áreas membranosas o esclerotizadas de la cutícula del insecto y el otro proceso es químico que resulta de la elaboración de enzimas (proteasas, lipasas y quitinazas) que facilitan la penetración mecánica del hongo.

#### **2.7.4.4. Cuarta etapa: Multiplicación.**

El hongo se multiplica en el hemocele del insecto.

#### **2.7.4.5. Quinta etapa: Elaboración de toxinas.**

Dentro del hemocele del insecto el hongo produce toxinas

#### **2.7.4.6. Sexta etapa: Muerte del insecto.**

La muerte del insecto ocurre debido a la producción de micotoxinas, mudanzas

patológicas en el hemocele, acción histolítica, bloqueo mecánico del aparato digestivo debido al crecimiento vegetativo del hongo y otros daños físicos debido al crecimiento del micelio. A partir de la muerte del insecto el hongo crece, desarrollándose dentro de este.

#### **2.7.4.7. Séptima etapa: Colonización.**

A partir de la penetración del hongo en el hemocele del insecto se inicia un proceso de colonización en su hospedero. La hifa que penetra sufre un engrosamiento que se ramifica; inicialmente en el tegumento del insecto y posteriormente en la cavidad general del cuerpo. A partir de este momento se forman pequeñas colonias del hongo. El tiempo para la colonización del insecto puede variar de 76 a 120 horas dependiendo del insecto, el patógeno y de las condiciones ambientales.

#### **2.7.4.8. Octava etapa: Salida del micelio.**

El micelio del hongo sale al exterior del cuerpo del insecto pasando por el tegumento.

#### **2.7.4.9. Novena etapa: Esporulación.**

El hongo esporula sobre la superficie del insecto. La producción de conidios ocurre de 25 a 48 horas después de la emergencia de las hifas en condiciones de elevada humedad y temperatura que oscila entre 20 y 30 °C, esto dependiendo del patógeno.

#### **2.7.4.10. Décima etapa: Diseminación.**

Los propagulos del hongo son diseminados al medio a partir de los insectos colonizados.

La duración de las diferentes fases del ciclo en la relación patógeno - hospedero depende de las especies de insectos y de las condiciones climáticas reinantes. Las condiciones favorables son humedad relativa del ambiente de un 90% y temperatura que oscila entre 23 a 28 °C (Alves, 1986).

#### **2.7.5. Modo de acción de *Beauveria bassiana*.**

Según Bauveril-Laverlan (1999), el ciclo biológico del hongo *Beauveria bassiana* ocurre cuando el hongo entra en contacto con el tejido vivo del huésped y la humedad es del 85% o más.

El hongo *Beauveria bassiana* es un parásito facultativo, el cual posee conidias que constituyen la unidad infectiva del hongo. El proceso infectivo que lleva al insecto a morir atacado por el hongo, se cumple en tres fases:

##### **Primera fase.**

La primera fase, germinación de esporas y penetración de hifas al cuerpo del insecto dura 3 a 4 días. La penetración del hongo al hospedero ocurre a través de la cutícula o por vía oral. Cuando la penetración se da por una cutícula, intervienen las lipasas, quitinazas y proteasas. El tubo germinativo de la conidia invade directamente, produciendo opresorios que penetran la epicutícula, dando lugar a cuerpos hifales, los cuales se desarrollan en el hemócele y circulan en la hemolinfa.

La patogenicidad del hongo sobre los insectos depende de una compleja relación entre la habilidad del hongo para penetrar la cutícula y la fortaleza del sistema inmunológico del insecto para prevenir el desarrollo del hongo. Esta relación se debe a factores muy concretos incluidos las diferencias cuniculares, la penetración cuticular y las reacciones inmunes. El desarrollo sobre el insecto puede ser influenciado por la eficiencia de los hemocitos en encapsular y mecanizar el patógeno. Casi siempre los hemocitos se agregan al lugar de la penetración

cuticular, formando algunas veces nódulos alrededor de las esporas inyectadas. En el interior de los insectos la germinación usualmente procede de esporas que están fuera de la agregación de hemocitos, pero para que se desarrollen siempre deben estar afuera del agregado.

### **Segunda fase.**

La segunda fase es, la invasión de los tejidos por parte del micelio del hongo hasta causar la muerte del insecto, dura 2 a 3 días. Durante el proceso de invasión del hongo se produce una gran variedad de metabolitos tóxicos. El hongo *Beauveria bassiana* produce metabolitos secundarios, como son: Beauvericina, Beauveriloides, Bassianolide, Isarolide, Enniatinas, y Oosporeina. Los síntomas de la enfermedad del insecto son la pérdida de sensibilidad, falta de coordinación de movimientos y finalmente parálisis. Cuando el insecto muere queda momificado. Algunas veces se pueden presentar zonas de pigmentación localizadas que corresponden a los sitios de penetración de las conidias en el tegumento.

### **Tercera fase.**

Finalmente sigue la tercera fase donde ocurre la esporulación y el inicio de un nuevo ciclo. El micelio del hongo se observa primero en las articulaciones y partes blandas del insecto y en días posteriores se incrementa a todo el cuerpo hasta finalmente cubrirlo. Tras la muerte del insecto y bajo condiciones de humedad relativa alta, las conidiosporas pueden extenderse a través del cuerpo cubriéndolo con material fungoso característico.

El modo de acción de dicho agente es el siguiente: los conidias del hongo al entrar en contacto con el insecto segregan enzimas, las cuales van perforando el tegumento del mismo. En el interior del insecto el hongo se va desarrollando, llegando a atrofiar el sistema nervioso por producción de toxinas y así causa daños considerables en su organismo. Al cabo de 3 a 4 días el hongo comienza a

manifestarse externamente sobre el cuerpo del insecto. En los días siguientes, las conidias (parte reproductora) del hongo comienzan a madurar, estando prestos posteriormente para ser nuevamente diseminados por el aire y el agua de lluvia, continuando de esta forma su ciclo biológico.

Se puede hallar al hongo causando epizootias en el campo. La manifestación característica es la presencia de una cobertura algodonosa sobre todo el insecto, donde se halla el insecto muerto y del cual emergen los cuerpos fructíferos del hongo que presenta una coloración generalmente blanca.

El hongo *B. bassiana* no tiene un ciclo sexual conocido. Las conidias (propágulos asexuales) se conectan a la cutícula del insecto y causan una infección bajo condiciones ambientales específicas como temperatura comprendida en un rango de 20 a 25 °C y una humedad relativa de alrededor del 80%. Esta habilidad para destruir grandes cantidades de la plaga se necesita canalizar en la producción de un bioplaguicida viable, el cual requiere el desarrollo en producción masiva, formulación y aplicación. El tubo germinativo de la conidia penetra la cutícula del huésped e invade el hemócele del insecto. Entrando en el hemócele del insecto, el hongo empieza a proliferarse. El micelio de los tubos germinativos prolongados son septados y liberan blastosporas.

El huésped es matado por la acción de metabolitos del hongo. Bajo condiciones húmedas el hongo emerge y produce una copa de conidias aeriales en la superficie del cadáver. El hongo en dosis sub letales puede inhibir la fertilización y desarrollo de todos los estadios del insecto.

#### **2.7.6. Factores ambientales y persistencia del hongo.**

Los factores ambientales cumplen una función esencial en la iniciación y desarrollo o en la prevención y supresión de las epizootias naturales afectando las

condiciones fisiológicas del hospedante, su densidad, distribución espacial y temporal. Se entiende por epizootica cuando un gran número de insectos en un periodo corto sufre una caída abrupta de su población por un determinado patógeno (Lecuona, 1996).

Fargues (1985), indica que los principales factores que afectan a la sobre vivencia de *Beauveria spp.*, en el suelo básicamente son la temperatura y la humedad; sin embargo, la materia orgánica juega un papel muy importante en determinadas épocas, donde el hongo sobrevive como saprofito.

Vera y Arestegui (1997), clasifican los factores Medio Ambientales en bióticos y abióticos, de acuerdo a las peculiaridades, *Beauveria sp.* queda supeditada a las condiciones externas de ambiente, sobre todo a la temperatura, humedad y otros.

#### **2.7.6.1. Factores bióticos.**

Dentro de los procesos patológicos que determinan la evolución de las enfermedades se habla de un cambio de estado del enzootico (estado de ocurrencia continua de una enfermedad en animales, con respecto a un patógeno en particular), hacia el estado epizootico, por intervención o no del hombre. Fenómenos ambos relacionados con la agresividad del inóculo o poder patogénico del organismo, la predisposición o receptividad del huésped y la acción del medio sobre el cual se desarrolla.

La sensibilidad del insecto está relacionada con la especie, su estado fisiológico, edad, sexo, comportamiento y grado de resistencia o de sensibilidad al patógeno.

El comportamiento del insecto incide igualmente en el desarrollo y diseminación del inóculo; por ejemplo, en los insectos de comportamiento gregario hay mayores posibilidades de que la enfermedad se propague más rápidamente que en los insectos de vida solitaria.

### 2.7.6.2. Factores abióticos.

**Temperatura:** La temperatura puede afectar la estabilidad de los patógenos durante las aplicaciones de campo y en su ocurrencia natural en el agro ecosistema. Como los entomopatogenos no poseen condiciones biológicas para defenderse de las grandes variaciones de temperatura este puede ser un factor limitante (Alves, 1982).

Por debajo de los 18 °C o superior a 38 °C puede actuar como un factor estresante y tornarlos así más sensibles a los entomopatogenos, para *Beauveria bassiana* la temperatura adecuada es de 22 y 26°C, las exigencias de temperatura varía para cada especie. Uno de los factores que afectan a *Beauveria bassiana* en el campo es la temperatura del suelo, la supervivencia de sus conidios es menor cuanto mas elevada es la temperatura y cuando es alto el porcentaje de saturación del agua en el suelo (Carvajal, 1993).

**Humedad relativa:** La humedad relativa es un factor de gran importancia, tanto para el hospedante como para el patógeno. Ella es necesaria para las diferentes fases del ciclo de las relaciones entre ambos organismos. Así actúa sobre la germinación, penetración y es indispensable para la reproducción de los hongos entomopatogenos esto a nivel de campo. A nivel de laboratorio, la humedad relativa poco afecta los cambios pero deberá haber una humedad de 80 – 90% la optima 85% dentro de los frascos del medio de cultivo en el cual se esta propagando o multiplicando el hongo *Beauveria bassiana*. Fernández (1989), citado por (Lecuona, 1996).

Por otra parte Jayakamaiah y Veeresch (1989), citado por Albarracin (1997), probaron en laboratorio diferentes humedades relativas y comprobaron que, la viabilidad de las conidias de *Beauveria bassiana* es elevada cuando la humedad relativa es alta entre 95 - 96%; es moderada cuando la humedad relativa esta entre el 69 – 75% y baja cuando la humedad relativa se encuentra entre 33 – 40%.

## **2.8. Patogenicidad del hongo *Beauveria bassiana*.**

Kmitowa y Bajan (1989), citado por Rojas (2002) indican que, existe un condicionamiento genético de adaptación y de relación con el hospedero, además de la resistencia del hospedero a la patogenicidad del hongo. Comparando 36 strains de *B. bassiana*, se comprobó que existen diferencias en la patogenicidad según el origen geográfico de la variante, la taxonomía del hospedero de donde se aisló el variante y según el tipo de cultivo artificial o sustrato.

Al efectuar inoculaciones al suelo con hongos, existen tres fases prerequisites para la infección fungosa que siguen a la aplicación: persistencia, contacto con el hospedero y germinación de la conidia (Gaugler, 1989).

## **2.9. Plagas afectadas por el hongo *Beauveria bassiana*.**

El entomopatógeno *B. bassiana* constituye uno de los enemigos naturales importantes de muchas plagas y vectores insectiles en Bolivia.

Según Belpaire (1998), Bolivia tiene más de 50 años de experiencia en control biológico, pero los proyectos fueron esporádicos y de corta duración. Sin embargo existen varios éxitos de control biológico clásico como: el control de la mosca de la fruta, la cochinilla acanalada, la broca del café y otros.

El entomopatógeno *B. bassiana* fue registrado atacando varios insectos plagas en Bolivia, como los picudos de la soya, *Sternechus pinguis*, *S. subsignatus*., la vinchuca *Triatoma infestans*, *Hypsonotus sp.*, la broca del café, *Hypothenemus hampei*, *Promecops sp.*, los picudos de la palmera *Rhynchophorus palmarum* y *Metamasius sp.*, el picudo de los plátanos *Cosmopolites sordidus*, las chinches pentatomidas de la soya, *Euschistus sp.*, *Acrosternum sp.*, *Piezodorus guildinii*, *Edessa meditabunda*, *Dichelops furcatus*, y la petilla del arroz *Tibraca limbativentris* y varias larvas lepidópteras, como *Spodoptera sp.* y *Heliothis sp.*, *Castnia sp.*

(Broca del tallo de la piña), *Thecla basalides* (Broca del fruto de la piña), el gorgojo del camote, *Euscepes postfasciatus* (Rogg, 1998).

#### **2.10. Seguridad en el manejo de *Beauveria Bassiana*.**

De los hongos entomopatógenos no se conoce, después de más de 30 años de experiencia, ningún perjuicio ni para el hombre, ni para los animales ya que, entre otras cosas, difícilmente logran desarrollarse dentro de la temperatura normal de los mamíferos, sin embargo se recomienda el uso de equipo de protección para el manejo y la aplicación de hongos entomopatógenos (Rogg, 1998).

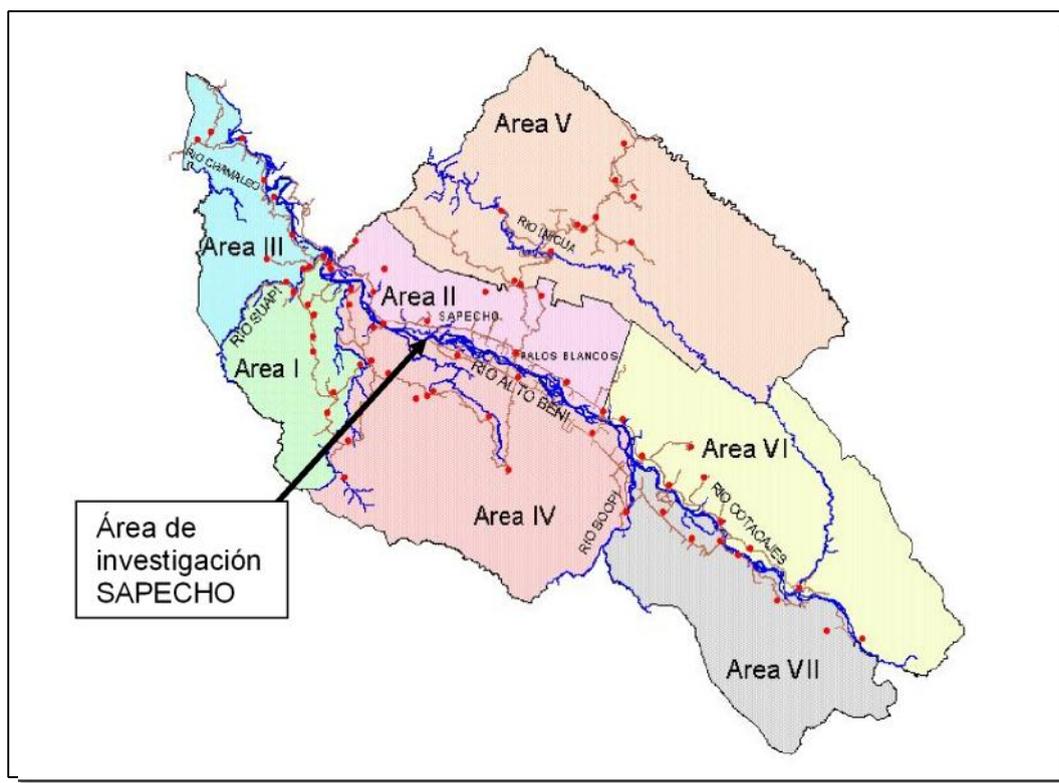
Los posibles problemas alérgicos, se deben a la inhalación de partículas fúngicas por los operarios de las biofábricas, variando con la predisposición de cada persona, así como ocurre con el polen de algunas flores (Lecuona, 1996).

### 3. LOCALIZACION.

#### 3.1 Ubicación geográfica.

La zona Alto Beni se encuentra ubicada en el borde oriental de los Andes, al Noreste de la ciudad de La Paz, a unos 260 km de distancia; entre las coordenadas  $15^{\circ} 10'$  -  $15^{\circ} 55'$  de latitud sur y a  $67^{\circ} 40'$  de longitud oeste, comprenden partes de las provincias Sud Yungas, Nor Yungas; Caranavi y una pequeña parte de la provincia Larecaja del departamento de La Paz. (IGM, 1998).

Figura 5. Ubicación de la localidad de Sapecho Alto Beni, Sud Yungas



Fuente: PIAF Ceibo, 2001

### **3.2 Características ecológicas.**

La altitud varía de 370 a 2000 metros sobre el nivel del mar. El clima es cálido y lluvioso la mayor parte del año, desde julio a agosto, se presenta la época de helada o “surazos” con temperaturas que varían entre los 15 °C hasta 27 °C, con temperaturas promedio máximas extremas de 37°C y un promedio mínimo extremo de 10 °C. La humedad relativa promedio anual es de 70 a 80%, la precipitación media anual es de 1600mm, presentándose el periodo lluvioso entre noviembre y marzo, mientras que el seco entre mayo y septiembre. Se considera que los meses de abril a septiembre son los más secos, con menos de 250 mm de precipitación mensual (IBTA, 1996).

#### **3.2.1. Suelos.**

La topografía presenta un relieve de serranías y colinas paralelas, intercalado por llanura aluvial, valles profundos y estrechos. Los suelos tienen una profundidad entre 10 a 50 cm con presencia de materia orgánica a una altura de 5 a 10 cm, esto dependiendo del tipo de agricultura que se realiza, la textura es franco a franco arcillosa y Ph entre 5 a 6.5 (CATIE, 2002).

#### **3.2.2. Vegetación.**

PIAF (2001), indica que la vegetación está representada por una diversidad de especies amazónicas y subandinas, según el piso altitudinal:

- a) desde los 300 a 500 m se desarrolla un bosque de transición amazónico. La parte baja es susceptible a inundaciones con especies tolerantes a este efecto.
- b) en la parte alta de 500 a 600 m domina una vegetación típica de bosques submontanos, con muchos árboles de la familia leguminosaceae.

- c) El bosque a los 600 m es húmedo, árboles hasta de 35 m de altura y 100 de diámetro, pocos de ellos con aletones.
  
- d) Por encima de los 1000 m se presentan bosques montanos muy húmedos, hasta nublados con precipitaciones mayores a 2000 mm con abundancia de helechos arbóreos.

La zona se clasifica dentro de la zona de vida de bosque húmedo subtropical (Sapecho), bosque húmedo subtropical transición a seco (Covendo) y bosque muy húmedo subtropical en Entre Ríos.

## 4. MATERIALES Y METODOS.

### 4.1 Materiales.

#### 4.1.1 Material biológico.

Para el presente trabajo de investigación se utilizó el hongo *Beauveria bassiana*, proveniente de la Fundación Trópico Húmedo (SIBTA) Regional Caranavi, el mismo que presentaba las siguientes características:

- Medio de cultivo, sustrato de arroz dispuestos en bolsas de 200 gramos
- Concentración de  $3.5 * 10^7$  conidias/ml de *Beauveria bassiana*.

#### 4.1.2 Material Vegetativo.

Se empleo la variedad de camote morada comercial propia de la región del Alto Beni caracterizada por su elevada susceptibilidad al ataque del gorgojo.

En el Cuadro 1 se puede observar las características de la variedad utilizada.

**Cuadro 1. Características del camote: variedad morada**

Descripción de la variedad morada comercial	Características
Planta	Presenta tallos delgados y dispersos
Tallo.	De color verde, con los ápices morados
Hojas.	Las hojas tiene un lóbulo central triangular moderado
Color del pecíolo y nervaduras	Pecíolo corto de color verde y morado. Nervadura color morado, el follaje maduro es de color verde y las hojas tiernas son moradas
Color de la piel y pulpa de la raíz	Color rosado a morado intermedio y con una pulpa amarillenta
Raíz	Forma redonda elíptica alargada

Fuente: Vargas, M 1997

#### **4.1.3 Material de campo.**

Machete, picota, azadón, rastrillo, chontilla, balanza de aguja, mochila aspersora, cámara fotográfica, marbetes, estacas, cinta métrica, yutes, pinzas, bisturí, bolsas de polietileno, romanilla, libreta de campo, recipientes de vidrio para muestreo, detergente, jabón, baldes, regaderas, cernidor fino.

#### **4.1.4 Material de gabinete.**

Material de escritorio, estereomicroscopio, computadora, calculadora.

## **4.2 Metodología.**

### **4.2.1. Preparación del terreno.**

El presente trabajo de investigación se realizó entre los meses de mayo y agosto del 2006. La preparación del terreno se efectuó 20 días antes de la plantación, habilitándose para esto un área de 250 m<sup>2</sup> con barbecho de 6 meses, cultivado anteriormente bajo un sistema de asociación de cultivos: camote, yuca y fréjol.

En un principio se efectuó el desmalezado, limpieza y quema de rastrojos utilizando herramientas manuales como machetes y rastrillos, seguidamente se hizo la remoción de la capa arable del suelo hasta una profundidad de 25 cm y el posterior surcado del terreno con la ayuda de picotas; finalmente se delimitó el área experimental, distribuyendo los tratamientos según el diseño planificado.

### **4.2.2. Plantación.**

Como fuente de propagación se utilizaron esquejes apicales de 30 cm de longitud y un diámetro de 0.5 a 0.7 cm.; procedentes de plantas con madurez fisiológica, con 5 a 7 nudos libres de daños y enfermedades.

Los esquejes de camote fueron plantados en forma manual (con azadón y chontilla) a 15 cm de profundidad, introduciéndose los esquejes en forma perpendicular en los surcos, y enterrándose las tres cuartas partes del esqueje en el suelo para favorecer el enraizamiento. La distancia de plantación fue de 0.80 m entre surcos y 0.40 m entre plantas, disponiéndose 40 esquejes por parcela.

### **4.2.3. Labores culturales.**

#### **❖ Control de malezas.**

El control de malezas se realizó en forma manual con azadón y chontilla a los 30, 60 y 90 días después de la plantación, encontrándose una mayor abundancia de gramíneas y ciperáceas

#### **❖ Aporque.**

Los aporques fueron realizados en dos oportunidades durante el desarrollo del cultivo a los 50 y 90 días de forma manual con la ayuda de chontillas brindando una mejor estabilidad a las plantas y facilitando el desarrollo de las raíces reservantes.

#### **❖ Riego.**

El riego se realizó de forma manual, al momento de la plantación y semanalmente durante el primer mes hasta el prendimiento de los esquejes utilizando para esto baldes y regaderas, proporcionando la humedad adecuada para el cultivo.

#### **❖ Cosecha.**

La cosecha se efectuó a los 120 días después de realizada la plantación, recolectando plantas de los surcos centrales, descartándose los surcos laterales para evitar los efectos de bordura; se procedió escarbando los surcos de los tratamientos con la ayuda de chontillas. La recolección de raíces se realizó en forma manual para luego ser trasladados a un sitio bajo sombra donde se efectuó las evaluaciones necesarias para las variables de respuesta.

#### **4.2.4. Preparación del hongo *B. bassiana*.**

Para preparar el hongo, se procedió vertiendo agua en un balde de plástico, luego se abrió la bolsa de *Beauveria* para vaciar su contenido en el agua adicionando al mismo tiempo dos cucharillas de detergente (dispersante) y 5 gramos de jabón (adherente). Seguidamente se separó el hongo del sustrato friccionándolo con las manos, por último se vertió el agua con el hongo y el arroz en la mochila aspersora dispuesto con un cernidor fino, quedando de esta manera preparado.

#### **4.2.5. Aplicación de *B. Bassiana* en los tratamientos.**

Se aplicó el entomopatógeno *B. bassiana* durante el desarrollo del cultivo en tres oportunidades, de acuerdo a los tratamientos planteados que fueron:

Tratamiento 1: Testigo, sin aplicación de *B. bassiana*

Tratamiento 2: Aplicación de *B. bassiana* al momento de la plantación.

Tratamiento 3: Aplicación de *B. bassiana* en el primer aporque (50 días)

Tratamiento 4: Aplicación de *B. bassiana* en el segundo aporque (90 días)

Las aplicaciones fueron realizadas a primeras horas de la mañana (6:30 a 10:00 a.m.) y en horarios vespertinos (16:30 a 18:00 p.m.), evitando que el entomopatógeno quede expuesto a largos periodos de insolación, incorporándose al mismo tiempo, cáscara de arroz alrededor de cada esqueje para cubrir el entomopatógeno.

##### **4.2.5.1. Tratamiento 1.**

El primer tratamiento por constituirse en el testigo, no recibió ninguna aplicación de *B. bassiana*. Este tratamiento sirvió para tener datos de referencia de comparación respecto a los demás tratamientos.

#### **4.2.5.2. Tratamiento 2.**

La aplicación de *B. Bassiana* en el segundo tratamiento, se realizó al momento de la plantación de los esquejes de camote, asperjando el hongo sobre los esquejes, en el surco y alrededor del mismo, cubriéndose inmediatamente los esquejes con una capa de tierra y cáscara de arroz.

#### **4.2.5.3. Tratamiento 3.**

El tercer tratamiento se efectuó durante el primer aporque del cultivo (50 días) realizándose la segunda aplicación de *B. Bassiana*, asperjando el hongo encima de las raíces en formación, alrededor de la base de la planta, y al igual que la anterior aplicación se cubrió inmediatamente.

#### **4.2.5.4. Tratamiento 4.**

El cuarto tratamiento se efectuó en el segundo aporque (90 días) del cultivo, removiendo cuidadosamente el suelo para no dañar las raíces formadas y asperjando el hongo *B. bassiana*, de manera homogénea alrededor de la planta de camote incluyendo raicillas y ramas para luego cubrirlo.

#### **4.2.6. Daño ocasionado por el gorgojo *E. postfasciatus* en el camote.**

La evaluación del daño se realizó para cada tratamiento, al momento de la cosecha de las raíces o camotes por tratarse de la parte comercial, determinándose de manera cuantitativa en cuanto al porcentaje de daño ocasionado por la plaga y de forma cualitativa en cuanto a la calidad de la raíz.

### **Porcentaje de daño.**

Para el porcentaje de daño, se procedió al conteo de raíces dañadas y el total de raíces presentes en cada una de las muestras tomadas, por cada unidad experimental, datos que luego se aplicaron en la fórmula del porcentaje de daño.

### **Incidencia del daño.**

La evaluación de la incidencia del daño causado por *E. postfasciatus* fue hecha siguiendo la escala de notas establecida por Franca *et. al.* (1993), basados en daños producidos en las raíces con fines eminentemente prácticos. En primera instancia se ha determinado el daño producido por el gorgojo, en el momento de la cosecha, evaluando aleatoriamente cinco plantas de camote por cada unidad experimental, cortando longitudinal y transversalmente todas las raíces que presentaban evidencias externas del ataque, comparando la magnitud del daño respecto a la escala de niveles.

#### **4.2.7. Porcentaje de control efectuado por *B. bassiana* sobre el gorgojo del camote (*E. postfasciatus*).**

El porcentaje de control, se calculo utilizando los datos del porcentaje de daño obtenidos en cada uno de los tratamientos, respecto al porcentaje de daño obtenido en el testigo, finalmente fueron aplicados a la fórmula de Abbott corregida.

### 4.3. Diseño Experimental.

El diseño experimental empleado en el presente trabajo de investigación, fue el Diseño de Bloques Completamente al Azar, con cuatro tratamientos y tres repeticiones, distribuidos en doce unidades experimentales. Al respecto Calzada (1970), recomienda este diseño para aquellos ensayos en campo donde existe una heterogeneidad del terreno, observándose por ejemplo: gradientes de humedad, fertilidad, textura y pendientes, etc los cuales producen variabilidad en las unidades experimentales.

El modelo estadístico utilizado se describe a continuación:

#### 4.3.1. Modelo Lineal Aditivo:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_j + \beta_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Una observación cualquiera

$\mu$  = Media general

$\alpha_j$  = Efecto del j-ésimo bloque

$\beta_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento

$\epsilon_{ij}$  = Error experimental

#### 4.3.2. Tratamientos.

Tratamiento 1: Testigo, sin aplicación de *B. bassiana*

Tratamiento 2: Aplicación de *B. bassiana* al momento de la plantación.

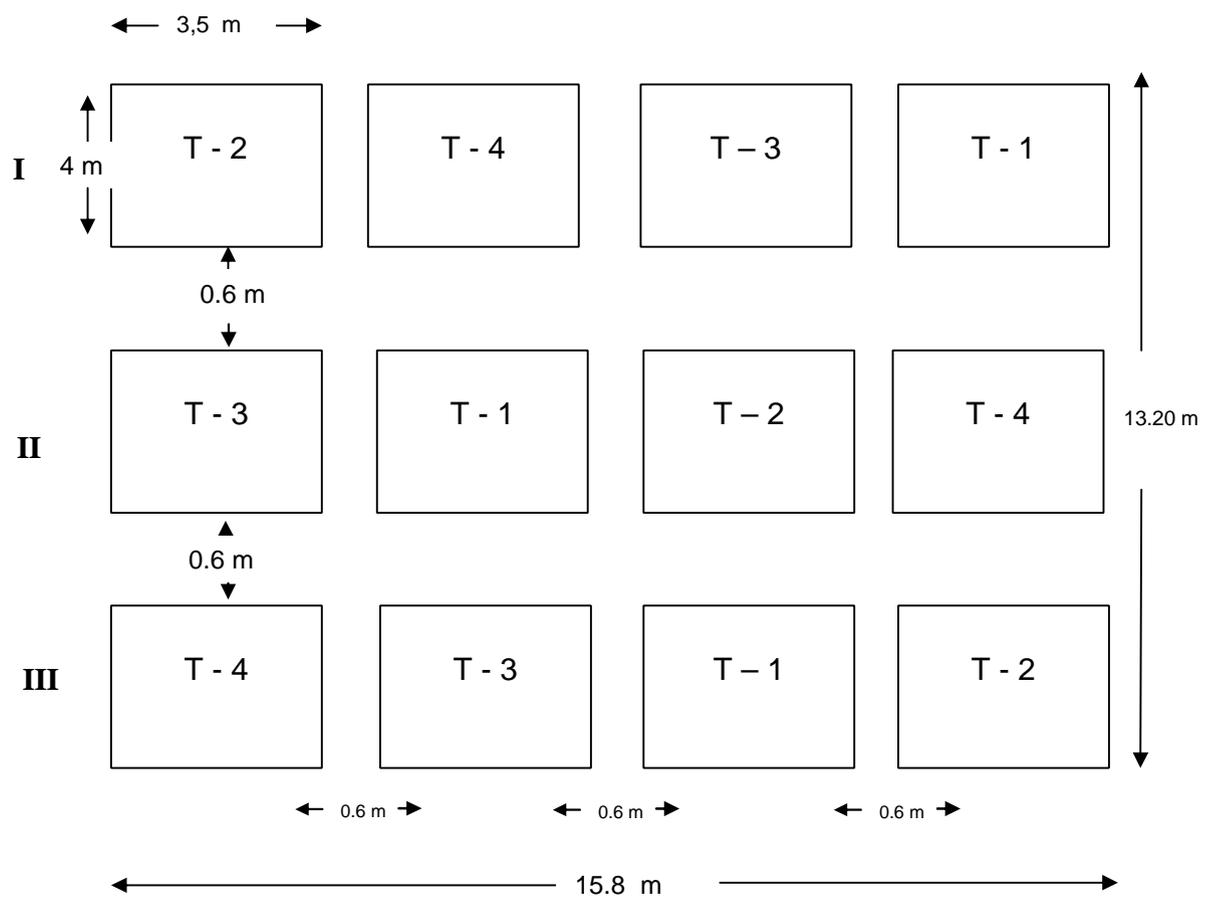
Tratamiento 3: Aplicación de *B. bassiana* en el primer aporque (50 días)

Tratamiento 4: Aplicación de *B. bassiana* en el segundo aporque (90 días)

### 4.3.3. Croquis del área experimental.

Los tratamientos fueron distribuidos en forma aleatoria como se muestra en la siguiente figura:

**Figura 6. Croquis de la parcela experimental**



## Cuadro 2. Características del área de estudio.

Área total :	208.56 m <sup>2</sup>
Numero de tratamientos	4
Numero de repeticiones	3
Total de Unidades experimentales	12
Área de cada Unidad Experimental	14 m <sup>2</sup>
Distancia entre surcos	0.80 m
Distancia entre plantas	0.40 m
Numero de surcos por tratamiento	5
Numero de plantas por surco	8
Total de plantas por unidad experimental	40
Distancia entre tratamientos	0.6 m
Distancia entre repeticiones	0.6 m.

### 4.3.4. Variables de respuesta.

Para las variables de respuesta se evaluaron un total de cinco plantas, muestreadas al azar por cada unidad experimental.

#### 4.3.4.1. Porcentaje de daño ocasionado por la plaga.

Esta variable se evaluó en la cosecha, procediéndose al conteo total de las raíces de la muestra y el total de raíces dañadas, los datos obtenidos se emplearon en la siguiente formula:

$$\text{Porcentaje de Daño} = \frac{\text{Número de raíces dañadas}}{\text{Número total de raíces de la muestra}} \times 100$$

#### **4.3.4.2. Porcentaje de control.**

Con los datos del porcentaje de daño, se procedió a determinar el porcentaje de control utilizándose para su cálculo la fórmula de Abbott corregida.

$$\text{Porcentaje de Control} = 100 - \frac{\% \text{ Daño del tratamiento}}{\% \text{ Daño del testigo}} \times 100$$

#### **4.3.4.3. Porcentaje de mortalidad.**

Esta variable se determinó, mediante el conteo directo de los gorgojos muertos por *B. bassiana* respecto al total de insectos presentes en cada muestra de camote.

$$\text{Porcentaje de Mortalidad} = \frac{\text{Número de insectos muertos}}{\text{Número de insectos totales}} \times 100$$

#### **4.3.4.4. Rendimiento del cultivo.**

Esta variable fue calculada a partir del peso de las raíces reservantes de las plantas muestreadas y el total de plantas presentes en cada unidad experimental, finalmente este dato fue ponderado a Kg. /ha.

#### **4.3.5. Análisis estadístico.**

Debido a que los datos que se toman provienen de contadas y están expresados en porcentajes sin denominador común como el porcentaje de daño, porcentaje de mortalidad, según Calzada (1970) y Reyes (1990), la distribución no es normal, razón por la que se realizó la transformación de los datos obtenidos aplicando la fórmula  $X.$ , para normalizar los datos.

Se efectuaron análisis de varianza mediante la prueba de F de las variables de respuesta estudiadas, considerando el modelo de un diseño de Bloques Completamente al Azar. También se efectuó la prueba de correlación entre las variables de respuesta. Para ambos análisis se utilizó el paquete estadístico SAS (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM) Versión 8.0

Hechas las transformaciones y terminado el análisis, las comparaciones para probar las hipótesis nulas se hicieron con los datos transformados. Sin embargo, los resultados promedios se presentaron con los originales. Calzada (1970)

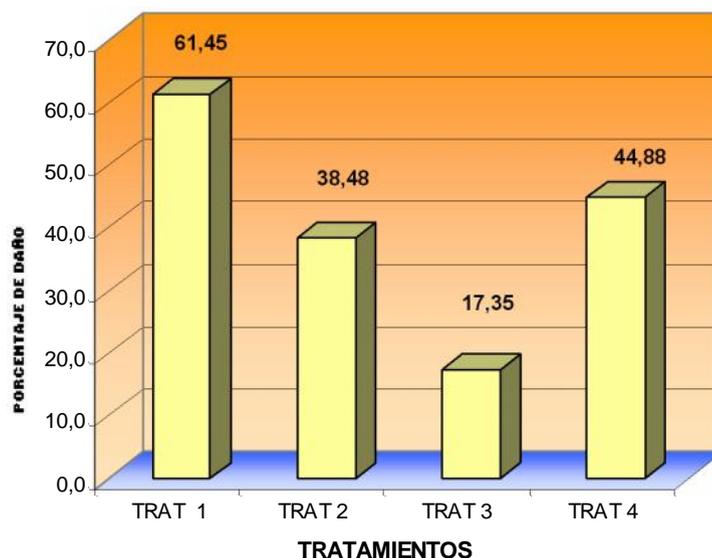
En las fuentes de variación de los tratamientos se realizó la prueba de medias de Duncan a un nivel de significancia del 5%, considerando que esta prueba se la utiliza sin importar si en el ANVA la prueba de F da significativo o no significativo, permite evaluar un alto número de comparaciones y donde las medias puedan estar distantes unas de otras, porque para cada comparación se establece un valor referencial, lo que permite por tanto ajustar con una mayor precisión los valores experimentales.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

### 5.1. Análisis del porcentaje de daño del camote ocasionado por el gorgojo *Euscepes postfasciatus*.

Tras realizar la cosecha se confirmó la presencia de *Euscepes*, en las diversas muestras de raíces de camote, predominando los estadios de larva, pupas y adultos, situándose principalmente en la parte central de las raíces. De la misma forma se detectó la presencia del gorgojo en alguna de las ramas más gruesas; estos resultados están de acuerdo con lo expuesto por Silveira (1993), que indica la preferencia de *Euscepes postfasciatus* por las raíces y ramas del camote para su oviposición y alimentación.

**Figura 7. Niveles del porcentaje de daño ocasionado por el gorgojo *E. postfasciatus* en el cultivo de camote.**



Se observó que los niveles de daño producido por *Euscepes* en las raíces de camote, variaron significativamente entre el tratamiento testigo y los demás tratamientos sometidos a la acción del entomopatógeno.

El porcentaje de daño ocasionado por el gorgojo en el testigo (61.45%) es el mas alto, dato considerado normal por Wanderley (2002) que indica que en cultivares donde no se realiza ningún control de *Euscepes postfasciatus* los niveles de daño pueden variar del 60 al 100 %, debido a que el gorgojo encuentra las condiciones adecuadas para su alimentación y desarrollo.

La aplicación del hongo *B. bassiana* en los tratamientos efectuados; ha reducido el nivel del porcentaje de daño, en relación al testigo. En la figura 7 se observa claramente que el tratamiento 3 es considerado como el mas efectivo, al disminuir el daño causado por la plaga a un nivel del 17.35 %, respecto a los tratamientos 2 y 4 .

Esta disminución en el porcentaje de daño, indica que la aplicación del hongo en el momento del aporque, permite el contacto mas efectivo entre el entomopatógeno y el gorgojo; al respecto Gonzáles (1990), determinó que las mayores poblaciones del insecto comienzan en la segunda fase del cultivo, momentos en el cuál engrosan las raíces reservantes y las hembras del gorgojo por costumbre comienzan a ovipositar cuando las raíces se están formando, por tanto la situación fue óptima para realizar la aplicación del hongo y cortar el ciclo de infestación del insecto.

En el tratamiento 2, se disminuyo el daño en un porcentaje mínimo (38.48%), esto se debe a que durante el desarrollo del cultivo se realizo una sola aplicación en la siembra, y en el transcurrir del desarrollo del cultivo, los gorgojos centraron su ataque en las nuevas ramas y en algunas de las raíces reservantes en formación evitando de esta forma un contacto pleno con el entomopatógeno.

El tratamiento 4, recibió la aplicación de *Beauveria* 30 días antes de la cosecha, lo cual no incidió en una reducción mayor del daño (44.88%), debido a que no se estableció un contacto pleno entre el gorgojo y el entomopatógeno, es decir que

los adultos del gorgojo ya habían atacado las raíces formadas encontrándose en diferentes etapas de desarrollo al interior de la raíz reservante y las ramas.

### 5.1.1. Análisis de varianza del porcentaje de daño.

**Cuadro 3. Análisis de varianza para la variable porcentaje de daño del camote.**

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft	SIGN
Bloques	2	0.62	0.312	1.41	5.14	NS
Tratamientos	3	21.04	7.014	31.63	4.76	*
Error	6	1.32	0.222			
Total	11	23				

**CV. = 7.58 %**

En el análisis de varianza del Cuadro 3, realizado para el porcentaje de daño los resultados obtenidos nos indica que existe una diferencia significativa entre los tratamientos planteados, con un coeficiente de variación del 7.58 %, resultado que denota la confiabilidad de los datos obtenidos.

Estas diferencias entre tratamientos, se deben al accionar del hongo sobre la incidencia del gorgojo en el porcentaje de daño ocasionado durante el desarrollo del cultivo.

De acuerdo a la prueba de Duncan para la comparación de medias, a un nivel de significancia del 5%, existen diferencias significativas en el porcentaje de daño entre los tratamientos, las diferencias son significativas entre el tratamiento testigo respecto a los restantes tratamientos con aplicación de *B. bassiana*, presentando diferencias significativas entre el tratamiento 3, respecto a los tratamientos 2 y 4. Pero no existen diferencias entre el tratamiento 2 y el tratamiento 4, evidenciándose que el daño ocasionado por el gorgojo en las raíces de camote

es similar, si se aplica el entomopatogeno en el momento de la plantación o en el segundo aporque.

### **5.1.2. Análisis cualitativo del porcentaje de daño.**

Al realizar la disección de los tubérculos dañados para cada tratamiento, se estableció que el mayor daño se presentó en el testigo, según la escala de daños establecida por Franca *et. al.* (1993), se encuentra en un nivel 2 y 5, al evidenciarse la presencia de larvas, pupas y adultos, en más de 2/3 de las raíces, estos niveles de daño confirman lo expuesto por Vargas (2005), que indica que las larvas al realizar galerías internas y externas destruyen la raíz produciendo sabor y olor desagradable haciéndolas inútil para el consumo humano y animal.

En el tratamiento 2, los daños de las raíces se ubican en el nivel 1 y 3, al observarse, infestaciones de las larvas y adultos del gorgojo en 2/3 de los tubérculos. Estos resultados denotan el accionar del entomopatogeno en la reducción del daño obteniéndose raíces aptas para el consumo.

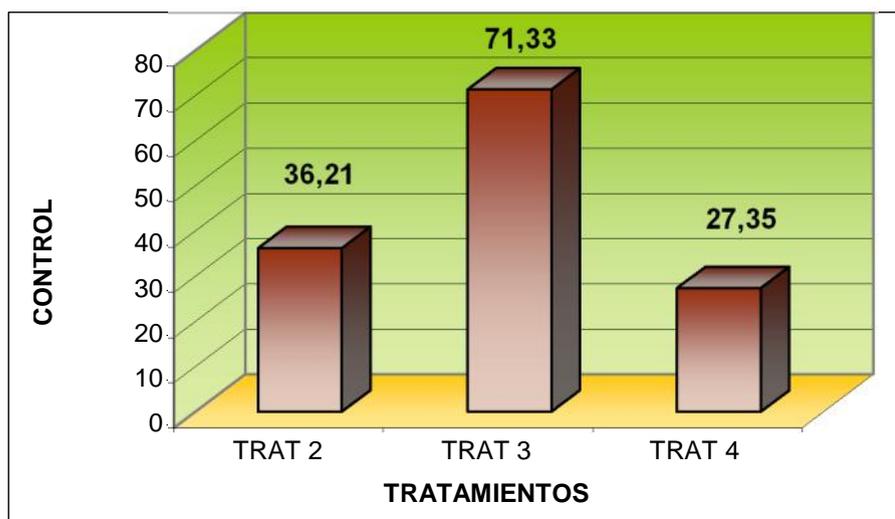
El tratamiento 3, presentó daños leves, a un nivel 0 al 2, con estos resultados se evidencia la acción positiva que ejerce el hongo en el control del gorgojo, al respecto según Alcázar (2003), en un estudio similar utilizando el hongo *Beauveria* logro reducir el daño obteniendo raíces de buena calidad para la comercialización.

El tratamiento 4, presentó niveles de daño elevados de 2 a 4, esto se podría deber a que la aplicación del hongo, realizada cerca de la cosecha, no logro reducir en gran magnitud el daño, debido a que los gorgojos, ya realizaron su ataque encontrándose dentro de las ramas y raíces en etapas de huevo, larva, pupa.

## 5.2. Análisis del porcentaje de control del gorgojo con la aplicación del hongo *B. bassiana*.

El porcentaje de control del gorgojo por efecto del hongo *Beauveria bassiana* no esta condicionada por el numero de aplicaciones, ni la cantidad a ser asperjada, mas al contrario tiene una estrecha relación con el ciclo evolutivo del insecto, las variables de su habitad, el daño que este ocasiona durante el desarrollo del cultivo y el momento oportuno de la aplicación. (Lima, 2002)

**Figura 8. Porcentaje de control del gorgojo (*E. postfasciatus*) del camote.**



De acuerdo a los resultados, la aplicación óptima del entomopatógeno se logro en el tratamiento 3 alcanzando un elevado control del gorgojo, con un 71.33 %, en comparación con el segundo y cuarto tratamiento, con 36.21% y 27.35% respectivamente, estas diferencias se debe al momento de la aplicación y el accionar del entomopatógeno, sobre el gorgojo según su hábitos de vida, es decir que al realizar la aplicación de *B. bassiana* en el tercer tratamiento este entra en contacto con los adultos del gorgojo que se encuentran agrupados en la superficie del suelo alimentándose de la epidermis de las ramas y las raíces en formación ejerciendo así un mayor control gracias a la permanencia del hongo en el suelo.

Estos resultados están en parte, de acuerdo con los obtenidos por Schiler (2000), en cuyo trabajo detecto que el uso del hongo *B. bassiana* en campos infestados ayuda a reducir las poblaciones del gorgojo en el cultivo de camote, resultando ser un eficiente controlador.

### 5.2.1. Análisis de varianza del porcentaje de control.

**Cuadro 4. Análisis de varianza para la variable porcentaje de control del gorgojo (*Euscepes postfasciatus*).**

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Calculada	F Tabulada	Sig
BLOQUES	2	1.27	0.637	0.71	6.94	NS
TRATAMIENTOS	2	17.78	8.850	9.80	6.94	**
ERROR EXP	4	3.61	0.903			
TOTAL	8	22.59				

**C V. = 14.59 %**

El análisis de varianza del Cuadro 4, realizado para establecer el porcentaje de control del gorgojo del camote con la aplicación del entomopatógeno *B. bassiana*, se advierte claramente que existe una diferencia altamente significativa, entre los tres tratamientos realizados con un coeficiente de variación del 14.59 %.

Estas diferencias entre tratamientos, demuestra la efectividad de *B. bassiana* en la reducción de la infestación del gorgojo durante las diferentes fases fenológicas del cultivo de camote.

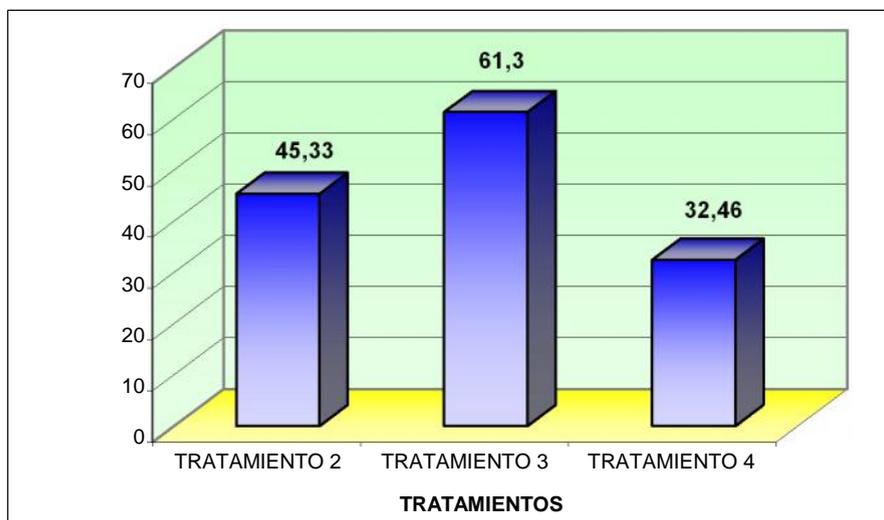
De acuerdo a la prueba de Duncan para la comparación de medias, a un nivel de significancia de 5 % para el porcentaje de control del gorgojo con la aplicación de *B. bassiana* (Figura 8). Se observa diferencias significativas, entre el tratamiento 3, respecto al tratamiento 2 y 4. Pero no existen diferencias entre el tratamiento 2 y el tratamiento 4, constatándose que *B. bassiana* ejerce un elevado control de

la plaga, cuando se aplica en el primer aporque; la aplicación del entomopatogeno en el momento de la plantación y segundo aporque tuvo un accionar relativamente similar.

### 5.3. Análisis del porcentaje de mortalidad del gorgojo *E. postfasciatus*.

Al realizar la disección de cada camote dañado de las plantas muestreadas claramente se observó que el hongo ataca a los adultos del gorgojo del camote y no a larvas ni pupas, por tanto según las observaciones de campo y en base a los datos obtenidos se confirma lo expuesto por el CIP (1990), y Schiler (2000) indicando que en estudios similares el hongo *B. bassiana* ataca principalmente al estado adulto de *Euscepes postfasciatus* ya sea en condiciones de campo o laboratorio.

Figura 9. Porcentaje de mortalidad del gorgojo (*E. postfasciatus*) del camote.



De acuerdo a los resultados, se observó que los niveles de porcentaje de mortalidad producido por el hongo en el gorgojo, variaron significativamente entre

los tres tratamientos, obteniéndose el menor porcentaje de mortalidad en el tratamiento 4 con un 32.46%, seguido del tratamiento 2 con un 45.33%.

El mayor porcentaje de mortalidad se registró en el tratamiento 3 con un 61.3%, dato que coincide con lo obtenido por Alcázar (2003), indicando que el porcentaje de mortalidad de adultos de *Euscepes postfasciatus* sometidos a la acción del patógeno *Beauveria bassiana* puede variar del 60% al 90% dependiendo esto del momento y lugar oportuno para aplicar el hongo al suelo.

Estas diferencias entre tratamientos probablemente se deba a la variabilidad del ataque del gorgojo en estado adulto en cuanto al alimento disponible durante el desarrollo del cultivo, al momento de realizar cada una de las aplicaciones respectivas con el hongo según los tratamientos planteados, así también la permanencia y desarrollo del entomopatógeno en el suelo.

### 5.3.1. Análisis de varianza del porcentaje de mortalidad.

**Cuadro 5. Análisis de varianza para la variable porcentaje de mortalidad del gorgojo ocasionado por *B. bassiana*.**

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Calculada	F Tabulada	Significancia
BLOQUES	2	31.87	15.936	1.49	6.94	NS
TRATAMIENTOS	2	1252.94	626.469	58.48	6.94	**
ERROR EXP	4	42.85	10.713			
TOTAL	8	1327.66				

**C V. = 7.06 %**

En el análisis de varianza del Cuadro 5, realizado para establecer el porcentaje de mortalidad del gorgojo, en los resultados obtenidos se manifiesta una diferencia altamente significativa entre los tres tratamientos, con un coeficiente de variación del 7.06 %, resultado que denota la confiabilidad de los datos registrados.

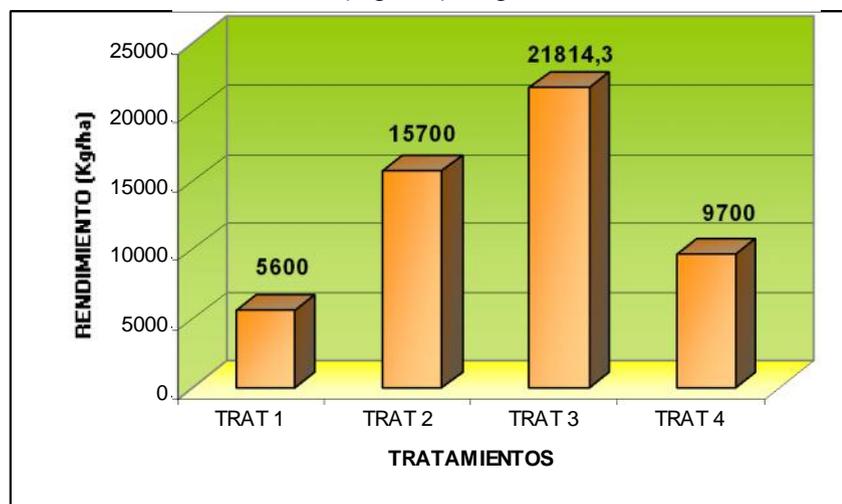
De acuerdo a los resultados obtenidos, las diferencias entre tratamientos probablemente se deba al momento oportuno de la aplicación y la persistencia del hongo en el suelo al esperar el hospedero, así también las condiciones ambientales favorables en cuanto a humedad y temperatura, para favorecer su desarrollo y permanencia durante el ciclo del cultivo.

Por intermedio de la prueba de Duncan para la comparación de medias, a un nivel de significancia de 5%, existen diferencias significativas en el porcentaje de mortalidad entre los tratamientos 2, 3 y 4. Estas diferencias significativas entre los tratamientos demuestran la eficiencia del entomopatogeno al ocasionar niveles de mortalidad de más del 50 % en el tercer tratamiento que según el hábito de vida del gorgojo, estos tienden a incrementar su ataque cuando las raíces están en formación, y que de alguna manera si bien en los tratamientos 2 y 4 no se alcanzó el mismo nivel de mortalidad también se ha logrado reducir la población del insecto.

#### 5.4. Análisis del rendimiento de camote obtenido en los tratamientos.

El rendimiento de camote esta relacionado con la calidad y peso de la raíz, la misma que es de vital importancia por constituirse en la parte comercial del cultivo.

Figura 10. Rendimiento de camote (Kg./ha) según los diferentes tratamientos.



Como se observa en la (Figura 10), el rendimiento de camote se incremento notablemente con la aplicación del hongo *Beauveria bassiana* en los diferentes tratamientos con relación al testigo, estas diferencias entre tratamientos se debe al efecto controlador del entomopatogeno, sobre la reducción del daño del gorgojo, reflejado en el incremento de los rendimientos.

El rendimiento mas bajo se registro en el testigo (tratamiento 1) con 5600 Kg./ ha, al respecto FAO (2002), afirma que cuando se efectúa una deficiente práctica agrícola, el ataque de *Euscepes postfasciatus* es elevado y los rendimientos en la mayor parte de las veces no llegan ni a los 6000 Kg./ha.

El mayor rendimiento se ha obtenido en el tratamiento 3, con 21814.3 kg/ha al respecto López (1990) menciona la posibilidad de obtener rendimientos superiores a las 20 t/ha, cuando se realiza una buena practica agrícola, acompañada de adecuados controles de plagas y una correcta selección del material vegetal de propagación. De la misma manera Ticona (2004), señala que la variedad de camote morada, tiene un rendimiento promedio de 20 a 25 t/ha en condiciones optimas de suelos fértiles, sin la presencia de plagas y acompañadas de un buen manejo cultural, sin embargo Molina (2004) reporta un rendimiento de 25 a 30 t/ha, en la producción de camote con manejo tecnificado.

En los tratamientos 2 y 4, se han registrado rendimientos relativamente elevados, con 15700 kg/ha y 9700 kg/ha respectivamente, que si bien son inferiores al tratamiento 3, se ha logrado incrementar el rendimiento respecto al testigo.

#### 5.4.1. Análisis de varianza del rendimiento de camote.

**Cuadro 6. Análisis de varianza para la variable rendimiento del camote con la aplicación de *B. bassiana*.**

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft	SIGN
Bloques	2	44.26	22.169	3.5	5.14	<b>NS</b>
Tratamientos	3	894.42	298.141	47.10	4.76	<b>**</b>
Error	6	37.98	6.330			
Total	11	976.66				

**C. V. = 13.59%**

De acuerdo al análisis de varianza del Cuadro 6, para establecer el rendimiento del camote por hectárea, nos muestra que existe una diferencia altamente significativa, entre los tres tratamientos, con un coeficiente de variación de 13.59 %.

Estas diferencias entre tratamientos se deben a la reducción del daño ocasionado por el gorgojo durante el desarrollo del cultivo gracias a la acción que ejerce el hongo para su control, en el momento oportuno logrando de esta forma incrementar el rendimiento.

De acuerdo a la prueba de Duncan para la comparación de medias, a un nivel de significancia de 5 %, para el rendimiento de camote por hectárea se observa que existen diferencias significativas entre , el tratamiento 1 (testigo) en relación a los tratamientos 2, 3 y 4 respectivamente, asimismo se observa diferencias notables entre los tratamientos que recibieron la aspersion de *B. bassiana* 2, 3 y 4 demostrándose que la aplicación del entomopatogeno en el primer aporque aumenta los rendimientos en un 28 % respecto al tratamiento 2 y en un 105 % respecto al tratamiento 2.

### **5.5. Correlación entre el porcentaje de daño y porcentaje de control.**

Al realizar la prueba de correlación entre las variables porcentaje de daño y porcentaje de control se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.9, este resultado demuestra una estrecha relación entre ambas variables.

El porcentaje de control tiene una estrecha relación con la reducción del porcentaje de daño ocasionado por el gorgojo, es decir que al realizar la aspersión del entomopatógeno durante el desarrollo del cultivo se ha incrementado de manera significativa el control, gracias a la reducción del daño, por el efecto controlador del entomopatógeno. Destacándose el tratamiento 3, como el mejor en relación a la menor incidencia de infestación del gorgojo y la mayor efectividad de control de *B. bassiana*.

### **5.6. Correlación entre el porcentaje de control y rendimiento.**

Existe una estrecha relación entre las variables porcentaje de control y rendimiento con un coeficiente del 0.9, esto significa que por cada aplicación que se realiza con el entomopatógeno a lo largo del ciclo del cultivo, se logra controlar el daño que ocasiona el gorgojo, en las raíces, incrementando los rendimientos de cultivo de camote. Es decir que cuando se logre un mayor control de la plaga, también existirá un aumento en el rendimiento.

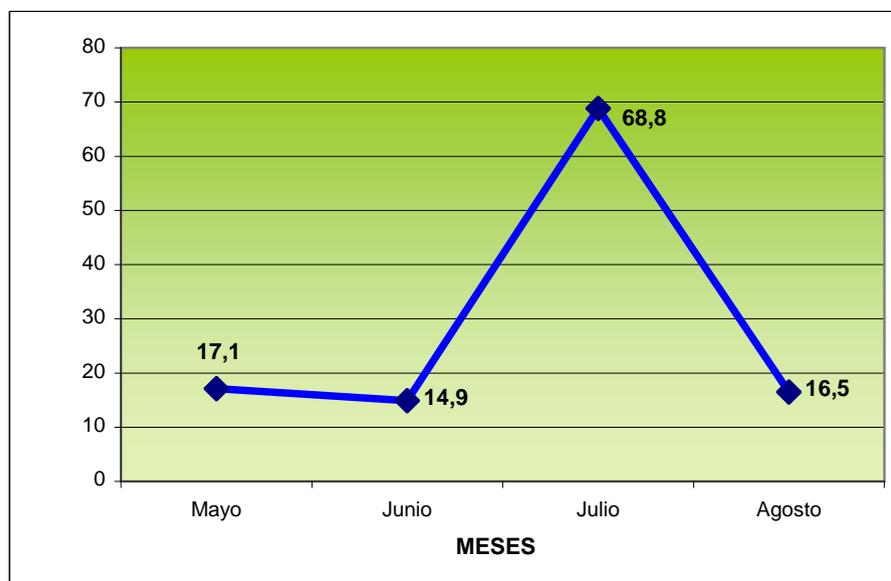
## 5.7. Condiciones metereologicas.

Los registros de las condiciones metereologicas fueron adquiridos a través del SENAMHI, proveniente de la Estación de Sapecho, ubicado en la Provincia Sud Yungas del departamento de La Paz, entre las coordenadas 15° 10' - 15° 55' de latitud sur y a 67° 40' de longitud oeste, y a una altura de 450 m.s.n.m. (SENAMHI, 2006)

### 5.7.1. Precipitación.

La figura 11 muestra los registros de precipitaciones obtenidas durante la gestión 2006 a lo largo del ciclo vegetativo del cultivo.

Figura 11. Precipitación registrada en el área de estudio (Sapecho).



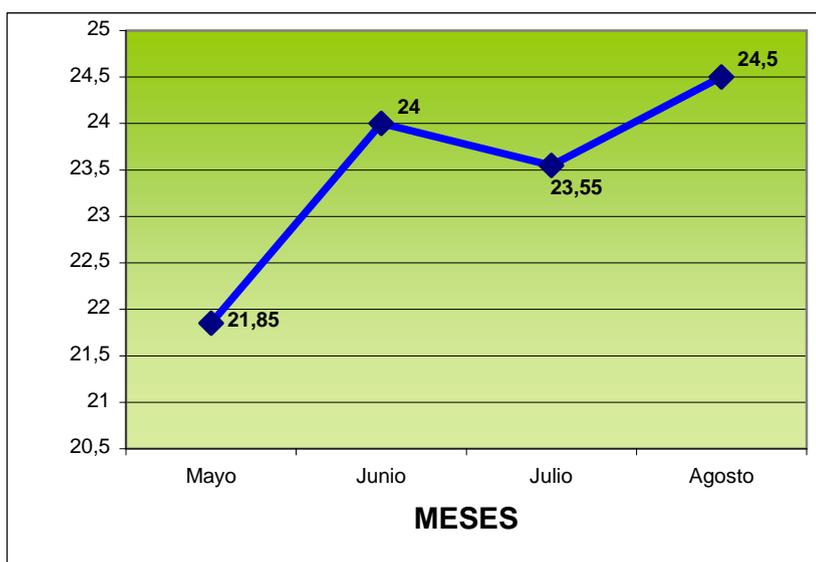
En la figura anterior se observa que las mayores precipitaciones se registraron en el mes de Julio con un promedio de 68.8 mm y las mínimas precipitaciones fueron en el mes de junio con 14.9 mm teniendo una precipitación total de 117.3 mm durante el ciclo del cultivo (Mayo - Agosto). Al respecto Carvajal (1993), señala que la supervivencia de las conidias del hongo *B. bassiana* es menor cuando es alto el porcentaje de saturación del agua en el suelo, situación que no se dio en el

transcurso del ensayo presentando condiciones adecuadas para el desarrollo del entomopatógeno.

### 5.7.2. Temperatura.

La figura 12, nos muestra los registros de temperaturas obtenidos durante la gestión 2006 a lo largo del ciclo vegetativo del cultivo, observándose que la temperatura mas baja se registro en el mes de mayo con 21.85 °C y la temperatura mas alta en el mes de agosto con 24.5 °C.

Figura 12. Temperaturas registradas en el área de estudio (Sapecho).



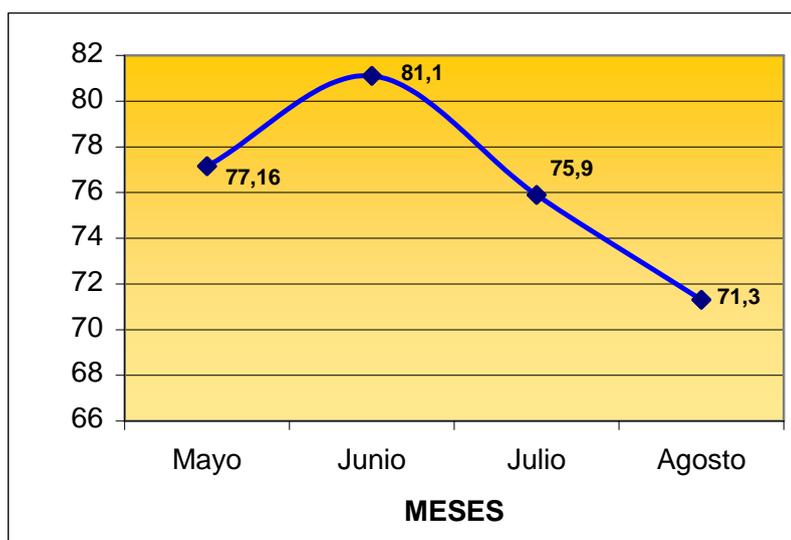
En la anterior figura se observa que la temperaturas registradas durante el desarrollo del ensayo se hallan entre los rangos descritos por Carvajal (1993) quien menciona que el hongo *B. bassiana* se desarrolla muy bien entre los 22 y 26 °C, de la misma manera la supervivencia de los conidios del entomopatógeno es menor cuanto mas elevada es la temperatura del suelo. A si mismo Vargas (1998), menciona que el cultivo del camote se desarrolla muy bien en temperaturas superiores a los 20 °C.

Al respecto Lima (2002), señala que el ciclo biológico de *Euscepes postfasciatus* tiene una duración variable de 42 a 56 días de acuerdo a las condiciones ambientales donde se desarrolla el cultivo de camote.

### 5.7.3. Humedad relativa.

La figura 13, muestra los registros de humedad relativa obtenidos en la gestión 2006 a lo largo del ciclo vegetativo del cultivo.

**Figura 13. Registro de la humedad relativa mensual en el área de estudio.**



De acuerdo a la anterior figura, se registro una humedad relativa promedio de 71.3 % en el mes de agosto siendo esta la mínima, a excepción del mes de junio que presento una mayor humedad con 81.1 % de humedad relativa. Estos valores según Albarracin (1997), se encuentran dentro de los rangos (70 al 85 %), de humedad relativa que requiere *B. bassiana* para mantener y elevar la viabilidad de la conidias del hongo.

## 6. CONCLUSIONES.

De acuerdo a los objetivos planteados y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, se llegaron las siguientes conclusiones.

- La aplicación de *Beauveria bassiana* en los tratamientos efectuados ha reducido, el porcentaje de daño en relación al testigo, estableciéndose que la aplicación del entomopatógeno en el primer aporque (tratamiento 3) es el más efectivo, al disminuir el daño ocasionado por *Euscepes postfasciatus* hasta el 17.35 %, respecto a los tratamientos 2 y 4; obteniéndose raíces, de buena calidad aptas para la comercialización.
- El hongo *Beauveria. bassiana* demuestra un gran potencial como biocontrolador del gorgojo del camote, habiéndose logrado un mayor control en el tratamiento 3, con un 71.33 % , en relación con el segundo y cuarto tratamiento, probablemente esto se deba al contacto oportuno y efectivo entre el entomopatógeno y el gorgojo
- El porcentaje de control, tiene una estrecha relación con la reducción del daño ocasionado por el gorgojo, con la aplicación del entomopatógeno en los tratamientos se ha logrado incrementar de manera considerable el control del gorgojo, variando su eficiencia según la aplicación de *B. bassiana*, en el momento y lugar oportuno.
- Las diferencias del porcentaje de mortalidad entre tratamientos, se debe al momento oportuno de la aplicación, acción y la persistencia de *B. bassiana* en el suelo, favoreciendo su desarrollo y permanencia, las condiciones medioambientales durante el ciclo del cultivo, obteniéndose el mayor porcentaje de mortalidad (61.3 %) en el primer aporque (tratamiento 3), en comparación a las aplicaciones que se hicieron en la plantación

(tratamiento 2) y el segundo aporte (tratamiento 4) que presentaron menores porcentajes de mortalidad.

- El rendimiento de camote se incremento en mayor medida en el tratamiento 3 con 21814.3 kg/ha, evidenciándose que con la aplicación de *B. bassiana* en el primer aporte, se disminuye el efecto perjudicial del gorgojo, reflejado en la elevación del rendimiento, produciendo raíces de calidad aptas para la comercialización. El rendimiento en los tratamientos 2 y 4, son menores al obtenido en el tratamiento 3, pero son superiores al rendimiento obtenido en el testigo, destacándose el efecto controlador del entomopatógeno sobre el gorgojo.
  
- Se ha establecido que el momento mas oportuno para la aplicación de *B. bassiana* en el control de *E. postfasciatus*, fue en el primer aporte, resultando en menores daños, mayor control y mortalidad, con el consiguiente incremento del rendimiento de la producción de camotes de buena calidad para su comercialización

## 7. RECOMENDACIONES.

Una vez concluido el trabajo de investigación, y a partir de los resultados obtenidos se establecen las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda realizar estudios adicionales con la aplicación de *B. bassiana* complementados con el uso práctico de feromonas sexuales, para lograr un mayor contacto entre el entomopatógeno y el gorgojo.
- Continuar el estudio evaluando las mismas variables, en diferentes épocas de plantación, para reducir el ataque realizado por el gorgojo durante todo el año.
- Se recomienda para futuros ensayos probar el control del gorgojo con la aplicación de *Beauveria bassiana*, en otras variedades de camote susceptibles al ataque del gorgojo del camote.
- Estudiar la adaptación en la región de variedades de camote, resistentes a *Euscepes postfasciatus*
- Realizar trabajos de control de *E. postfasciatus* en condiciones de poscosecha y almacenamiento.

## 8. BIBLIOGRAFIA.

- ALBARRACIN, M. L.** 1997. Pruebas preliminares utilizando el hongo *Beauveria spp* para controlar al gorgojo de los Andes: *Premnotrypes latitorax* y *Rhigopsidius tucumanus*. Tesis de Ing. Agr.: Universidad Mayor de San Simón. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Cochabamba, Bolivia. 95 p.
- ALCAZAR, J.** 2003. Revista Medio Ambiente N° 45. Lima, Perú. p. 44 - 46
- ALVES, S. B.** 1986. Control Microbiano de Insectos. Editora Manole Ltda. Sao Paulo. Brasil. 407p.
- , 1986. Fungos entomopatogénicos. Editora Manole Ltda. Sao Paulo. Brasil. p 73-126.
- BARNETT, H. L.; HUNTER, B. B.** 1987. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. 4 ed. Collier. Mac-Millan Publishers, London, England. 100p
- BAUVERIL LAVERLAN S.A.** 1999. <http://cali.cetcol.net.co/laverlan/bauveril.html>
- BRADY, B. L.** 1979. Descriptions of fungi pathogenic and bacteria; *Beauveria brongniartii*. England Commonwealth Micological Institute. N 603. 2p.
- BELPAIRE C.** 1998. Experiencias en el control biológico de plagas agrícolas. Editorial Instituto de Ecología. La Paz, Bolivia. 13-14 p.
- CALZADA, B. J.** 1970. Métodos estadísticos para la investigación. Editorial JURÍDICA S.A. Tercera Edición en español. Lima, Perú. p 295-308.
- CARVAJAL, C.** 1993. Distribución geográfica, fluctuación poblacional y control del gorgojo de los Andes *Premnotrypes latitorax* en la localidad de Aguirre. Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Simón. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Cochabamba, Bolivia. p 20-35
- CAVE R.** 1995. Manual para el reconocimiento de parasitoides de plagas agrícolas en América central. Ed. Abelino Pitty. Tegucigalpa, Honduras. p. 28 – 29
- CATIE** (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. CR). 2002. Proyecto: Modernización de la Cacaocultura Orgánica en Alto Beni. La Paz, Bolivia. CATIE. 40 p.

- CIP** (Centro Internacional de la Papa). 1990. Mejoramiento de la papa y la batata en el mundo. Lima, Perú. p. 127.
- CISNEROS, V. F.** 1995. Control de plagas agrícolas. Editorial A. G. C. I. S. Lima, Perú. p. 2- 102.
- CISNEROS, V. F. y ALCÁZAR, S. J.** (Eds.). 2001. Manejo integrado del gorgojo del camote o Tetuán del boniato, *Cylas formicarius* (Fab.), en Cuba. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Perú. 138 p.
- CONTRERAS, R.** 1993. Guía técnica para el cultivo de camote. (en línea). Venezuela. Consultado 22 de abril 2005. Disponible en [http:// www. agronegocios. gob, sv/ como producir/guías/camote.pdf](http://www.agronegocios.gob.sv/como producir/guías/camote.pdf).
- CORDERO, D.** 1999. Selección de cepas del hongo *Beauveria bassiana* (Bálsamo) en laboratorio para el control de la broca del café, en diferentes pisos ecológicos de los yungas de La Paz. Tesis de grado en Ingeniería Agronómica. La Paz, Bolivia.
- DUNN, P. H.; MECHALAS, B. J.** 1963. The potential of *Beauveria bassiana* (balsamo) Willwmin as a Microbial Insecticid. Jour. of Insect Path. California, USA. 5: 451-459.
- FAO**, 2002. Anuario de productos agrícolas. Roma, Italia. p.50
- FARGUES J.** 1985. Persistence des conidiosforos des hypomycetes Entomopathogenos *Beauveria bassiana* (bals) Vuil; *Metarhiziúm anisopliae* (Metsh) Sor; *Nomuraea rileyi* (F.) Samson et *Paecilomyces Fumoso* – Resgus Wizg Dans Sol en Conditions Controlees. Agronomie (Francia). 5(1): 73-80.
- FRANCA et. al.** 1993. Evaluación de germoplasma de batata dulce evaluando la resistencia a insectos de suelo. Primer Congreso de Olericultura. Río de Janeiro, Brasil. p. 177
- FRENCH, R. E.; HEBERT, T.** 1982. Métodos de investigación fitopatológica. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 159 p.
- GALLO, D. et. al.** 1978. Manual de entomología agrícola. Edición Agronómica Ceres Sao Paulo, Brasil. p. 220,222.

- GAUGLER, R.** 1989. Stability and Efficacy of *Beauveria bassiana* Soil Inoculations. Environmental Entomology; USA. 18 (3): 412-417.
- GOMEZ, H.** 1992. Programa Nacional de Control Biológico. Centro de Control Biológico. Unidad de entomopatógenos. Lima-Perú. p 16.
- GONZALES, O.** 1990. Fluctuación poblacional del picudo (e. postfasciatus) y su relación con el daño sobre raíces tuberosas de batatas. Lima, Perú p. 99.
- HUAMÁN, Z.** 1992. Botánica Sistemática y Morfología de la planta de Camote. Boletín Informativo Técnico 25. Centro Internacional de la Papa CIP. Lima, Perú. p. 21.
- IBTA** (Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuario.). 1996. Informe anual de la estación experimental Sapecho. La Paz, Bolivia. p. 6-7.
- IGM** (Instituto Geográfico Militar). 1998. Atlas de Bolivia: mapa geográfico del departamento de La Paz. La Paz, Bolivia. 1 disco compacto, 8mm.
- INE** (Instituto Nacional de Estadística,). 2005. Estadísticas Agropecuarias 2004 - 2005. La Paz, Bolivia. INE. p. 143-144.
- INE** (Instituto Nacional de Estadística). 2005. Atlas Estadísticos de Municipios INE. La Paz, Bolivia. p. 21-23.
- LIMA, E.** 2002. La broca del camote (*Euscepes postfasciatus*) Descripción, bionomía y control. Circular técnica N° 6. Ministerio de agricultura, pecuaria y abastecimiento. Río de Janeiro, Brasil. p. 12.
- LECUONA, E.** 1996. Microorganismos patógenos empleados en el control microbiano de insectos plaga. Buenos Aires, Argentina. 338p.
- LOPEZ, Z. M.** 1990. Raíces y tubérculos. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana, Cuba. p. 45, 48, 239.
- MAROTO, V.** 1995. Horticultura Herbácea Especial. Ediciones Mundi – Prensa. Cuarta edición. Madrid, España. p. 73.
- MARULANDA, C.** 2003. Hidroponía Familiar en Colombia desde el eje cafetero. Tercera edición. Ediciones ORTIGRAF. Armenia, Colombia. p. 75.
- MOLINA, J.** 2004. Folleto INIA N° 1, Manejo del cultivo de camote para mercado interno y exportación. Lima, Perú. p. 16

- MONTALDO, A.** 1991. Cultivo de Raíces y Tubérculos Tropicales. Editorial IICA Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura. Segunda Edición. San José, Costa Rica. p. 245, 253,272.
- MAMANI, E.** 1997. Transferencia de tecnología del hongo *Beauveria Bassiana* para el control biológico de la broca del café *Hypothenemus hampei* en los Yungas de La Paz, Tesis de grado, UMSA. La Paz, Bolivia.
- MORTENSEN, E.; BULLARD, E.** 1986. Horticultura tropical y subtropical. Ed. PAX-MEXICO. Ed. Tercera. México. p 101-102.
- PIAF** (Programa de Implementaciones Agroforestales. El Ceibo. BO). 2001. Guía de especies forestales de Alto Beni. La Paz, Bolivia. 192 p.
- PORCO, F.** 2002. Apuntes de cátedra de Horticultura, primer y segundo semestre del 2002. Facultad de agronomía. UMSA. La Paz, BO. s.p.
- PROBIOMA.** 2003. Aportes a la agroecología en Bolivia. [WWW.probioma.org.bo](http://WWW.probioma.org.bo).
- REYES, C. P.** 1978. Diseño de Experimentos Agrícolas. Editorial Trillas. México. 299 - 302 p.
- ROGG, H.** 1998. Guía práctica de producción masiva del entomopatógeno *Beauveria bassiana*. Universidad Autónoma Gabriel René Moreno. Instituto de Investigaciones Agrícolas “El Vallecito” C.C.H – USAID. Santa Cruz, Bolivia.
- , 2000. Manual de entomología agrícola de Bolivia. Ed. Abya - Yala Quito, Ecuador. p. 126 – 128.
- ROJAS, Q. K.** 2002. Sustratos alternativos para la producción del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* con fines de control biológico. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Simón. Facultad de ciencias agrícolas y pecuarias “Dr. Martín Cárdenas”. Cochabamba, Bolivia p. 61.
- ROJAS, F.** 2001 Catálogo de plantas. Facultad de Agronomía; Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. P. 19, 76.
- SANCHEZ, V. y CLORINDA, C.** 1992. Plagas del cultivo del camote. Universidad Agraria “La Molina”. Lima, Perú. p. 8, 11.
- SCHILER, E.** 2000. Control integrado de plagas. Informe anual CIP – INIVIT 2000. La Habana, Cuba. p. 3 – 5.

- SILVEIRA, M.** 1993. Evaluación de clones de batata resistentes a insectos de suelo. Horticultura brasilera. Brasilia, Brasil. p. 40 - 42
- TICONA, S.** 2004. Comportamiento agronómico de 10 variedades de camotes (*Ipomoea batata* L.), introducidos en la comunidad de Cañamina. Tesis de Lic. Ing. Agr. La Paz, Bolivia. UMSA. p. 55 - 56
- TORREZ, A. J.** 1993. Incremento masivo de *Beauveria bassiana* para controlar el gorgojo de los Andes de la papa y el gorgojo del camote. Informe técnico. Lima, Perú. 4p.
- VARGAS, R. M.** 2005. Introducción a la entomología general y agrícola. Editorial Universitaria – UAGRM. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. p. 260-261
- VELEZ; BENAVIDES.** 1990. Registro e identificación de *Beauveria bassiana* en *Hypothenemus hampei* en Ancuya; Dpto. de Nariño. Vol.41. Ed. CENICAFE. Colombia, Bogotá. 32-38 p.
- VERA, A.** 1997. Los entomopatógenos: formas de reproducción y aplicación. Universidad Agraria La Molina. Lima, Perú. 37p.
- WANDERLEY, P.** 2002. Resistencia de cultivares de batata dulce a *Euscepes postasciatus*.

# ANEXOS

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Anexo 1. Material vegetal utilizado

Fuente: Elaboración propia



Anexo 2. Vista parcial del cultivo



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Cosecha de camote en el área de estudio



Anexo 4. Fases del ciclo de vida de *E. postfasciatus*



Fuente: Elaboración propia

Anexo 5. Fase larval de *E. postfasciatus*



Fuente: Elaboración propia

Anexo 6. Fase pupal de *E. postfasciatus*



Fuente: Elaboración propia

Anexo 7. Adulto de *E. postfasciatus*



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Anexo 8. Infestación severa del camote ocasionado por *E. postfasciatus*

Fuente: Elaboración propia



Anexo 9. Larva de *E. postfasciatus* alimentándose al interior del camote



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Anexo 10. Daños ocasionados por *E. postfasciatus* en raíces de camote



Fuente: Elaboración propia

Anexo 11. Camotes infestados por *E. postfasciatus*



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Anexo 12. Muestra de camote infestado con gorgojo en la parcela de investigación



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

### Anexo 13. Presencia de *B. bassiana* en la cosecha



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

### Anexo 14. Permanencia y desarrollo de *B. bassiana* en el cultivo