



**Universidad del Azuay**  
**Facultad de Ciencia y Tecnología**  
**Escuela de Biología del Medio Ambiente**

**SITUACIÓN FITOSANITARIA Y EVALUACIÓN DE  
PRODUCTOS ALTERNATIVOS Y CONVENCIONALES PARA  
MANEJAR *Fusarium oxysporum* EN *Vasconcella* sp.**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de  
Biólogo del Medio Ambiente**

**Autor:**  
**Mario Andrés Ávila Andrade**

**Director:**  
**Ing. Walter Larriva Coronel M. Sc.**

**Cuenca, Ecuador**  
**Junio, 2010**

## **DEDICATORIA**

A Mario, Logon's y Renato: por ellos mis ideales, para ellos mi vida...

Con el amor de siempre...

Mario Andrés

## AGRADECIMIENTO

A mis padres y hermano, por su apoyo constante y su lucha diaria para que este proyecto mío, se convierta en uno de familia. Espero haber sido recíproco por su sacrificio durante todo este tiempo fuera de casa. Yo sé que la distancia nunca fue impedimento para continuar estando juntos.

Al Ing. Walter Larriva y su familia, por su ayuda desinteresada durante mi carrera universitaria. Gracias por demostrarme siempre su calidad como profesional, pero sobre todo como persona.

A la Dra. María Elena Cazar y a la Ing. Aida Cazar por su apoyo técnico durante la realización de este trabajo.

A la Estación Experimental del Austro del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), por permitirme realizar esta investigación en sus instalaciones. A su personal técnico y administrativo, quienes siempre aportaron de cualquier forma para que este trabajo culmine con éxito.

Mi agradecimiento sincero a la Ing. Katy Bravo, de quien aprendí mucho durante mi estadía en INIAP.

Un eterno agradecimiento a toda mi familia, sus deseos y oraciones me alentaron todo el tiempo para lograr este objetivo.

A Gabriela, Diana, Valeria, Johanna, Omar y Josué; aprendí mucho de ustedes, gracias compañeros, gracias amigos.

## RESUMEN

*Fusarium oxysporum* se ha constituido en la principal limitante fitosanitaria del cultivo de babaco en Ecuador. Se evaluó la eficiencia de productos químicos y alternativos para controlar a este hongo, en condiciones de laboratorio e invernadero. Previo a esto, se efectuó un diagnóstico fitosanitario en zonas productoras del sur del Ecuador. Se encontró que excepto Rhapsody, todos los compuestos evaluados controlaron al patógeno en condiciones *In Vitro*, mientras que solo Bavistín y Tilt presentaron 100% de control en condiciones *In Vivo*. El aceite esencial de hierba luisa fue el producto alternativo que mejores resultados alcanzó.

## ABSTRACT

*Fusarium oxysporum* is the main phytopathogen attacking babaco cultures in Ecuador. The efficiency of chemical and alternative products was tested to control this fungus at laboratory and greenhouse conditions. Previously, a phytosanitary diagnosis was performed in productive zones in the southern Ecuador. The results showed that, except Rhapsody, all the evaluated compounds controlled the growth of *F. oxysporum* at *In Vitro* conditions, and alone the Bavistín and Tilt fungicides controlled the growth at *In Vivo* conditions. The essential oil of lemongrass was the alternative product that displayed the best antifungal activity.

## Índice de Contenidos

|   |       |
|---|-------|
| Dedicatoria .....   | ii    |
| Agradecimiento .....  | iii   |
| Resumen .....   | iv    |
| Abstract .....  | v     |
| Índice de Contenidos .....  | vi    |
| Índice de Anexos .....  | ix    |
| <br><b>INTRODUCCIÓN</b> .....   | <br>1 |
| <br><b>CAPÍTULO 1: REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....   | <br>4 |
| 1.1 Clasificación taxonómica del Babaco .....   | 4     |
| 1.1.1 Origen geográfico .....   | 4     |
| 1.1.2 Origen botánico .....   | 5     |
| 1.1.3 Descripción botánica .....  | 6     |
| 1.2 La importancia del Babaco en la actualidad .....  | 7     |
| 1.2.1 Situación del Babaco en el Ecuador .....  | 7     |
| 1.2.2 El potencial del Babaco .....   | 8     |
| 1.3 Problemas Fitosanitarios .....  | 9     |
| 1.3.1 Pudrición de estacas .....  | 9     |
| 1.3.2 Oidio .....   | 9     |
| 1.3.3 Lancha temprana .....   | 9     |
| 1.3.4 Pudrición del fruto .....   | 10    |
| 1.3.5 Ácaro amarillo .....  | 10    |
| 1.3.6 Pulgones .....  | 10    |
| 1.3.7 Nemátodos de la raíz .....  | 10    |
| 1.3.8 Pudrición de raíces y tallo .....   | 11    |
| 1.4 <i>Fusarium oxysporum</i> Schlechtend: agente causal de la Marchitez Vascolar del<br>Babaco ..... | 11    |
| 1.4.1 Generalidades .....   | 11    |
| 1.4.2 Clasificación taxonómica .....  | 12    |

|  |           |
|--|-----------|
| 1.4.3 Ciclo patológico.....  | 13        |
| 1.4.4 Enzimas y toxinas del patógeno .....   | 14        |
| 1.4.4.1 Enzimas.....   | 14        |
| 1.4.4.2 Toxinas .....  | 14        |
| 1.4.5 Diseminación .....   | 14        |
| 1.5 Fungicidas.....  | 15        |
| 1.5.1 Generalidades .....  | 15        |
| 1.5.2 Fungicidas químicos o convencionales .....   | 16        |
| 1.5.2.1 Fungicidas protectantes .....  | 16        |
| 1.5.2.2 Fungicidas sistémicos .....  | 17        |
| 1.5.3 Fungicidas alternativos .....  | 17        |
| <b>CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>  | <b>19</b> |
| 2.1 Diagnóstico de la situación fitosanitaria del Babaco en las zonas productoras en el sur del país .....   | 19        |
| 2.1.1 Descripción de la zona de estudio .....  | 19        |
| 2.1.2 Materiales .....   | 20        |
| 2.1.3 Métodos .....  | 20        |
| 2.2 Evaluación <i>In Vitro</i> de tres fungicidas alternativos y tres convencionales para <i>F. oxysporum</i> , causante de la Marchitez Vascular del Babaco ..... | 21        |
| 2.2.1 Descripción de la zona de estudio .....  | 21        |
| 2.2.2 Materiales .....   | 21        |
| 2.2.3 Métodos .....  | 22        |
| 2.3 Evaluación <i>In Vivo</i> de tres fungicidas alternativos y tres convencionales para manejar <i>F. oxysporum</i> en babaco, a nivel de invernadero.....        | 26        |
| 2.3.1 Descripción de la zona de estudio .....  | 26        |
| 2.3.2 Materiales .....   | 26        |
| 2.3.3 Métodos .....  | 27        |
| <b>CAPÍTULO 3: RESULTADOS .....</b>  | <b>30</b> |
| 3.1 Diagnóstico de la situación fitosanitaria del Babaco en las zonas productoras en el sur del país... ..   | 30        |
| 3.2 Evaluación <i>In Vitro</i> de tres fungicidas alternativos y tres convencionales para <i>F. oxysporum</i> , causante de la Marchitez Vascular del Babaco ..... | 37        |

|  |    |
|--|----|
| 3.3 Evaluación <i>In Vivo</i> de tres fungicidas alternativos y tres convencionales para manejar <i>F. oxysporum</i> en babaco, a nivel de invernadero.....        | 40 |
| <b>CAPÍTULO 4: DISCUSIÓN</b> .....   | 45 |
| 4.1 Diagnóstico de la situación fitosanitaria del Babaco en las zonas productoras en el sur del país .....   | 45 |
| 4.2 Evaluación <i>In Vitro</i> de tres fungicidas alternativos y tres convencionales para <i>F. oxysporum</i> , causante de la Marchitez Vascular del Babaco ..... | 48 |
| 4.3 Evaluación <i>In Vivo</i> de tres fungicidas alternativos y tres convencionales para manejar <i>F. oxysporum</i> en babaco, a nivel de invernadero.....        | 52 |
| <b>CONCLUSIONES</b> .....  | 55 |
| <b>RECOMENDACIONES</b> .....   | 58 |
| <b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....  | 59 |
| <b>ANEXOS</b> .....  | 68 |

## Índice de Anexos

|  |    |
|--|----|
| Anexo 1. Cálculo del número de personas a encuestar, utilizando la fórmula de muestro proporcional .....   | 69 |
| Anexo 2. Encuesta efectuada para el diagnóstico de la situación fitosanitaria del babaco en las zonas productoras del sur del país .....                             | 70 |
| Anexo 3. Escala esquemática del progreso de sintomatología foliar de la “Marchitez Vascular del Babaco” (MVB) .....  | 75 |
| Anexo 4. Análisis de varianza para la variable crecimiento del micelio en el estudio entre fungicidas, luego de cinco días del repique de los discos miceliales..... | 76 |
| Anexo 5. Comparaciones entre tratamientos durante la inhibición del crecimiento del micelio de <i>F. oxysporum</i> , en condiciones de laboratorio.....              | 77 |
| Anexo 6. Análisis de varianza para la variable crecimiento del micelio en el estudio entre fungicidas, luego de ocho días del repique de los discos miceliales.....  | 79 |
| Anexo 7. Comparación de la variable porcentaje de control entre el mejor tratamiento en relación al testigo.....   | 80 |

Ávila Andrade Mario Andrés

Trabajo de Graduación

Director: M. Sc. Ing. Walter Larriva Coronel

Junio del 2010

**SITUACIÓN FITOSANITARIA Y EVALUACIÓN DE PRODUCTOS  
ALTERNATIVOS Y CONVENCIONALES PARA MANEJAR *Fusarium  
oxysporum* EN *Vasconcella* sp.**

**INTRODUCCIÓN**

La región andina fue uno de los mayores centros de domesticación de plantas del mundo (Vavilov 1960), pues una gran cantidad de granos, tubérculos y frutales - como el tomate, la naranjilla y las papayas de altura - eran utilizados por sus habitantes. (León 2000). El cultivo de estas especies constituyó la base alimenticia de la población andina durante siglos hasta la llegada de los españoles. A pesar de la actual predominancia de ciertos cultivos introducidos, aún existen cultivos tradicionales en la región andina, los cuales continúan siendo la base alimenticia de comunidades indígenas y una importante fuente de ingresos para el sustento familiar (NRC 1989). Entre estos tenemos las papas, la quinua, y algunos frutales como el tomate, la chirimoya o el babaco, especie que constituye el objeto de este estudio.

El babaco (*Vasconcella x heilbornii* Badillo) es un híbrido natural estéril cuyos progenitores serían *V. cundinamarcensis* (V.M. Badillo) conocido comúnmente como chamburo, y *V. stipulata* (V.M. Badillo), conocido como toronche o siglalón (Sanjinés et al. 2006). El babaco es un fruto cultivado en el Ecuador desde mediados de los años 80 (Soria y Viteri 1999), aunque en un inicio se lo cultivaba en pequeños huertos familiares. Los cultivos intensivos de babaco se popularizaron a mediados de los años noventa en los valles interandinos del país; primero, se tenían cultivos al aire libre y posteriormente se los trabajó bajo invernadero, (Guerrero y Castro 1999; Ochoa y Ellis 2002), pues así se obtienen mejores rendimientos y calidad de los mismos (Soria y Viteri 1999).

Las principales zonas productoras se asientan en las provincias de Pichincha, Imbabura, Carchi y Tungurahua en el norte y centro del país, y las zonas más representativas en el sur son Paute y Gualaceo en la provincia del Azuay, y Loja, Malacatos y Vilcabamba en Loja. Debido a las características del sabor, contenido nutricional, presencia, aroma, aplicaciones medicinales, etc., ha crecido la aceptación del consumidor, convirtiéndolo en un cultivo con un potencial promisorio tanto para el mercado nacional e internacional (Desde el Surco, 1997). El principal mercado consumidor de babaco en el mundo lo conforman los países de la Unión Europea, especialmente Holanda, España, Alemania y Francia; sin embargo, el babaco ecuatoriano también tiene gran aceptación en Chile, EEUU y Colombia, donde ha crecido la demanda en los últimos años (CORPEI 2006).

La Fusariosis o Marchitez Vascular del Babaco (MVB) causada por el hongo *Fusarium oxysporum*, es la enfermedad más importante del babaco en el Ecuador. Se encuentra distribuida en todo el país y en ocasiones se ha observado incidencias de hasta el 100% en cultivos bajo invernadero (Ochoa y Fonseca, 1998). El manejo de la enfermedad debe basarse en la prevención y/o diseminación de la enfermedad en huertos. Cuando dicha enfermedad está presente la única alternativa para controlarla es el uso de fungicidas (León, D. 1999).

En el sur del Ecuador la producción del babaco se ha visto restringida por problemas fitosanitarios que impiden la implementación masiva de este cultivo. Problemas como la escasez de tecnologías para el manejo del cultivo, los inconvenientes económicos de los agricultores de la zona y esencialmente los ataques por enfermedades, impiden la masificación de la superficie agrícola dedicada a este cultivo. El manejo agronómico se lo realiza de manera artesanal en su mayoría, y son pocos los agricultores con conocimiento para efectuar un manejo adecuado de sus cultivos.

Estas razones motivaron a realizar la presente investigación, partiendo con tener un diagnóstico fitosanitario del babaco en zonas dedicadas a este cultivo en el sur de país, y sobre todo a generar tecnología para controlar al principal patógeno del babaco usando productos convencionales y alternativos. Con esto se pretendió reducir pérdidas de los cultivos provocadas por la Marchitez Vascular del Babaco y

así mejorar las condiciones de vida de los agricultores, los cuales padecen serios problemas económicos y este cultivo constituye en muchos casos su principal fuente de ingresos familiares.

## CAPÍTULO 1

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 1.1 Clasificación taxonómica del babaco

##### 1.1.1 Origen geográfico

La región andina fue uno de los mayores centros de domesticación de plantas del mundo (Vavilov, 1960), y además fue escenario de civilizaciones que desarrollaron una agricultura autóctona con la domesticación de un gran número de especies de plantas nativas. En la franja altitudinal entre los 2500 y 4300m s.n.m. se domesticaron granos como: la quinua (*Chenopodium quinua*) o el amaranto (*Amarantus caudatus*); tubérculos como la oca (*Oxalis tuberosa*) o las papas amargas (*Solanum spp.*). A niveles más bajos de altitud, entre 1500 y 3000m s.n.m. se domesticaron otras raíces y tubérculos como la achira (*Canna edulis*) y papas (*Solanum spp.*). Además, numerosos frutales fueron cultivados comúnmente, como la chirimoya (*Annona cherimola*), lúcuma (*Pouteria lúcuma*), naranjilla (*Solanum quitoense*), varias especies de granadillas (*Passiflora spp.*), tomate (*Cyphomandra betacea*) y obviamente las papayas de altura (*Vasconcella spp.*) (León, 2000).

El cultivo de estas especies fue la base alimenticia de la población andina durante siglos hasta la llegada de los españoles, período en que las especies nativas fueron reemplazadas por especies traídas desde Europa como el trigo, arroz, hortalizas y cítricos. En la actualidad, a pesar de la predominancia de cultivos introducidos, aún persisten cultivos tradicionales en los valles interandinos y altos andes, que siguen siendo la base alimenticia de comunidades indígenas, y que además, en algunos casos, significan una fuente de ingresos para el sustento familiar (NRC, 1989).

Las especies del género *Vasconcella*, también llamadas papayas de altura (NRC, 1989), se distribuyen en los países andinos como Colombia, Bolivia, Perú y Ecuador

y crecen de manera silvestre en climas subtropicales sobre los 1000m de altitud (Scheldeman et al., 2003). Anteriormente todas las especies de este género de Caricaceas estaban incluidas dentro del género *Carica*, pero desde hace algunos años se cambió la nomenclatura, aparece el género *Vasconcella* y este se convirtió en el género mas grande de la familia Caricaceae, con 21 especies (Badillo, 2000). Ecuador tiene 15 de las 21 especies de *Vasconcella* (Badillo, 1983), y está considerado como un “punto caliente” para conservación de este género.

El sur del Ecuador cubre solo el 15% del total de superficie territorial, y para el caso de *Vasconcella* se encuentran 9 de las 15 especies registradas en el país (Badillo 1983; Van den Eynden et al. 1999), por lo que se le conoce como una zona muy importante para la investigación del género en mención (Soria, 1991), e incluso ha sido considerada como centro de diversidad de las papayas de altura.

Las especies nativas encontradas en el sur del Ecuador han sido localizadas sobre los 1000m s.n.m., y estas son: *V. candicans* (A.Gray) A.DC., *V. cundinamarcensis* V.M. Badillo, *V. microcarpa* (Jacq.) A.DC., *V. monoica* (Desf.) V.M. Badillo, *V. parviflora* A.DC, *V. stipulata* (V.M. Badillo) V.M. Badillo, *V. weberbaueri* (Harms) V.M. Badillo, *V. × heilbornii* (V.M. Badillo) V.M. Badillo, y recientemente se describió una especie endémica *V. palandensis* (V.M. Badillo et al.) V.M. Badillo. (Scheldeman et al., 2003).

De todas estas especies solo el híbrido natural, *Vasconcella x heilbornii*, conocida comercialmente como babaco, es cultivado a nivel comercial en Ecuador (Scheldeman et al. 2003).

### 1.1.2 Origen botánico

La familia de las Caricaceas comprende 6 géneros con 36 especies distribuidas a través del trópico, desde el nivel del mar hasta los 3500m de altitud. En el continente americano se encuentran cinco de los seis géneros de esta familia: *Carica*, *Jacaratia*, *Jarilla*, *Horovitzia* y *Vasconcella*. Aunque *C. papaya* sea la especie con mayor importancia económica, el género *Vasconcella* es el segundo en importancia, por tener especies frutales conocidas como papayas de altura, distribuidas a lo largo de los andes, desde los 300 hasta los 3500m de altitud (Badillo, 1993).

La primera descripción taxonómica del babaco fue realizada por Heilborn en 1922, y al creer que se trataba de una especie nueva le asignó del nombre de *Carica pentagona*. Badillo en 1987 presentó evidencias que, hasta entonces, permiten concluir que el babaco es un híbrido natural derivado del cruce entre *C. pubescens* y *C. stipulata*, por lo que le clasifica como *Carica x heilbornii* (V.M. Badillo) variedad *pentagona* (Heilborn), cuyo lugar de origen fue la región central-sur del Ecuador (Soria y Viteri, 1999).

En la actualidad la nomenclatura ha cambiado, y el nombre científico del babaco es *Vasconcella x heilbornii* (V.M. Badillo); se sabe además que es un híbrido estéril, y sus progenitores serían *V. cundinamarcensis* (V.M. Badillo) conocido comúnmente como chamburo, y *V. stipulata* (V.M. Badillo), también conocido como toronche o siglalón (Sanjinés et al., 2006).

### **1.1.3 Descripción botánica**

El babaco es un arbusto herbáceo pequeño que puede alcanzar los 4 m de altura. El tallo erecto no leñoso presenta cicatrices foliares típicas de otras caricáceas, raramente presenta ramificaciones pero brotes a menudo aparecen alrededor de la base. Las hojas son grandes, palmadas con prominentes nervaduras (Sanjinés et al., 2006), las cuales por lo general no tienen estípulas y pueden llegar a medir entre los 23 a 46 cm. de largo (Jiménez y Romero, 1998). Las flores se forman sobre el tronco recientemente desarrollado durante la fase de crecimiento de la planta, todas son femeninas (Sanjinés et al., 2006) y además la floración es continua por lo que la planta presenta frutos en diferentes estados de desarrollo (Fabara et al., 1980). Los frutos son bayas elipsoidales que miden entre 18 y 34 cm de largo, de 7-11 cm de diámetro y con un peso que va de 424 a 1269 g. El porcentaje de la parte comestible es de 70 a 85% (Jiménez y Romero, 1998).

La pulpa es blanca, muy jugosa, ligeramente ácida cuando madura (Sanjinés et al. 2006) pero con un grado bajo en azúcar y calorías. Los frutos son partenocárpicos y en ocasiones se encuentra frutos que poseen rudimentos o semillas no bien formadas, las cuales no germinan. El babaco es un fruto climatérico, es decir continúa su proceso de maduración después de haber sido separado de la planta, aumentando su tasa respiratoria y la producción de etileno (Soria, 1997).

Los frutos del babaco son muy sabrosos y con sabor y aroma diferente al de la papaya común. El babaco es importante localmente como jugo o conserva y es extensamente usado en cocina para preparar dulces, salsas y una variedad de postres (Sanjinés et al., 2006).

## **1.2 La importancia del babaco en la actualidad**

### **1.2.1 Situación del babaco en el Ecuador**

El babaco es un fruto cultivado en el Ecuador desde mediados de los años 80 (Soria y Viteri, 1999) aunque en un inicio se lo cultivaba en pequeños huertos familiares. Los cultivos intensivos de babaco se popularizaron a mediados de los años noventa en los valles interandinos del país. Inicialmente, se tenían cultivos al aire libre pero posteriormente se los trabajó bajo invernadero, (Guerrero y Castro, 1999; Ochoa y Ellis, 2002), debido a que se obtenían mejores rendimientos y calidad de los mismos (Soria y Viteri, 1999). Hasta 1997 la superficie ocupada para la producción de babaco en el país no era extensa, pues oscilaba entre las 120 - 200 hectáreas aproximadamente (Soria, 1997), pero en la actualidad la extensión de los cultivos se ha incrementado debido al aumento de la demanda nacional y las amplias posibilidades de exportación.

Las principales zonas productoras se asientan en los valles subtropicales y las estribaciones de montaña. Poblaciones como Tumbaco, Guayllabamba, Pifo, Sangolquí en la provincia de Pichincha, Pimampiro Urcuquí e Ibarra en Imbabura, Mira y Bolívar en Carchi, Patate y Baños en Tungurahua, son las más representativas del norte y centro del país. En el sur los principales centros de producción son: Paute y Gualaceo en la provincia del Azuay y Vilcabamba, Loja, y Malacatos en Loja (Soria y Viteri, 1999).

Los principales destinos del babaco ecuatoriano en el 2005 fueron Chile, Holanda y España, con el 30.91%, 22.60% y 18.78% respectivamente. Les siguen países como EEUU con el 11.32% de participación, Alemania con 11.27%, Francia con el 4.35% y finalmente Colombia con el 0,78% de participación. Los precios de este fruto oscilan de acuerdo al país de destino, siendo este el más bajo en las exportaciones

realizadas a Colombia, con un costo por tonelada de \$ 70.01; en los casos de Chile y Holanda, el costo promedio de cada tonelada aumenta a \$1220.22; sin embargo, este valor se incrementa sustancialmente en países como España, Alemania o Francia, en donde en este último, se llega a pagar \$ 6250 por cada tonelada de babaco nacional (CORPEI, 2006), constituyéndose en un negocio atractivo y con enorme potencial.

### 1.2.2 El potencial del babaco

El Consejo de Investigación Nacional (NRC, 1989) de EEUU clasifica al potencial de las especies de *Vasconcella* en tres niveles: (1) consumo directo en fresco, (2) uso de la variabilidad genética como material para originar nuevos frutos con *Vasconcellas* y (3) para el mejoramiento de la papaya (*C. papaya*) a nivel de cultivos comerciales ya sea usando genes para adaptación a climas fríos, aumento de la producción o mejorar la resistencia a enfermedades.

El uso directo de las papayas de altura es común en los Andes, donde se lo consume en fresco, jugos, mermeladas o en preserves (Van den Eynden et al., 1999); de todas estas, solo el babaco ha sido desarrollado comercialmente. Este fruto fue introducido en Nueva Zelanda en 1973 (Harman, 1983), luego se expandió hacia Australia e Italia (Cossio, 1988) y otros países como España y Francia. El carácter híbrido del babaco implica una propagación vegetativa, lo cual también aumenta los problemas fitopatológicos. La solución a los diferentes problemas de propagación radica en el uso de la propagación *In-vitro* (Jordan y Velozo, 1996; Vega de Rojas y Kitto, 1991).

Los genes de las papayas de altura usados en la papaya comercial (*C. papaya*) tienen la finalidad de incorporarle resistencia contra el virus de la mancha circular. *V. candidans*, *V. cundinamarcensis*, *V. stipulata* and *V. × heilbornii* son las especies de *Vasconcella* que han sido reportadas como resistentes a dicho virus en el Ecuador (Manshardt y Wenslaff, 1989).

Además, debido a las características del sabor, contenido nutricional, presencia, aroma, aplicaciones medicinales, etc., ha crecido la aceptación del consumidor por este frutal, convirtiéndolo en un cultivo con un potencial promisorio para el mercado nacional e internacional (Desde el Surco, 1997). El principal mercado consumidor de babaco en el mundo lo conforman los países de la Unión Europea, especialmente

Holanda, España, Alemania y Francia, sin embargo el babaco ecuatoriano también tiene gran aceptación en Chile, EEUU y Colombia, donde ha crecido la demanda en los últimos años (CORPEI 2006).

### **1.3 Problemas fitosanitarios**

Las principales enfermedades y plagas del babaco que se han encontrado en el Ecuador, según Fabara et al. (1980); Ochoa y Fonseca (1998), son las siguientes:

#### **1.3.1 Pudrición de estacas**

Es causado por *Pythium sp.*, un hongo del suelo que se presenta durante la multiplicación, y que puede causar pérdidas del 50 – 100%. Esta enfermedad es común en sustratos con alta humedad y poca aireación, más aun cuando la estaca presenta una condición fisiológica débil. Se inicia en la base de la estaca y avanza en forma ascendente y desde los haces vasculares hacia el interior de la planta.

#### **1.3.2 Oidio**

Su agente causal es *Oidium sp.* el cual provoca puntuaciones o manchas irregulares que desencadenan un amarillamiento del tejido. Dichas manchas se cubren con un polvillo blanco que dependiendo de la severidad del ataque puede presentarse en el haz y envés de la hoja, e incluso en pecíolos o pedúnculos de las flores. Este hongo aparece especialmente en épocas secas cuando la humedad ambiental es baja.

#### **1.3.3 Lancha temprana**

*Alternaria sp.* es el hongo que causa esta enfermedad, cuyas características son manchas necróticas de forma redondeada con un color café claro al comienzo y café oscuro al madurar. Dichas manchas presentan anillos concéntricos y en el borde un halo amarillento, pudiendo alcanzar entre 3 y 5 cm de diámetro. La alta temperatura y humedad ambiental favorecen la proliferación de este patógeno.

### 1.3.4 Pudrición del fruto

Esta pudrición se origina en la zona del pedúnculo del fruto, a partir de rajaduras provocadas por heridas mecánicas o deficiencia de nutrientes. *Colletotrichum sp.* es el hongo que provoca esta pudrición, y aunque no es muy común esta enfermedad, puede dañar al fruto hasta en un 50%.

### 1.3.5 Ácaro amarillo

La infestación se da por *Tetranychus urticae*, la cual se localiza en el envés de las hojas, formando colonias que fabrican algo parecido a una telaraña. Los ácaros constituyen las plagas más importantes de la parte aérea de la planta, pues se alimentan de savia, ocasionando un amarillamiento de las hojas y su posterior caída. Las plantas pueden perder todo su follaje, reduciendo la producción y calidad del fruto.

### 1.3.6 Pulgones

Esta infestación es producida por *Aphis sp.*, un insecto de color verde que se ubica en los brotes tiernos de la planta. Estos forman colonias en el envés de las hojas, succionando la savia y pudiendo ser vectores de enfermedades viróticas. En infestaciones graves incluso producen el enrollamiento de las hojas.

### 1.3.7 Nemátodos de la raíz

El crecimiento retardado de la planta en uno o mas puntos del campo, el amarillamiento general de la plantación, la caída de flores y frutos, son los principales síntomas de un ataque de *Meloidogyne incognita*. Este nemátodo provoca la presencia de nódulos en las raíces, los cuales bloquean el movimiento de agua hacia las hojas y otros órganos de la planta. En ataques severos de nemátodos se puede producir la muerte de la planta, pues estos dan lugar a ataques posteriores de hongos como *Pythium*, *Phytophthora* y *Fusarium*.

La diseminación de nemátodos se da por medio del agua de riego, maquinaria agrícola y por partes vegetales contaminadas. La gran cantidad de hospederos, y su alta capacidad reproductiva hacen que los nemátodos posean una excelente capacidad para sobrevivir. Ochoa et al. 2003, indica que en ocasiones existe una interacción entre *Meloidogyne incognita* y *Fusarium oxysporum*, los cuales atacan

simultáneamente al babaco, acelerando los niveles de desarrollo de la Marchitez Vascular del Babaco (MVB) y causando pérdidas cuantiosas en los cultivos.

### **1.3.8 Pudrición de raíces y tallo**

Constituye la enfermedad más importante del babaco debido a su amplia distribución, incidencia y severidad. El patógeno es *Fusarium oxysporum*, un hongo que se disemina mediante el material vegetativo contaminado o por sistemas de riego por surcos o por aspersión. Los primeros síntomas provocan el amarillamiento de las hojas basales, luego una defoliación total de la planta, caída de flores y frutos, y posteriormente a partir del ápice se observa un necrosamiento descendente del tallo debido al ataque y movimiento vascular de la enfermedad. Debido a la importancia de esta enfermedad, y al constituir parte principal de esta investigación, en el siguiente punto de este capítulo se detallará todo lo referente a la pudrición o marchitez vascular causada por *Fusarium oxysporum*.

## **1.4 *Fusarium oxysporum* Schlechtend: Agente causal de la marchitez vascular del babaco (MVB)**

### **1.4.1 Generalidades**

*Fusarium oxysporum* fue descrita por el micólogo Von Schlechtend en 1824. Es una de las especies de mayor importancia económica dentro del género *Fusarium*; causa por lo general marchitamientos por invasión de los tejidos vasculares. Es también una de las especies de *Fusarium* morfológicamente más variable. Además es la especie más común del género *Fusarium* como saprófito, puede llegar a constituir entre el 8 y 10% del total de la flora fungosa del suelo, está constituido por numerosas variantes de patogenicidad específica (Fernández, 1979).

*F. oxysporum* se encuentra ampliamente distribuido en el suelo, en partes subterráneas y aéreas de las plantas, plantas en descomposición y sustratos orgánicos (Nelson et al., 1981). Los marchitamientos vasculares causados por este patógeno son más comunes y destructivos en las regiones templadas más cálidas y en los trópicos y subtropicos, llegando a ser menos dañinos o raros en climas más fríos, excepto en el caso de los cultivos de invernaderos en estas áreas (Agrios, 1995). Los

factores como el clima, la vegetación, el tipo o la humedad del suelo influyen directamente en la distribución y abundancia de este hongo (Cook y Baker 1983); al introducirse a un terreno se establece ahí por tiempo indefinido (Agrios, 1995).

Las primeras epidemias de la Marchitez Vascular del Babaco (MVB) en el Ecuador coincidieron con el auge de la producción del babaco, en el norte del país a mediados de los noventa. Se alerta de la presencia de la enfermedad en Tumbaco causando severas epidemias en 1999 y luego se conoce de su presencia en Baños, Atuntaqui y Loja (Fonseca 1999). Rápidamente se vuelve la principal preocupación de los babaqueros, y como se desconocía el origen y la solución del problema, se volvió imposible el control de la enfermedad lo que agudizó el problema y permitió la diseminación más rápida de la enfermedad.

La diseminación de la enfermedad por todo el país estuvo estrechamente relacionada con el desproporcionado auge del cultivo del babaco y por el desconocimiento del manejo agronómico. A finales de los noventa se planificaron superficies relativamente grandes de cultivos comerciales, pero el desconocimiento del manejo de la propagación de plantas hizo que muchos viveros fracasasen y para suplir con la demanda de plantas se recurrió a plantaciones de diverso origen y sin el conocimiento de un manejo sanitario adecuado, lo que permitió el intercambio indiscriminado de material de siembra, lo que contribuyó a la diseminación de la enfermedad por todo el país (Ochoa 2009).<sup>1</sup>

#### **1.4.2 Clasificación taxonómica**

Según Agrios (1995), la clasificación taxonómica de este patógeno es:

Super Reino: Eucariota  
 Reino: Micetae  
 División: Amastigomycota  
 Subdivisión: Deutomycotina  
 Clase: Deuteromicete  
 Orden: Moniliales  
 Familia: Tuberculariaceae  
 Género: *Fusarium*  
 Especie: *Fusarium oxysporum*

<sup>1</sup> Entrevista personal.

### 1.4.3 Ciclo patológico

*F. oxysporum* debe adherirse primeramente a la superficie externa de los órganos de la planta. Los tubos germinales de las esporas o el micelio penetren directamente a la raíz, mediante aberturas naturales, por los pelos absorbentes o células de la epidermis o a nivel de la zona donde brotan las raíces laterales (Agrios 1995). Además penetra a través de las heridas lo que incrementa la colonización vascular (Heple 1981).

El micelio se propaga intercelularmente a través de la corteza de la raíz, cuando llega a los vasos xilémicos, entra en ellos a través de las aberturas naturales de las paredes celulares. Se mantiene exclusivamente en los vasos y viaja a través de ellos en sentido ascendente por el tallo hacia el ápice de la planta. El micelio se ramifica en los vasos xilémicos y produce microconidios que son desprendidos y llevados hacia la parte superior de la planta en el torrente de la savia.

Los microconidios germinan en el punto donde cesa su movimiento ascendente, el micelio penetra la pared superior del vaso y el hongo produce más microconidios en el siguiente vaso. El micelio del hongo avanza a través de las punteaduras. Se forman geles y gomas por la acumulación y oxidación de los productos de degradación de las células vegetales atacadas por las enzimas del hongo. En consecuencia se produce una obstrucción de los vasos del micelio, esporas, gomas, geles y por la presión que ejerce la proliferación de las células parenquimatosas adyacentes, impidiendo el paso de agua y savia (Agrios 1995).

El hongo secreta toxinas en los vasos xilemáticos llevadas por el flujo de agua hacia la parte superior de la planta afectando a las células parenquimatosas adyacentes al xilema, las toxinas pueden ser llevadas también hacia las hojas, en las que hacen que disminuya la síntesis de la clorofila ocasionando así el aclaramiento de estas, disminuyendo la tasa fotosintética con lo cual las hojas se marchitan y mueren (Agrios 1995); por la escasez de agua las células de la planta se van muriendo y el micelio se proyecta del sistema vascular hacia las células que se están muriendo y de esta manera se expande el micelio por todos los tejidos del hospedante para consumir rápidamente los elementos disponibles (Sarasola y Rocca 1975), el patógeno llega a la superficie de los tejidos muertos y ahí esporula profusamente.

Las esporas son diseminadas hacia nuevas plantas o áreas por medio del viento, el agua y otros factores (Agrios 1995). Las esporas pueden germinar en la presencia de nutrientes orgánicos, pero el crecimiento del micelio se produce cuando el patógeno se encuentra en la vecindad de las raíces, donde la rizósfera lo provee de los nutrientes requeridos para una nueva infección (Sarasola y Rocca 1975).

#### **1.4.4 Enzimas y toxinas del patógeno**

**1.4.4.1 Enzimas:** *Fusarium oxysporum* produce enzimas que degradan paredes celulares vegetales rompiendo los enlaces existentes de celulosa y pectina, y de esta manera el hongo obtiene los sustratos necesarios para su desarrollo vegetativo y reproducción. Entre las enzimas que degradan la pectina se encuentran la pectin-metilesterasa, la poligalacturonasa y la pectin-transeliminasa; mientras que las enzimas que degradan la celulosa se han denominado C1 y Cx que son celulasa y hemacelulasa. Las enzimas tienen como función permitir el establecimiento inicial del patógeno en los elementos del xilema y su distribución sistémica (Machardy y Beckman 1981).

**1.4.4.2 Toxinas:** Entre las principales toxinas que produce *F. oxysporum* está Lycomarasin y el ácido fusárico, las cuales están involucradas en la marchitez vascular producida. Las toxinas son capaces de producir varias alteraciones en las plantas como incremento de la respiración, disminución de la tasa fotosintética, pérdida de agua a través de la transpiración, entre otras. (Agrios 1995; Machardy y Beckman 1981)

#### **1.4.5 Diseminación**

La diseminación y difundida distribución de *Fusarium* se atribuye a varios factores, como son su habilidad para colonizar un amplio rango de sustratos y sus eficientes mecanismos de dispersión en tiempo y espacio (Alexopoulos 1966). *F. oxysporum* se disemina en forma de micelio y esporas por el agua, equipo agrícola, transplantes, injertos, o por el viento (Agrios 1991). Se disemina entre plantaciones, principalmente por el material de siembra y aparentemente también a través del agua de riego (Ochoa y Ellis 2002), siendo este patógeno un habitante del suelo puede usar los sustratos y crecer rápidamente y vigorosamente en ellos le permite crecer t

establecerse de un punto a otro a través de esporas de resistencia como son las clamidósporas (Sarasola y Rocca 1975). Dentro de la plantación el patógeno se distribuye en el agua de riego o por el viento cuando el patógeno esporula en la planta (Ochoa y Ellis 2002).

## **1.5 Fungicidas**

### **1.5.1 Generalidades**

Son sustancias destinadas al control de hongos, las cuales reciben el nombre genérico de fungicidas (Sarasola 1975). La demanda de estos productos se debe a la efectividad presentada así como a la facilidad de control; en consecuencia su uso se ha justificado para aumentar la producción agrícola debido al crecimiento de la población mundial (CESA 1999).

En la historia de los fungicidas pueden distinguirse tres épocas: la primera comprende desde la antigüedad hasta 1882 -año en el que se descubre el caldo bordelés- y puede denominarse como la del azufre; la segunda va desde 1882 hasta 1934 –en cuyo año se descubren los ditiocarbamatos- y se caracteriza por el uso de los compuestos de cobre; y finalmente la tercera, que comienza en 1934 y es la era de los fungicidas orgánicos. Francia fue el país más adelantado en el uso de fungicidas a consecuencia del descubrimiento del caldo bordelés; posteriormente EEUU, Inglaterra, Canadá y Holanda fueron los países con mayor investigación (Primo y Carrasco 1981).

La fungitoxicidad, generalmente se debe a la interferencia sobre un proceso enzimático indispensable. Los fungicidas selectivos no fitotóxicos, deben actuar sobre los sistemas enzimáticos de patógeno y no sobre la planta huésped. Otros actúan alterando la estructura celular por una acción físico-química selectiva sobre la membrana de los hongos. Así, algunos fungicidas que tienen la estructura molecular típica de los tensoactivos, alteran la permeabilidad de la membrana celular, lo que produce una degradación de la estructura de la célula. Los procesos enzimáticos relacionados al metabolismo energético, sobre todo la producción del ATP, son inhibidos por varios fungicidas (Primo y Carrasco 1981).

Otra manera de actuar de los fungicidas es inhibiendo las células pécticas del hongo, las cuales son necesarias para abrir las vías de infección en los tejidos de la planta. Se sabe que la resistencia natural de muchas especies vegetales frente a hongos patógenos se debe a la presencia en ellas de inhibidores de enzimas pectolíticas, y que la abundancia de calcio capaz de formar pectato cálcico insoluble aumenta la resistencia. Otros fungicidas lo que hacen es inhibir la biosíntesis de algún metabolito indispensable para el desarrollo de los hongos (Primo y Carrasco 1981).

En general, los análisis llegan a la conclusión de que los beneficios de fungicidas superan ampliamente a los riesgos presentados por estos, siempre y cuando sean usados cuidadosamente y de acuerdo con las recomendaciones de etiqueta. Actualmente más de 80 % de las frutas y verduras cosechadas en EEUU reciben fungicidas en cada estación. Las alternativas propuestas por los agricultores orgánicos excluyen el uso de los fungicidas sintéticos, y solo permiten el uso de fungicidas basados en cobre y azufre (Morton y Stauf 2008).

### **1.5.2 Fungicidas químicos o convencionales**

Los hongos causan alrededor del 75% de enfermedades en las plantas, y cada especie de planta está sujeta al menos a una enfermedad fungosa. En ocasiones, entre 10 a 50 especies de hongos diferentes pueden infestar a una misma especie de planta. Al momento, casi todas las enfermedades de las plantas pueden ser controladas con el uso de fungicidas (George 1991 y 1993). Este tipo de agroquímicos, diseñados para combatir diversos tipos de patologías causadas por hongos, se pueden clasificar en fungicidas protectantes o de contacto, y fungicidas sistémicos.

#### **1.5.2.1 Fungicidas protectantes**

También llamado fungicidas de contacto, pues estos no penetran en los tejidos del sistema vascular de la planta, impiden la germinación de esporas y la subsecuente penetración en los tejidos de las plantas. La mayoría de estos productos son directamente tóxicos a los hongos, y se muestran igualmente activos (George 1991 y 1993).

Los fungicidas protectantes usualmente han sido divididos en protectantes inorgánicos y protectantes orgánicos. Los principales grupos de los primeros son los azufrados y cúpricos; mientras que los representantes de los protectantes orgánicos son los ditiocarbamatos, imídicos y las dicarboximidias.

### **1.5.2.2 Fungicidas sistémicos**

Este tipo de fungicidas tienen la capacidad de penetrar efectivamente en los tejidos de la planta, a través de raíces y hojas. Son transportados al interior de las plantas, y trasladados a través del sistema vascular.

Los fungicidas sistémicos no solo protegen a las plantas contra un ataque fúngico, sino que también curan o inhiben una infección establecida. Son una excelente herramienta de control, pues atacan al patógeno de manera específica, lo cual reduce el riesgo de contaminación por la frecuente aplicación de pesticidas (George 1993). Los principales grupos de fungicidas sistémicos son los benzimidazoles, pirimidinas, morfolininas, triazoles e imidazoles.

### **1.5.3 Fungicidas alternativos**

La necesidad de reducir el uso de químicos sintéticos en la agricultura ha incrementado el interés por la posible aplicación de aceites esenciales para el control de fitopatógenos. Muchas especies vegetales producen aceites esenciales los cuales juegan un papel importante en los mecanismos de defensa del hospedero contra fitopatógenos (Mihaliak, *et al.* 1991). En la naturaleza, los aceites esenciales cumplen una función fundamental en la protección de las plantas, pues actúan como antibacteriales, antivirales, antifúngicos, insecticidas y también contra los herbívoros, a los cuales reducen el apetito por muchas de las plantas. Además pueden atraer algunos insectos los cuales favorecen la dispersión del polen y sus semillas (Bakkali *et al.* 2008).

Se ha demostrado que los aceites esenciales y sus compuestos además de tener un efecto fungicida, son inocuos para el medio ambiente, para los consumidores y para el control de enfermedades postcosecha. (Wilson *et al.* 1997) Los aceites esenciales al igual que otros compuestos derivados de las plantas surgen como una alternativa al uso de pesticidas químicos. En la actualidad, los cultivos orgánicos han ganado

terreno, pues conservan los recursos naturales y protegen más el medio ambiente que la agricultura convencional. El aumento de la presión pública en cuanto a la conservación del suelo y agua así como la protección del medio ambiente, ha generado un aumento del interés mundial por las prácticas orgánicas, así como por la agricultura orgánica en general (Altieri 1999).

La información mundial sobre agricultura orgánica indica que esta creció rápidamente en la década de los 90. Se estima que hasta finales del 2006, la superficie dedicada a la agricultura orgánica ascendió aproximadamente a 30,4 millones de ha. De ella, 12.4 millones de ha. se encuentra en Oceanía, 7.4 millones en Europa, 4.9 en América Latina, 3.1 en Asia, 2.2 en A. del norte, y 0.4 millones de ha. en África. El país que cuenta con una mayor superficie agrícola dedicada a cultivos orgánicos es Australia con 12.3 millones de ha. Le siguen China con 2.3, Argentina con 2.2 millones, EEUU con 1.6 millones de ha. (Willer, et.al, 2008).

Entre las principales limitantes para la producción orgánica en Centro y Sur – América se encuentra que los alimentos orgánicos son producidos por agricultores grandes, y comercializados por intermediarios internacionales, además del escaso apoyo gubernamental hacia este tipo de agricultura. (Scialabba, 2000). De los 139 países en que aparece registrada la producción orgánica certificada, 34 son latinoamericanos, y de estos se considera que 13 están en un nivel relativamente avanzado y 21 en un nivel incipiente de desarrollo (García, 2002).

## CAPÍTULO 2

### MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación está dividida en tres partes:

- Diagnóstico de la situación fitosanitaria del babaco en zonas productoras del sur del país.
- Evaluación *in Vitro* de tres fungicidas alternativos y tres convencionales para manejar *F. oxysporum*, causante de la Marchitez Vascular del Babaco.
- Evaluación *in Vivo* de tres fungicidas alternativos y tres convencionales para manejar *F. oxysporum* en babaco, a nivel de invernadero.

#### **2.1 Diagnóstico de la situación fitosanitaria del babaco en zonas productoras del sur del país.**

##### **2.1.1 Descripción de la zona de estudio.**

Para realizar este diagnóstico se identificó las zonas del sur del país con mayor producción de babaco, siendo el cantón Saraguro, perteneciente a la provincia de Loja, el escogido para efectuar las encuestas sobre la situación fitosanitaria.

Las encuestas se efectuaron en las localidades de Quisquinchir y Ñamarín, pertenecientes a la parroquia Saraguro, en Tenta, Cañicapac, Cochapamba y Sauce de la parroquia San Pablo de Tenta, además del centro parroquial de Selva Alegre.

Entre las características geográficas y climatológicas del cantón están:

Longitud: 79° 43' 41" oeste

Latitud: 3° 31' 38" sur

Altitud: 2525m s.n.m.

Temperatura promedio: 17°C

Humedad relativa: 85%

### 2.1.2 Materiales

Lápices y esferográficos

Borrador y corrector

Encuestas pre-diseñadas

GPS

Cámara fotográfica

### 2.1.3 Métodos

Este diagnóstico se lo realizó mediante entrevistas directas a los productores en su lugar de residencia o trabajo, con el objetivo de rescatar la mayor información posible sobre la situación fitosanitaria de sus cultivos de babaco, procurando recabar toda la información necesaria para llenar las encuestas prediseñadas.

Para conocer el número de entrevistas a realizar se aplicó la fórmula de muestreo proporcional, la cual se presenta a continuación:

$$M = \frac{N \times Z \alpha/2 \times p \times q}{e^2(N + Z^2 \alpha/2 \times p \times q)}$$

Criterios:

$e^2$  = nivel de error con el que calcula la muestra

$Z \alpha/2$  = Distribución de U.P.As

$p$  y  $q$  = probabilidad de que la información sea entregada satisfactoriamente

$N$  = número de unidades de producción totales

El cálculo realizado para obtener el número total de personas a encuestar se encuentra en el anexo 1; así también, el contenido de la encuesta se lo presenta en el Anexo 2.

Los datos obtenidos en las encuestas fueron sistematizados y trabajados en programas de estadística básica, pues en la mayoría de casos se requirieron promedios y gráficos para una mejor presentación de los mismos.

## **2.2 Evaluación *In Vitro* de tres fungicidas alternativos y tres convencionales para manejar *F. oxysporum*, causante de la marchitez vascular del babaco.**

### **2.2.1 Descripción de la zona de estudio.**

Esta evaluación se la efectuó en el laboratorio del Departamento Nacional de Protección Vegetal en la Estación Experimental del Austro (EEA), perteneciente al Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

Dicha Estación se encuentra a 2230m s.n.m. en la parroquia Bullcay, del cantón Gualaceo, provincia del Azuay. Las principales características climatológicas son<sup>2</sup>:

Temperatura promedio (Ene-Dic 2009): 16,3°C

Humedad relativa: 74%

Pluviosidad anual: 842.8 mm

### **2.2.2 Materiales**

#### **2.2.2.1 Herramientas y equipos**

- |                           |                        |
|---------------------------|------------------------|
| - Cámara de flujo laminar | - Mecheros             |
| - Autoclave               | - Libro de campo       |
| - Microscopio             | - Incubadora de hongos |
| - Cajas petri             | - Tijeras y bisturí    |
| - Parafilm                | - Sacabocados          |
| - Papel toalla y aluminio | - Estufa               |

#### **2.2.2.2 Reactivos**

- |   |                              |
|---|------------------------------|
| - Alcohol potable                           | - Hipoclorito de Sodio al 3% |
| - Agua destilada estéril                    | - Agar                       |
| - Alcohol etílico                           | - Azul de metileno           |
| - Medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA) |                              |

<sup>2</sup> Datos de la estación climatológica de la EEA.

### 2.2.2.3 Fungicidas

| Productos convencionales        | Productos alternativos                  |
|---------------------------------|---|
| - Bavistín (carbendazim 500g/l) | - Rhapsody( <i>B. subtilis</i> 13,4g/l) |
| - Sportak (procloraz 450g/l)    | - Aceite esencial de hierba luisa       |
| - Tilt (propiconazol 250g/l)    | - Aceite esencial de cedrón             |

### 2.2.3 Métodos

#### 2.2.3.1 Manejo del experimento

##### 2.2.3.1.1 Aislamiento del patógeno

Se colectaron tallos de plantas de babaco enfermas con marchitez vascular provocada por *Fusarium oxysporum*, se las introdujo en una funda herméticamente sellada y se las llevó al laboratorio; todo esto por mantener un protocolo de bioseguridad ante un eventual contagio a plantas sanas.

Para aislar al hongo se extrajeron desde el tallo pedazos de aproximadamente 0,5 cm<sup>2</sup> de tejido semiafectado por el patógeno. Estos fueron desinfectados con hipoclorito de sodio al 3% durante 2 minutos, para luego ser lavados con agua destilada estéril (ADE). Posteriormente se los colocó sobre papel secante previamente esterilizado, y finalmente insertados 4 pedazos en cada caja petri que contenía medio de cultivo Agar Papa Dextrosa (PDA). Todo este proceso se realizó con asepsia en una cámara de flujo laminar (Eduardo y Hebert, 1982).

Las cajas permanecieron en una incubadora a aproximadamente 22°C y 44% de humedad relativa por 5 días, tiempo adecuado para que desarrolle el hongo, poder identificarlo y purificarlo (Romero 1988).

##### 2.2.3.1.2 Identificación del microorganismo patógeno

La identificación se la ejecutó observando las estructuras reproductivas, esporas, cuerpos fructíferos del patógeno, además de la coloración de la colonia (Eduardo y Hebert, 1982). Se usó las claves de Barnett et. al. (1972), Lindquist (1967) y Arx (1974), disponibles en la biblioteca de la Estación del INIAP.

### **2.2.3.1.3 Obtención de ejemplares puros**

Este proceso consistió en extraer un pedazo de micelio mediante un sacabocados, para luego sembrar en el centro de una nueva caja con medio de cultivo; esto con la finalidad de evitar contaminación por otros microorganismos y así obtener una muestra pura.

### **2.2.3.1.4 Ensayo de actividad fungicida**

El medio de cultivo PDA se preparó pesando 39 g. de PDA sintético y aforado en un litro de ADE, para seguidamente esterilizarlo a 121°C y 15 lbs de presión durante 15 minutos (Agrios 1995). Esta solución fue llevada a la cámara de flujo laminar, en donde una vez llegada la temperatura a 45°C se colocaron 40 gotas de ácido láctico al 25%. Luego, se agregaron las dosis previamente calculadas de los respectivos fungicidas, mezclándolos y dispensando 25 ml de las diferentes soluciones en cajas petri. (Eduardo y Hebert, 1982). Las dosis de los tres productos convencionales -o de origen químico- además de la del Rhapsody fueron las recomendadas por las respectivas casas comerciales, mientras que para los aceites esenciales se probaron dosis basadas en los resultados obtenidos por Cárdenas y Zhimnay (2006).

Por otra parte, las muestras purificadas del patógeno se obtuvieron de placas con el microorganismo crecido y maduro, procurando que sean lo más uniforme posible. Con un sacabocados de 5 cm de diámetro se extrajeron discos de micelio que fueron sembrados en el punto central de las cajas petri que contenían los diferentes tratamientos (GIANFPA, 1991).

Cada caja fue debidamente marcada, sellada con parafilm, y ubicada en la incubadora. Los procesos de purificación, preparación de fungicidas, y la siembra del hongo en los tratamientos, se lo realizaron en asepsia, dentro de una cámara de flujo laminar.

### **2.2.3.2 Variables**

#### **2.2.3.2.1 El crecimiento relativo del micelio**

Se midió el diámetro de la colonia en cm, a los cinco y a los ocho días del repique de los discos de micelio, desde el centro de crecimiento de la colonia. Cuando el crecimiento de la colonia no fue simétrico se realizó más de una medición, considerando un ángulo de 90°. Seguidamente, se obtuvo un promedio de crecimiento, el que se convirtió a porcentaje entre el crecimiento del micelio de los tratamientos, en relación al crecimiento micelial del testigo (Gary y Lease, 1992).

#### **2.2.3.2.2 Concentración mínima inhibitoria (MIC)**

Se calculó mediante el método del ensayo de microdilución con el lector ELISA, el cual fue realizado en el laboratorio de biotecnología de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del Azuay.

A continuación se detalla el procedimiento para la determinación de la concentración mínima inhibitoria de los productos evaluados:

- Se preparó una solución de trabajo en proporción 1:9 (100 µL producto a evaluar y 900 µL de medio líquido)
- En la primera columna de las placas se colocó 100 µL de la solución de trabajo.
- En el control de crecimiento microorganismo (columna 12) se colocó 50 µL de medio y en el control de medio 100 µL de medio o esterilidad (columna 11).
- Se tomó 50 µL de la mezcla producto- medio, colocados en la primera columna y con una pipeta multicanal se la pasó homogenizando hasta el control de medio.
- Se preparó una dilución de esporas 1:10, colocando 9 ml de agua destilada estéril y 1 ml de esporas y homogenizamos.
- Se colocó 50 µL de esta solución en los pocillos a excepción del control de medio y se los llevó a la estufa de 48 – 72 horas, luego de este tiempo se evaluó visualmente la inhibición de crecimiento del patógeno comparando con la columna de crecimiento.

**Cuadro 1.** Esquema de distribución de bioensayo de productos convencionales y alternativos.

|                 | 1   | 2  | 3    | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11               | 12                     |
|-----------------|-----|----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------|------------------------|
| A<br>(Bavistín) | 10% | 5% | 2.5% | 1.25% | 0.62% | 0.31% | 0.15% | 0.07% | 0.03% | 0.01% | CONTROL DE MEDIO | CONTROL DE CRECIMIENTO |
| B<br>(Sportak)  |     |    |      |       |       |       |       |       |       |       |                  |                        |
| C<br>(Tilt)     |     |    |      |       |       |       |       |       |       |       |                  |                        |
| D<br>(Rhapsody) |     |    |      |       |       |       |       |       |       |       |                  |                        |
| E<br>(H. luisa) |     |    |      |       |       |       |       |       |       |       |                  |                        |
| F<br>(Cedrón)   |     |    |      |       |       |       |       |       |       |       |                  |                        |
| G               |     |    |      |       |       |       |       |       |       |       |                  |                        |

Fuente: Bustamante A. Actividad biocontroladora de aceites esenciales ante Antracnosis (*Colletotrichum sp.*) de tomate de árbol (*Solanum betacea*). 2009.

### 2.2.3.3 Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un DCA (diseño completamente al azar) el cual constó de seis tratamientos, tres con productos convencionales y tres con alternativos, además del testigo, en donde cada tratamiento tuvo 3 repeticiones. En consecuencia existieron 21 unidades experimentales las cuales a su vez estaban conformadas por 3 cajas petri cada una. Los datos obtenidos se analizaron mediante la prueba de Tukey al 5%, prueba que fue efectuada en el programa estadístico MSTAT.

## 2.3 Evaluación *In Vivo* de tres fungicidas alternativos y tres convencionales para manejar *F. oxysporum* en babaco, a nivel de invernadero.

### 2.3.1 Descripción de la zona de estudio.

Esta evaluación se la efectuó en el invernadero del Departamento Nacional de Protección Vegetal (DNPV) en la Estación Experimental del Austro, perteneciente al Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Este invernadero se encuentra aislado de los otros invernaderos de la estación, por motivos de bioseguridad, para evitar que el patógeno se disperse en el lugar. Las características y climáticas del invernadero son las siguientes:

Temp. promedio: 26,6°C

Temp. máxima: 39°C

Temp. mínima: 14°C

Humedad relativa promedio: 57,8%

### 2.3.2 Materiales

#### 2.3.2.1 Herramientas y equipos

- Tanque de 100 Lts y manguera.
- Termómetro de máximas y mínimas.
- Higrotermómetro.
- Sarán de 67% de luminosidad.
- Plantas de babaco de 5 meses.
- Clamidósporas de *F. oxysporum*.
- Macetas plásticas de 15 L.
- Etiquetas.

#### 2.3.2.2. Fungicidas

- | Productos convencionales        | Productos alternativos                   |
|---------------------------------|--|
| - Bavistín (Carbendazim 500g/L) | - Rhapsody ( <i>B. subtilis</i> 13,4g/L) |
| - Sportak (Procloraz 450g/L)    | - Aceite esencial de hierba luisa.       |
| - Tilt (Propiconazol 250g/L)    | - Aceite esencial de cedrón.             |

### **2.3.3 Métodos**

#### **2.3.3.1 Manejo del ensayo en invernadero**

##### **2.3.3.1.1 Preparación del inóculo**

Se tomó una placa con el hongo purificado y se colocó sobre 500 ml de medio líquido Papa – Dextrosa (PD). El cultivo permaneció en agitación constante por 15 días, y posteriormente fue homogenizado en una licuadora durante 10 segundos; luego, con el uso de una jeringuilla, se inoculó en suelo de textura arenosa previamente esterilizado, lo cual produjo la formación de clamidósporas. Este suelo inoculado pasó a deshidratarse en el invernadero por cuatro semanas.

La determinación de la densidad de clamidósporas del suelo pre-inoculado se realizó mediante diluciones peso/volumen, y se sembró en medio PDA. Al tercer día de la siembra se contaron las colonias formadas.

Una vez obtenido el inóculo, se mezcló con el sustrato esterilizado, ajustando la concentración a 10000 clamidósporas / gramo de sustrato. Enseguida se trasplantaron las plantas a las macetas con esta mezcla.

##### **2.3.3.1.2 Manejo de plantas**

Se prepararon estacas de 30 cm. de largo procedentes de la parroquia Bulán, del cantón Paute. Las estacas fueron sumergidas en una solución de Vitavax (carboxin) para su desinfección y seguidamente se dejaron secar al aire libre durante una semana. Al inicio las estacas fueron colocadas en macetas (fundas plásticas) de 4 Kg de capacidad, sin embargo una vez alcanzado los 4 meses de edad se las pasó a macetas plásticas de 12 kg de capacidad. En ambos casos se utilizó sustrato previamente esterilizado. Para la evaluación del experimento se consideró un solo brote por planta.

##### **2.3.3.1.3 Labores culturales**

La fertilización se realizó con Hakaphos (N, P, K, Mg y oligoelementos), a la cantidad de 1g/L, 15 días antes y después de la inoculación; así mismo, el control de malezas se lo hizo manualmente usando guantes de seguridad. Los riegos se efectuaron de manera semanal usando 500 ml de agua potable por cada planta.

Para el control de áfidos se aplicó el insecticida Basudin 600 EC (diazinón), en dosis de 3.5 cm<sup>3</sup>/l de agua y para ácaros se utilizó Neem X (azadirachtina) en dosis de 2.5 cm<sup>3</sup>/l de agua.

#### **2.3.3.1.4 Aplicación de fungicidas**

Se realizó un seguimiento diario a las plantas para determinar la presencia de síntomas en función de una escala previamente establecida (Anexo 3), y se aplicaron los respectivos tratamientos de acuerdo al sorteo previamente ejecutado. Para los productos como Bavistín, Sportak, Tilt y Rhapsody se utilizaron las dosis recomendadas por las casas comerciales, mientras que para los aceites esenciales las dosis usadas fue de 1,5 ml/l de agua. La cantidad del producto aplicado fue de 1 L por cada planta. Las diluciones se distribuyeron uniformemente alrededor de la planta, mojando la base del tallo por una sola ocasión (drench).

#### **2.3.3.2 Variables**

##### **2.3.3.2.1 Porcentaje de control**

Esta variable fue calculada para cada tratamiento, en base a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de control} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ plantas recuperadas del tratamiento}}{\text{N}^{\circ} \text{ plantas totales del tratamiento}} \times 100$$

##### **2.3.3.2.2 Período transcurrido entre el nivel 1 y nivel 2 de la enfermedad**

Esta variable fue evaluada en aquellas plantas cuyos tratamientos no fueron efectivos para controlar la enfermedad, en consecuencia se continuaron presentando los síntomas de acuerdo a la escala de sintomatología. En este caso se consideró el tiempo transcurrido entre el nivel 1 y el nivel 2 de acuerdo a la escala de sintomatología (ver anexo 3).

##### **2.3.3.2.3 Período transcurrido entre el nivel 1 y nivel 3 de la enfermedad**

De igual manera, esta variable fue evaluada en aquellas plantas cuyos tratamientos no fueron efectivos para controlar la enfermedad, y que en consecuencia los síntomas siguieron apareciendo acorde a la escala de sintomatología. Aquí se consideró el tiempo transcurrido entre el nivel 1 y el nivel 3 de acuerdo a dicha escala (anexo 3).

#### **2.3.3.2.4 Periodo transcurrido entre el nivel 1 y nivel 5 de la enfermedad**

Al igual que en los casos anteriores, en esta variable fue evaluado el tiempo sucedido entre el nivel 1 y el nivel 5 según la escala de sintomatología de la MVB.

La escala esquemática completa del progreso de sintomatología foliar de la “Marchitez Vascular del Babaco” (MVB) propuesta por Ochoa y Fonseca (1997) consta en el anexo 3.

#### **2.3.3.3 Diseño experimental y análisis estadístico**

Se aplicó un DCA (diseño completamente al azar) el cual constó de seis tratamientos, además del testigo, en donde cada tratamiento tuvo 3 repeticiones; en consecuencia existieron 21 unidades experimentales las cuales a su vez estaban conformadas por una planta de babaco cada una. Los datos obtenidos fueron analizados en programas de estadística básica.

## CAPÍTULO 3

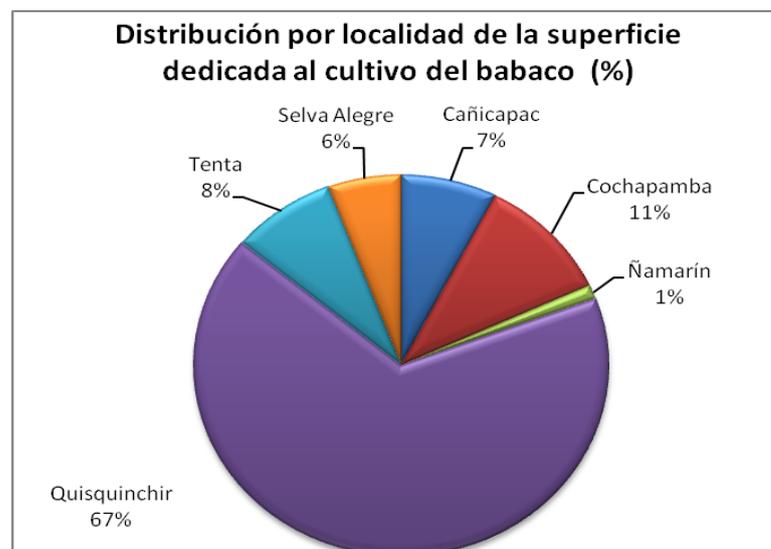
### RESULTADOS

#### 3.1 Diagnóstico de la situación fitosanitaria del babaco en zonas productoras del sur del país.

##### 3.1.1 Estado actual del cultivo de babaco

En la zona de Saraguro los cultivos de babaco comenzaron hace aproximadamente 15 años, cuando en ese entonces se lo cultivaba al aire libre; a partir de ahí la superficie dedicada a este frutal ha crecido, tal es así que solo en las encuestas realizadas en este estudio se encontraron 33447m<sup>2</sup> de extensión cultivada bajo invernadero. Se encontró además, que las comunidades más representativas en la producción del babaco son Quisquinchir y Cochapamba, sumando entre estas poco mas del 75% de la extensión total. En el gráfico 1 se puede apreciar la distribución por localidad de la superficie dedicada al cultivo del babaco.

**Gráfico N° 1.** Distribución (%) por localidades de la superficie dedicada al cultivo de babaco en el cantón Saraguro.



Fuente: Autor

El número de plantas cultivadas por cada agricultor es variable, pudiendo estar entre 120 hasta las 2000 plantas, de acuerdo a las condiciones económicas de los productores. El costo inicial para implementar una producción bajo invernadero es una limitante para muchos habitantes de la zona y del país. Se encontró además, que la distancia de siembra también es variable, pues en algunos casos la siembra se la realiza a 1,5 x 1,5m o 1,5 x 1,25m, pero lo mas común entre los agricultores de la zona es 1,25 x 1,25m, o sea se habla de una densidad de plantación de 4900 pl/ha.

El promedio en tiempo de experiencia de los productores en el manejo de este fruto es de 5 años, pues mientras algunos llevan entre 12 a 15 años de trabajar con babaco, otros recién están implementando pequeñas superficies de este cultivo.

El 86% de los encuestados considera al babaco como el cultivo más importante dentro de su unidad productiva, pues constituye su principal fuente de ingresos familiares; no obstante, existe también producción de tomate de árbol, verduras, hortalizas, maíz, fréjol y papas, los cuales sirven principalmente para su alimentación aunque una parte está destinada a la comercialización.

En cuanto al babaco, el único ecotipo cultivado y el más conocido en la zona es el comúnmente llamado *puntudo grande*, aunque algunos de los agricultores encuestados conocen otro ecotipo llamado *redondo*, el cual *no tiene aceptación en el mercado*. Los principales destinos del fruto cosechado en esta zona son las provincias de Loja, El Oro, Azuay, Zamora Chinchipe y Morona Santiago, aunque algunos productores indicaron que toda su producción es comercializada en el centro y norte del país.

### **3.1.2 Situación fitosanitaria**

#### **3.1.2.1 Labores culturales previo a la siembra**

La mayoría de los agricultores una vez instalado el invernadero y realizado la limpieza del mismo, adoptan medidas sanitarias para asegurar un buen crecimiento y la posterior producción de sus cultivos. Estas consisten principalmente en desinfectar los hoyos colocando agua hirviendo y añadiendo cal y ceniza tanto dentro como alrededor de los mismos; en algunos casos se usa también productos químicos como Vitavax (Carboxin), Captan (Captan) o Furadan (Carbofuran). Además, muchos de

los productores aprovechan el cavado de los hoyos para fertilizar el suelo, utilizando abonos químicos u orgánicos; en el caso de estos últimos, los más frecuentes de la zona son la gallinaza y/o los desechos de otros animales como cuy o chivo.

### **3.1.2.2 Producción de estacas**

El 59% de los productores adquieren las estacas de lugares como Loja o Paute para implementar los cultivos. La mayoría de estos agricultores obtienen el material vegetal de parientes o vecinos de la zona, sin considerar ningún aspecto fitosanitario, siendo esta la causa principal de la dispersión de plagas y enfermedades como la fusariosis, o el ataque por lancha.

En cuanto a los agricultores que producen estacas (41%), en su mayoría obtienen el material vegetal de sus mismas plantaciones, utilizando las plantas con las mejores características en tamaño y producción; además, se consideran diferentes medidas para la producción de plantas, tales como:

- que la estaca haya alcanzado la madurez.
- el corte y la siembra de la estaca se la realiza en luna llena (los agricultores la llaman luna buena).
- o, que las estacas son sumergidas en Vitavax (Carboxin) para su desinfección.

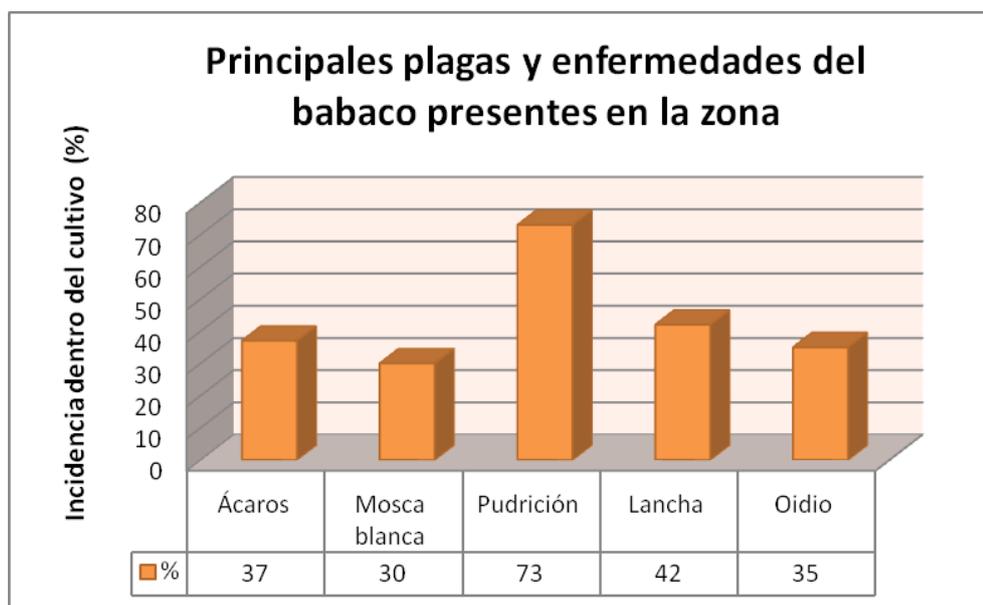
Se encontró además que algunos agricultores producen las estacas utilizando material vegetal de plantas cultivadas al aire libre, y no las que han sido cultivadas dentro de un invernadero, con lo cual afirman que se reduce la incidencia de enfermedades a su plantación.

El destino de las plantas producidas es generalmente hacia zonas cercanas como Susudel o Santa Isabel en la provincia del Azuay, o a las mismas comunidades del cantón Saraguro como Quisquinchir, Cañicapac, Cochapamba o Llushapa. Sin embargo, la mayoría de las plantas producidas son usadas por los mismos agricultores para un nuevo periodo de siembra y/o para ampliar su superficie dedicada a este cultivo.

### 3.1.2.3 Problemas de plagas y enfermedades

Existen una serie de plagas y enfermedades que atacan al cultivo de babaco, sin embargo, la de mayor incidencia es la fusariosis o marchitez vascular del babaco, la cual incluso puede llegar a afectar al 100% de la plantación. El gráfico 2 muestra el grado de incidencia que alcanzan las plagas y enfermedades dentro de los cultivos, en algunas de las zonas productoras del sur del Ecuador.

**Gráfico N° 2.** Niveles de incidencia alcanzados por diferentes patógenos dentro del cultivo del babaco.



Fuente: Autor

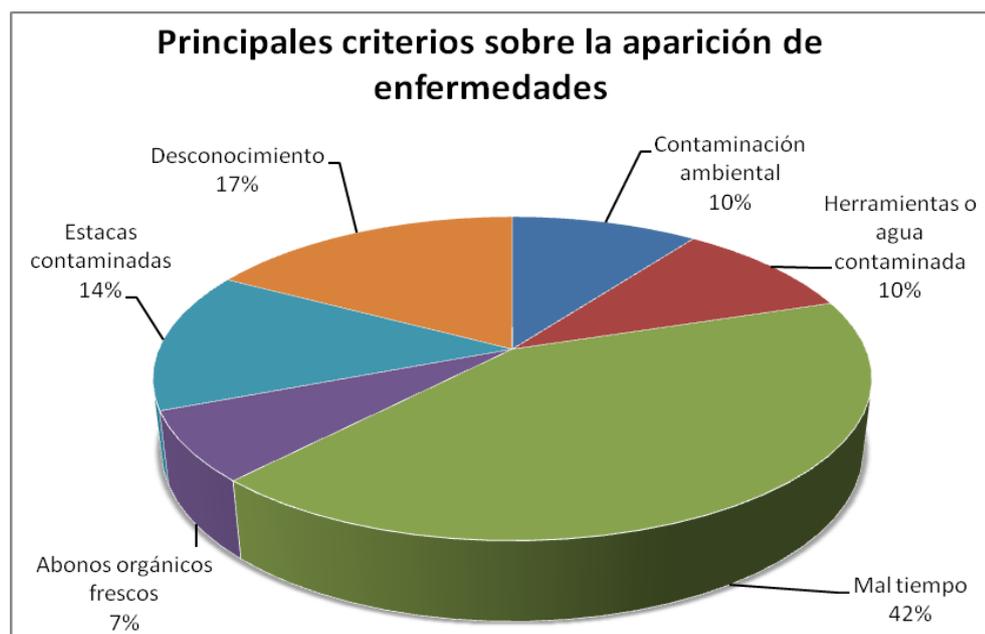
Como se indica en el gráfico anterior, la pudrición causada por *F. oxysporum* es la patología mas importante del babaco, seguida de la lancha cuyo agente causal es *Alternaria sp*; además de las plagas y enfermedades observadas en el gráfico anterior, existen otras con menor trascendencia para los agricultores, pero que igual afectan a las plantaciones, como son nemátodos (*Meloidogyne incognita*), larvas de coleópteros (cutzos), y pulgones (*Aphis sp.*). Los agricultores consideran a los ataques por oidio (*Oidium sp.*), mosca blanca (*Trialeurodes sp.*) y ácaros (*Tetranychus urticae*) como de baja importancia, pues son plagas que se presentan muy frecuentemente entre sus cultivos. Sin embargo, no tienen dificultades de control, pues afirman que las controlan usando agroquímicos como Kasumin (Kasugamicina), New mectín (Abamectina), Furadan (Carbofuran), Mítac 20 (Amitraz) o Fitoraz (Propineb).

A pesar de que la lancha tiene una alta incidencia dentro de los cultivos, los productores han aprendido a combatirla usando fungicidas como Phyton (Sulfato de Cobre pentahidratado), Score (Difenoconazol), Fitorax (Propineb), y especialmente Lanchafin (Mancozeb). Se mantiene en la zona la práctica de mezclar productos, lo que impide determinar la acción inhibitoria y su eficiencia.

Aunque es común el uso de una gran cantidad de productos químicos, de origen vegetal y algunas técnicas empíricas, no hay experiencias de control de la marchitez vascular del babaco en las zonas encuestadas. Hasta ahora, ningún tratamiento ha podido combatir ni erradicar esta patología del babaco, la cual en algunos casos ha arrasado con el 90% y hasta el 100% de algunas plantaciones, echando abajo toda la inversión realizada por los productores. En este caso, los agricultores se han visto obligados a recurrir a la implementación de otros cultivos o a la búsqueda de una nueva fuente generadora de ingreso.

Existen algunos criterios de los productores de babaco sobre el apareamiento de las enfermedades en sus cultivos, las cuales provocan serios perjuicios a sus plantaciones. Se muestra a continuación los principales juicios de los agricultores:

**Gráfico N°3.** Criterios de los agricultores con respecto al apareamiento de enfermedades que afectan a sus cultivos.



Fuente: Autor

Como se muestra en el gráfico 3, la mayoría de los encuestados indican que el apareamiento de las enfermedades está directamente relacionado con las condiciones climáticas adversas, pues los cambios bruscos de temperatura favorecen la proliferación de diferentes patologías, principalmente de tipo fúngicas, a las cuales la gente las conoce como lancha. Se encontró además, que otra causa importante para la presencia de enfermedades, principalmente *Fusarium* – comúnmente llamado pudrición- sería el material vegetal usado en la producción de nuevas plantas, ya que este llegaría contaminado, diseminándose fácilmente en la zona. Otra práctica muy común en la zona es el uso de desechos animales como abono para sus cultivos, y en algunos casos no se los deja secar adecuadamente sino se los usa en fresco. Esta sería otra de las razones para la aparición de enfermedades.

#### **3.1.2.4 Actividades adicionales para prevención y tratamiento de enfermedades**

Además de la utilización de los productos químicos antes mencionados tanto para prevenir y/o combatir enfermedades, existen otros mecanismos empíricos que los agricultores aplican en su afán de proteger a sus cultivos. Entre estos tenemos:

- Colocar cal agrícola en la entrada del invernadero, pues esto ayuda con la desinfección del calzado el cual puede venir contaminado; además no se permite el ingreso de personas ajenas o desconocidas.
- Una vez utilizadas las herramientas estas son lavadas y en algunos casos son expuestas al fuego para garantizar una completa desinfección.
- Cuando la enfermedad es detectada a tiempo algunos agricultores aplican extractos o decocciones acuosas de mezclas de plantas como ají, verbena, poleo o chilca, haciéndose una dilución y asperjando sobre las plantas.
- Otro mecanismo para combatir plagas y enfermedades es reducir el riego, y cambiar de riego por goteo a un riego en drench. Además no riegan en días soleados, sino más bien en días frescos para evitar proliferación sobre todo de lancha.

- En niveles iniciales de la enfermedad se realiza la eliminación de hojas con afecciones, o si la enfermedad está en un nivel avanzado se elimina la planta; inmediatamente arrojan agua hirviendo al hoyo y posteriormente agregan cal y ceniza. Esta práctica ha dado buenos resultados entre los productores.

### **3.1.2.5 Obtención de la información para el combate de enfermedades**

Los agricultores en su afán de controlar enfermedades y así evitar pérdidas en sus cultivos, han recurrido a diversas fuentes para averiguar sobre como manejar las plagas y enfermedades en su plantación. Una parte de ellos obtienen información de sus vecinos o productores con más experiencia en el cultivo del babaco, sin embargo, la mayoría de los productores acuden a los centros agropecuarios de Saraguro o en ocasiones a los locales agropecuarios de la ciudad de Loja. Pese a esto, no han conseguido la información necesaria para realizar un manejo integrado sobre todo de la fusariosis o marchitez vascular del babaco (MVB), la cual continúa causando pérdidas cuantiosas a las personas dedicadas a este cultivo.

### **3.1.3 Expectativas**

Debido a la alta tasa de mortalidad del babaco principalmente causada por *Fusarium oxysporum*, el interés de los productores se centra en poder controlar a este patógeno, pues hasta ahora todos los tratamientos realizados no les han dado éxito. Además, aunque ya han logrado combatir otras enfermedades causadas por insectos, nemátodos u hongos – lanchas y oidio- afirman que estas se han vuelto más resistentes a los agroquímicos, por lo que en algunos casos han tenido que aumentar las dosis o buscar otra alternativa para su control. En consecuencia, otra de las expectativas es conseguir material vegetal más resistente a las enfermedades, para así reducir el uso de pesticidas en sus plantaciones.

### 3.2 Evaluación *In Vitro* de fungicidas alternativos y convencionales para manejar *F. oxysporum*, causante de la marchitez vascular del babaco.

Los resultados sobre el crecimiento del micelio en placas petri fueron analizados a los 5 y 8 días luego del repique de los discos del micelio. Mediante este monitoreo se verificó el efecto de los aceites esenciales y fungicidas como inhibidores del crecimiento de *F. oxysporum*.

#### 3.2.1 Crecimiento relativo del micelio

A continuación se presentan los resultados del bioensayo de actividad antifúngica en placa, luego de cinco y ocho días de la siembra de los discos miceliales.

**Cuadro 2.** Prueba de Tukey 5% para comparación entre tratamientos, en la variable crecimiento de micelio, luego de cinco y ocho días del repique de los discos miceliales.

| Tratamiento | N. comercial | % promedio crecimiento micelial 5 días | Rangos de significación 5 días | % promedio crecimiento micelial 8 días | Rangos de significación 8 días |
|-------------|--------------|--|--------------------------------|--|--------------------------------|
| 7           | Testigo      | 100                                    | A                              | 100                                    | A                              |
| 4           | Rhapsody     | 63.52                                  | B                              | 94,26                                  | A                              |
| 2           | Sportak      | 0                                      | C                              | 0                                      | B                              |
| 3           | Tilt         | 0                                      | C                              | 0                                      | B                              |
| 5           | Hierba luisa | 0                                      | C                              | 0                                      | B                              |
| 6           | Cedrón       | 0                                      | C                              | 0                                      | B                              |
| 1           | Bavistín     | 0                                      | C                              | 0                                      | B                              |

Fuente: Autor

Los datos generados en el bioensayo fueron sometidos a un análisis de varianza para los resultados obtenidos luego de cinco y ocho días del repique de los discos miceliales. Para el primer caso, el coeficiente de variación obtenido fue de 3,26 %, lo que indica la validez de la prueba. El resumen del ADEVA se encuentra en el Anexo 4.

La prueba de Tukey al 5% para comparación entre tratamientos, luego de cinco días de la siembra genera tres rangos de significación claramente definidos. Los tratamientos químicos con Sportak, Tilt, Bavistín, y los aceites esenciales de hierba luisa y cedrón inhiben totalmente el crecimiento micelial de *F. oxysporum* en condiciones de laboratorio.

La actividad antifúngica de los aceites esenciales de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) y cedrón (*Lippia citriodora*), alcanzan un control de 100% del crecimiento micelial del patógeno. Los resultados obtenidos nos muestran que se da una inhibición completa del patógeno tanto a la concentración de 30ul/ml, 10ul/ml y 5ul/ml de medio de cultivo.

El agente biocontrolador Rhapsody (*Bacillus subtilis*), no demuestra eficiencia en la inhibición del crecimiento micelial de *Fusarium*. En el anexo 5 se muestran los gráficos de comparación entre los diferentes tratamientos, en la variable crecimiento del micelio.

Por otra parte, el ADEVA realizado con los resultados del crecimiento del micelio luego de 8 días de la siembra, indica un coeficiente de variación de 6,81% (anexo 6), que aunque este valor es mayor al coeficiente de variación anterior, se mantiene en un estado aceptable para este tipo de investigaciones, avalando así los resultados.

El cuadro 1 demuestra que no se encuentra diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre el testigo absoluto y el Rhapsody, luego de ocho días de repicado los discos miceliales. Sin embargo, los tres compuestos químicos como Sportak, Tilt y Bavistín, y los dos aceites esenciales presentan un control total ante *Fusarium oxysporum*, mostrando una alta eficiencia para el control de este patógeno a nivel de laboratorio.

Las evaluaciones con los aceites esenciales señalan que las tres dosis probadas presentan un control total ante *Fusarium oxysporum* en condiciones de laboratorio, tanto a los cinco como a los ocho días luego del repique de los discos miceliales.

### 3.2.2 Concentración mínima inhibitoria (MIC)

Una vez realizada la técnica de microdilución de ELISA, se encontró que la concentración mínima inhibitoria para el Tilt (Propiconazol) es de 0,31% v/v, y el Sportak (Procloraz) de 2,5% v/v. Los aceites esenciales, tanto el de cedrón como el de hierba luisa, tuvieron una MIC similar, pues en ambos casos esta fue de 5% v/v. Los resultados de esta prueba también indican que el Rhapsody (*B. subtilis*) no presenta inhibición a ninguna de las diluciones analizadas.

Para el caso del Bavistín (Carbendazim), a pesar de que se probó este compuesto diluido en medio levadura-malta y en agua destilada estéril (ADE), no se pudo determinar la MIC mediante este método, debido a la elevada densidad presentada por el producto.

**Cuadro 3.** Concentración mínima inhibitoria de los fungicidas evaluados ante *Fusarium oxysporum*, patógeno del babaco.

| <b>Producto</b> | <b>Ingrediente activo</b> | <b>MIC (% v/v)</b> |
|-----------------|---------------------------|--------------------|
| Bavistín        | Carbendazim               | ND                 |
| Sportak         | Procloraz                 | 2,5                |
| Tilt            | Propiconazol              | 0,312              |
| Rhapsody        | <i>B. subtilis</i>        | ND                 |
| Hierba luisa    | A. esencial               | 5                  |
| Cedrón          | A. esencial               | 5                  |

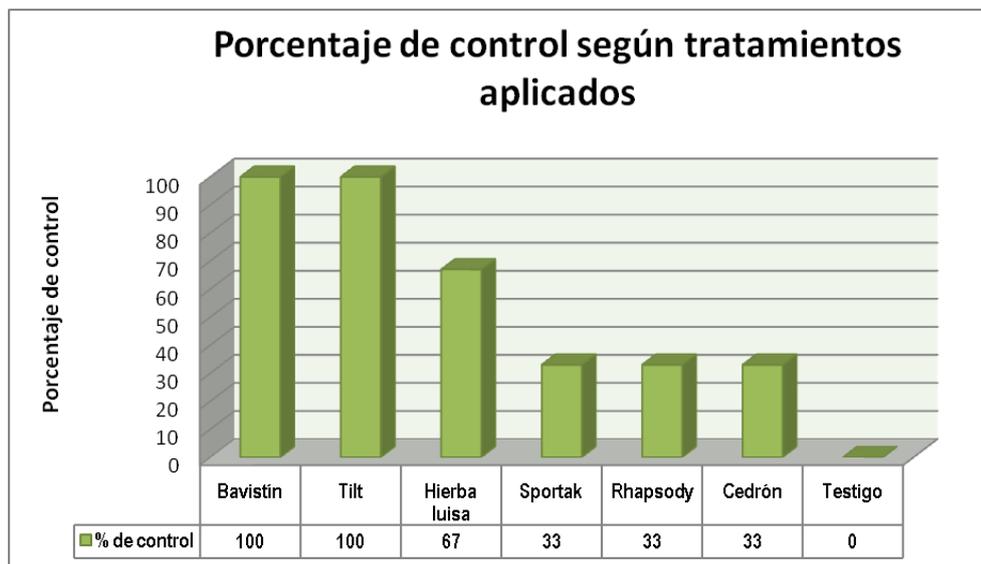
Fuente: Autor

### 3.3 Evaluación *In Vivo* de tres fungicidas alternativos y tres convencionales para manejar *F. oxysporum* en babaco, a nivel de invernadero

#### 3.3.1 Porcentaje de control

Una vez trabajados los datos de las pruebas *In Vivo* se encontró que los productos químicos Bavistín (Carbendazim) y Tilt (Propiconazol) presentan un porcentaje de control del 100 % cuando la aplicación se realiza una vez presentado el nivel 1 de sintomatología. El gráfico 4 muestra los porcentajes de control alcanzados por los diferentes tratamientos en relación al testigo absoluto.

**Gráfico 4.** Porcentajes de control alcanzados por los diferentes tratamientos en relación al testigo absoluto en condiciones *In Vivo*.



Fuente: Autor

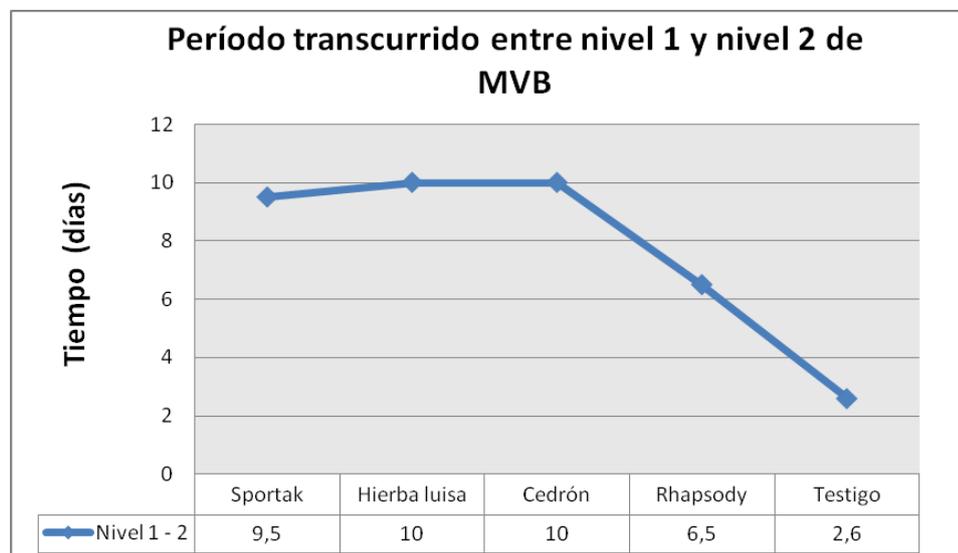
Como se observa en el gráfico 4, los productos más eficientes para controlar en un 100% al patógeno causante de la marchitez vascular del babaco (MVB) fueron el Bavistín (Carbendazim) y el Tilt (Propiconazol). El aceite esencial de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*), a la dosis de 1,5 ml/L de agua, obtuvo el 67% de control ante *Fusarium oxysporum*. Finalmente, el Sportak (Procloraz), Rhapsody (*B. subtilis*) – a las dosis comerciales - y el aceite esencial de cedrón (*Lippia citriodora*) a la dosis de 1,5 ml/L de agua, obtuvieron el 33% de control ante este hongo fitopatógeno. El anexo 7 muestra de manera gráfica la efectividad del mejor tratamiento registrado en relación al testigo en la variable porcentaje de control.

### 3.3.2 Período transcurrido entre el nivel 1 y nivel 2 de la enfermedad

Una vez evaluados los porcentajes de control por tratamientos, se determinó el tiempo en días entre los diferentes niveles de la enfermedad en las plantas que no pudieron recuperarse una vez aplicados los fungicidas, las mismas que continuaron presentando los síntomas de acuerdo a la escala de sintomatología de la MVB (ver anexo 3).

Se presenta a continuación el gráfico del tiempo - en días - transcurrido entre el nivel 1 y nivel 2 de los distintos tratamientos y del testigo absoluto.

**Gráfico 5.** Período transcurrido entre el nivel 1 y el nivel 2 según la escala de sintomatología de marchitez vascular del babaco (MVB).



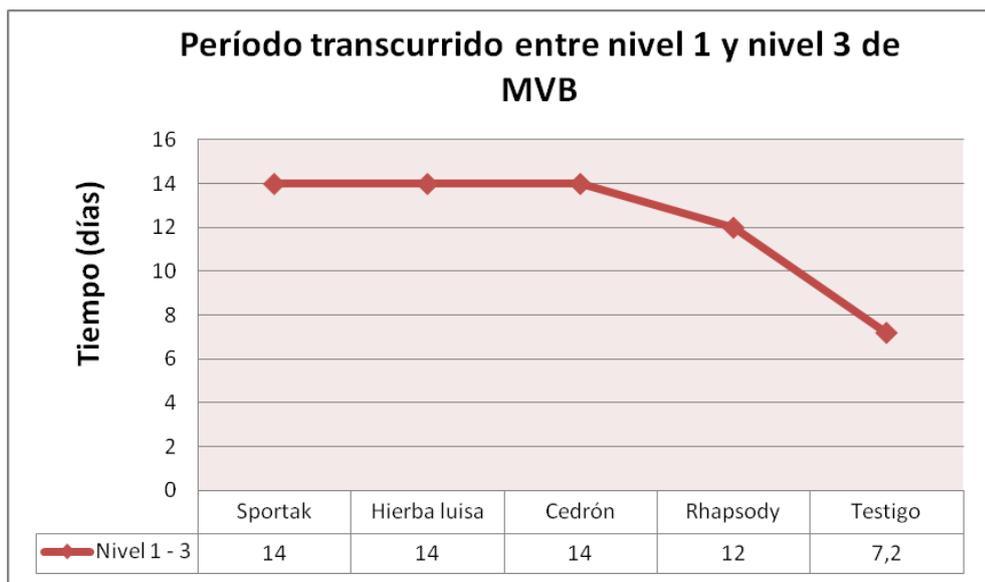
Fuente: Autor

Existe una clara diferencia en el tiempo transcurrido entre el nivel 1 y el nivel 2 de sintomatología, entre las plantas que recibieron aplicación con fungicidas y el testigo, el cual lógicamente no recibió aplicación alguna. El testigo tardó 2,6 días en alcanzar el nivel 2 mientras que los aceites esenciales fueron los que más retardaron la aparición de este nivel de enfermedad, pues en el caso tanto de la hierba luisa como del cedrón fue de 10 días. El Sportak también retardó en 9,5 días la aparición de la enfermedad, lo cual sigue estando muy por encima del promedio mostrado por el testigo. El Rhapsody fue el tratamiento que menos tiempo retardó la aparición de esta enfermedad, siendo este apenas de 6,5 días entre el nivel 1 y nivel 2 de sintomatología.

### 3.3.3 Período transcurrido entre el nivel 1 y nivel 3 de la enfermedad

Para esta variable se consideró el tiempo cumplido entre el nivel 1 de la enfermedad y el nivel 3 de la escala de sintomatología (ver anexo 3). En las líneas siguientes se indica el gráfico para esta variable.

**Gráfico 6.** Período transcurrido entre el nivel 1 y el nivel 3 según la escala de sintomatología de marchitez vascular del babaco (MVB).



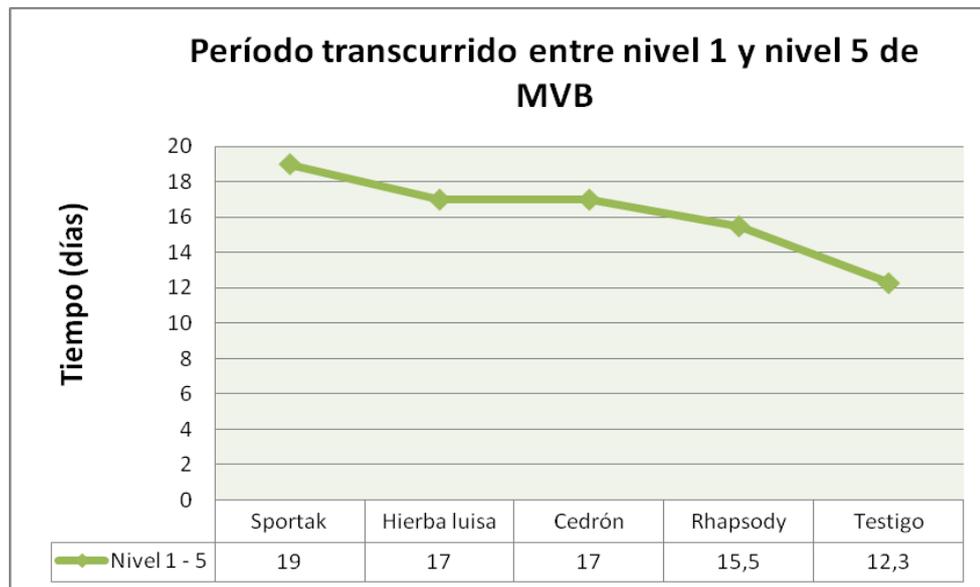
Fuente: Autor

Los resultados muestran que los aceites esenciales al igual que el Sportak retardan el avance de los síntomas en 14 días, siendo los productos que mejor eficiencia presentan para esta variable. El bioproducto Rhapsody, presenta la menor eficiencia en relación al tiempo de aparición de los síntomas.

### 3.3.4 Período transcurrido entre el nivel 1 y nivel 5 de la enfermedad

Al igual que en los casos anteriores, en esta variable se investigó el tiempo sucedido entre el nivel 1 y el nivel 5 de enfermedad de acuerdo a la escala de sintomatología de la marchitez vascular del babaco (anexo 3). A continuación se muestra el gráfico del tiempo transcurrido entre el nivel 1 y el nivel 5 de sintomatología de los distintos tratamientos en comparación al testigo absoluto.

**Gráfico 7.** Período transcurrido entre el nivel 1 y el nivel 5 según la escala de sintomatología de marchitez vascular del babaco (MVB).

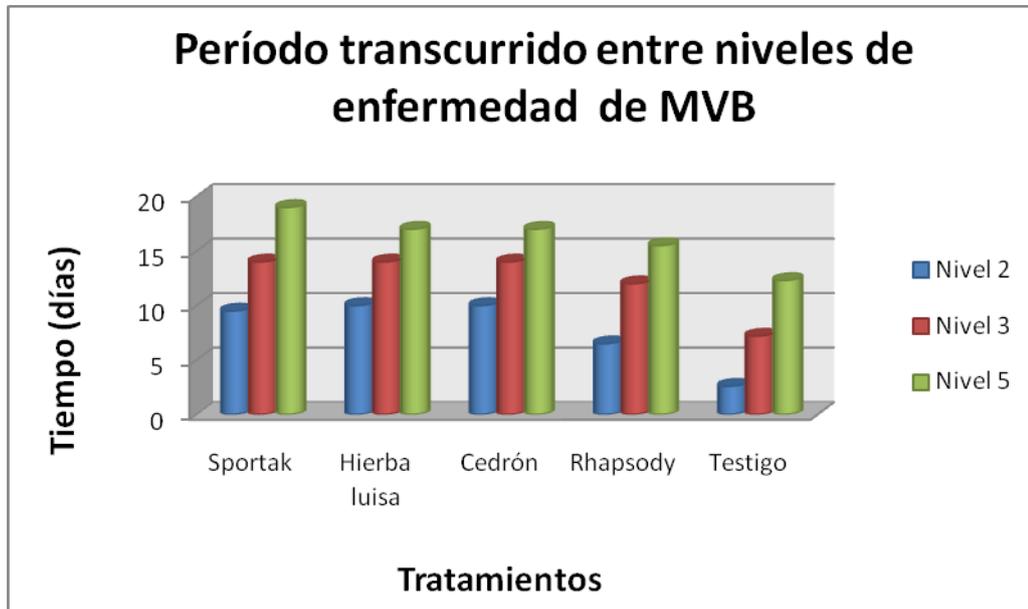


Fuente: Autor

En esta variable aparece el Sportak como el tratamiento que más retarda la aparición del síntoma 5 de MVB, con 19 días, casi 7 días más de lo actuado por el testigo. Los aceites esenciales retardan en 17 días la aparición del síntoma 5, mientras que el Rhapsody es el menos eficiente al retrasar 15,5 días entre el nivel 1 y nivel 5 de la enfermedad.

El gráfico 8 compara de manera detallada el período que retardan los diferentes tratamientos para la aparición de los distintos niveles de enfermedad versus lo demostrado por el testigo.

**Gráfico 8.** Período transcurrido entre los diferentes niveles de enfermedad de los tratamientos en relación al testigo.



Fuente: Autor

## CAPÍTULO 4

### DISCUSIÓN

#### **4.1 Diagnóstico de la situación fitosanitaria del babaco en zonas productoras del sur del país**

De los resultados obtenidos en esta investigación se encuentra que los cultivos de babaco en la zona de Saraguro llevan establecidos aproximadamente 15 años, cuando en ese entonces fueron algunos los agricultores que introdujeron semilla desde el centro del país, con el objetivo inicial de establecer un cultivo para subsistencia, y posteriormente tecnificarlo para cultivarlo de manera comercial. Según Soria y Viteri (1999), este frutal se lo cultiva en el Ecuador desde mediados de los años 80s, e incluye a las provincias de Tungurahua, Pichincha, Imbabura, Azuay y Loja entre las principales zonas productoras. Mencionan también que Vilcabamba, Malacatos, Loja y La Toma son los principales centros productores de la provincia de Loja, sin embargo, en esta investigación se encuentra que el cantón Saraguro presenta una considerable superficie dedicada al babaco, ubicándolo entre los principales lugares productores de dicha provincia y del país.

La “Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua” concluye que la tasa de crecimiento de los cultivos permanentes fue del 0,33% durante el periodo 2002 – 2008 (INEC 2008), sin embargo solo se detalla las características de los cultivos de mayor importancia del país, como el banano, café y cacao, pero no detalla la superficie, producción, ni ventas de cultivos como el babaco. Una de las principales limitantes para la ampliación de la superficie dedicada al babaco en la zona de estudio son las condiciones económicas. Vivar et al. (2008) concluye que para el año 1995 las rentas mensuales de las unidades familiares bordeaban los 35 USD, y para el año 2007 estas se incrementaron a 90 USD, es decir 3 USD por día. Esta es la razón por la cual les resulta complicado o en muchos casos imposible la

implementación o masificación de este cultivo, ya que la inversión inicial para costos de infraestructura resulta elevado.

Soria y Viteri (1999) afirman que para facilidad de manejo de este cultivo bajo invernadero la distancia de siembra debe ser de 1.1 x 1.2m en tres bolillo, dejando un callejón de 2 m cada 2 hileras, con lo cual se obtendría una densidad de plantación de 5800 pl/ha. Si bien es cierto que los resultados encontrados en este trabajo indican una densidad de siembra de 4900 pl/ha, esto se debe a que los agricultores no han recibido capacitaciones continuas sobre el manejo de los cultivos, y en la mayoría de casos el manejo de todo el sistema productivo se lo hace de manera empírica o con ayuda de otros productores de su misma zona.

Coronel et al (2005) afirma que entre los rubros de mayor importancia económica para la zona, están la producción de leche (quesillo) y los cereales (maíz, cebada y trigo), en donde también figuran los frutales como tomate de árbol y babaco. Por otra parte, el proyecto “Investigación y desarrollo tecnológico promueven la reducción de la extrema pobreza en las comunidades de Saraguro-Ecuador” impulsó la diversificación de sistemas de producción orientados a aumentar la oferta de alimentos de autoconsumo y de venta en los mercados locales, estableciendo cultivos como cebada, trigo, papa, maíz, fréjol, arveja, huertos familiares para la producción de hortalizas, la crianza de cuyes mejorados, pastos para la producción de leche y árboles frutales (Vivar et al 2008).

En la presente investigación se encontró que la mayoría de los agricultores encuestados consideran el babaco como su cultivo principal dentro de su unidad productiva, pero también poseen otros cultivos como tomate de árbol, verduras, hortalizas, papas, fréjol y maíz, con lo cual estamos corroborando con los estudios antes mencionados.

Entre las labores previas a la siembra, Soria y Viteri (1999) recomiendan evitar suelos que hayan estado ocupados con cultivos con problemas fitosanitarios radiculares, desinfectar con algún producto químico como Basamid (Dazomet) o formol y aplicar cal o ceniza al hoyo. En la zona de estudio, la mayoría de los invernaderos de babaco se asientan sobre zonas que fueron ocupadas para parcelas

agrícolas de subsistencia, y no con cultivos intensivos. Además, se utiliza agroquímicos como el Furan (Carbofuran) o Vitavax (Carboxin), y se agrega cal y ceniza para la desinfección de hoyos.

En cuanto a la fertilización, se está aplicando de manera empírica abonos químicos como el 10-30-10 (N, P, K) o el 18-46-0 (N, P, K), pues no es común realizar un análisis de suelo para conocer las deficiencias de los mismos. El empleo de abonos orgánicos frescos es una práctica muy común entre los agricultores, sin embargo, esta podría ser una de las causas de los problemas patológicos, pues lo recomendado es que estos deben estar debidamente descompuestos (MAG-IICA, 2001). Calderón et al. (1994) afirma que la aplicación de materia orgánica definitivamente aumenta la incidencia de *F. oxysporum*.

Las principales patologías detectadas en la zona de estudio son la pudrición -causada por *Fusarium oxysporum*-, lancha -causada por *Alternaria sp.*- y cenicilla causada por *Oidium sp.* A pesar de que también existen ataques por nemátodos, ácaros o mosca blanca, los productores han logrado manejarlo con relativa facilidad a estas plagas, principalmente con el uso de productos químicos; sin embargo, aún no han logrado controlar los ataques provocados por *Fusarium sp.*, el cual causa la pudrición radicular y del tallo. Ochoa y Fonseca (1998), MAG-IICA (2001) también afirman que estas enfermedades son las principales patologías del babaco, coincidiendo también que *Fusarium oxysporum* es la principal limitante fitosanitaria de este cultivo, pero que con el uso de fungicidas sistémicos u hongos como *Trichoderma spp* se puede manejar esta enfermedad.

#### **4.2 Evaluación *In Vitro* de fungicidas alternativos y convencionales para manejar *F. oxysporum*, causante de la marchitez vascular del babaco**

Los resultados de las pruebas *In Vitro* muestran que a excepción del fungicida Rhapsody, todos los productos tanto químicos como biológicos inhiben el crecimiento del micelio de *Fusarium oxysporum*. León (1999), determina también que, además de los fungicidas químicos como Bavistín, Sportak y Tilt, también están el Fungaflor y Pillarben como los fungicidas más eficientes en el control de *F. oxysporum*. Dicho estudio concluye que la mejor acción contra *F. oxysporum* es la aplicación de fungicidas sistémicos, lo cual es corroborado por esta investigación pues los tres productos aquí evaluados como el Bavistín, Sportak y Tilt son precisamente fungicidas de acción sistémica.

Por el contrario el fungicida Rhapsody, cuyo ingrediente activo es la bacteria *Bacillus subtilis*, permitió un crecimiento micelial del 63,52% a los 5 días del repicado de los discos miceliales, es decir, inhibió un 36,48% del crecimiento del patógeno en estudio. Así mismo, luego de analizar los resultados a los ocho días de la siembra del micelio, se encontró que la inhibición de su crecimiento es de 5,74%, demostrando que la eficiencia de este producto se va perdiendo de manera rápida conforme pasan los días.

En la actualidad se han demostrado resultados promisorios al aplicar el control biológico para el manejo de muchas plagas y enfermedades de los cultivos. Hongos como *Beauveria sp.*, *Metarhizium sp.* y la bacteria *Bacillus sp.*, están siendo usadas y presentan un gran potencial en este campo de la agricultura. Sin embargo, no existen reportes oficiales de la eficiencia de *B. subtilis* ante *F. oxysporum f. sp. vasconcella*, que es el patógeno específico que infesta al babaco, pudiendo incluso causar la pérdida completa de este cultivo. Alexander (1987) afirma que las bacterias de este género digieren la quitina, compuesto muy importante de la pared celular de muchos hongos, contrarrestando así la incidencia de estos, y disminuyendo la severidad de los ataques causados por hongos del género *Fusarium*, siendo esta la manera de combatir la actividad de esta clase de patógenos.

En cuanto a la actividad antifúngica que presentan los aceites esenciales de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) y cedrón (*Lippia citriodora*), Cárdenas y Zhimnay (2006), encuentran que estos aceites a la concentración de 30ul/ml y 15ul/ml de medio de cultivo, ejercen un control del 100% ante *Fusarium sp.* En el ensayo utilizado para este trabajo experimental se utilizó incluso un rango de concentración menor, incrementando la sensibilidad de la prueba; consecuentemente, se obtuvo una eficiencia del 100% en el control de este hongo a 30ul/ml, similar al estudio previamente mencionado, pero además se encontró que a dosis inferiores como 10ul/ml y 5ul/ml de medio de cultivo, la inhibición continúa siendo igual de efectiva. Cabrera (2009), determina que los extractos vegetales tienen similar efecto que los aceites esenciales, pues en su estudio demuestra que los extractos vegetales de hierba luisa y cedrón controlan en un 100% al hongo.

En los últimos años se ha puesto mayor énfasis en el estudio de extractos vegetales y sus derivados como productos alternativos al control de diferentes agentes fitopatógenos. Se ha reportado que la mayoría de aceites esenciales inhiben el desarrollo de hongos de postcosecha en condiciones in vitro (Singh y Tripathi, 1999; Hidalgo *et al.*, 2002).

Singh et al. 2003, analiza la actividad antifúngica del aceite esencial del jengibre (*Zingiber officinale*) ante *Fusarium oxysporum*, encontrando que el porcentaje de inhibición a 10ul/ml y 6ul/ml es de 50% y 43,7% respectivamente, mientras que en esta investigación se halló una eficiencia completa de los aceites de cedrón y hierba luisa con dosis similares y ante el mismo patógeno. Otro estudio como el de Barrera y García (2008) encuentra que el aceite esencial del tomillo (*T. vulgaris*) también puede inhibir completamente el crecimiento de *Fusarium sp.*; sin embargo, las dosis requeridas para esta inhibición son de 200ug/ml, 250ug/ml y 300ug/ml, las cuales resultan muy superiores a las encontradas en esta investigación, por lo cual los resultados aquí encontrados se presentan como una alternativa mucho más promisoriosa para el control de *Fusarium oxysporum*.

En cuanto a trabajos con el género *Fusarium*, Lizcano (2007) encuentra que el tomillo (*Thymus vulgaris*) tiene la capacidad de inhibir a este patógeno hasta en un 74%. Barrera y García (2008) concluyen que además de *T. vulgaris*, el aceite

esencial de *C. zeylanium* también presenta capacidad de inhibición, pero que son los compuestos de los aceites esenciales como el carvacrol, timol y aldehído cinámico los que llegan a inhibir totalmente el crecimiento de *Fusarium sp.* El extracto vegetal de guamúchil (*Pithecellobium dulce*) resultó ser una especie sobresaliente en detener el desarrollo no solo de *Fusarium spp.*, sino también de *Alternaria spp.*, *Pestalotia spp.*, y *Rhizopus spp.* (Bautista et al. 2000). Singh et al. (1998) demuestra que el aceite esencial de *Lippia alba* también tiene efectos fungicidas contra patógenos como *Fusarium moniliforme*, *Ceratocystis paradoxa*, *Rhizoctonia solani*, *Curvularia lunata*, *Periconia atropurpuria* y *Epicoccum nigrum*.

Los resultados aquí obtenidos indican que el Tilt y Sportak son los compuestos que presentan la concentración mínima inhibitoria de 0,31% v/v y 2,5% v/v de sus formulaciones comerciales respectivamente; sin embargo, los aceites esenciales presentan un 5% v/v como concentración mínima inhibitoria, que aunque es mas alta que los productos anteriores, sigue siendo una alternativa a tomarse en cuenta para usos antifúngicos, mas aún por su origen natural y sus consecuencias nulas para las personas y el ambiente.

Montes et al. (2000) evaluaron 206 especies vegetales contra 26 especies de hongos fitopatógenos, y encontraron que entre el 32% y 51% de las plantas evaluadas interactuaban con los hongos, causándoles diferentes reacciones, que iban desde la estimulación biológica hasta la inhibición total del hongo. Ecuador, al ser un país megadiverso, posee una gran cantidad de especies vegetales y de estas apenas se ha investigado el comportamiento antibacteriano de una cantidad mínima de especies, lo cual convierte al país en un lugar con potencial promisorio para la investigación y desarrollo de compuestos orgánicos como controladores biológicos ante enfermedades y plagas agrícolas.

Como se mencionó en el punto 2.2.3.2.2, la técnica utilizada determinar la concentración mínima inhibitoria fue la de microdilución ELISA. Esta técnica presenta grandes ventajas ante las técnicas tradicionales como la de difusión en agar. Según Eloff (1998), dicha técnica que hasta hace unos años fue la mas utilizada sobre todo para ensayos de actividad antimicrobiana, puede resultar influenciada por varios factores extrínsecos a la investigación. Así pues, el tipo de agar, la temperatura de

incubación o el tamaño molecular de los componentes antimicrobianos influyen en los resultados obtenidos mediante esta técnica.

Otras de las ventajas que presenta el método de microdilución están que se requiere menor cantidad de la muestra a estudiar, emplea menos tiempo, no es costoso, pero su principal ventaja es que resulta 30 veces más sensible que otros métodos usados en la literatura. La mayoría de estudios se realizaban con ensayos de difusión en agar para determinar actividad antimicrobiana debido a que la técnica de microdilución con el lector ELISA es relativamente nueva, sin embargo para esta investigación se optó por esta técnica debido a la eficiencia y alta sensibilidad demostrada por Eloff (1998) y ratificada en los resultados de este estudio. Ruilova (2007) también utiliza esta técnica para evaluar actividad antimicrobiana de bacterias y hongos, obteniendo resultados promisorios.

### **4.3 Evaluación *In Vivo* de tres fungicidas alternativos y tres convencionales para manejar *F. oxysporum* en babaco, a nivel de invernadero**

Los resultados de las pruebas *In Vivo* demuestran que los productos Bavistín y Tilt a las dosis comerciales tienen un 100% de control ante *Fusarium oxysporum*, siempre y cuando la aplicación se realice una vez llegado al nivel 1 de sintomatología (clorosis de la primera hoja inferior de la planta). El otro producto químico probado fue Sportak (Procloraz), sin embargo apenas alcanzó el 33% de control ante este patógeno. Scheinflug y Kuck (1987), afirman que la movilidad del ingrediente activo (Procloraz) es bastante reducida o limitada, con lo que el control ante este hongo se vuelve ineficiente.

En cuanto a los resultados alcanzados por los productos alternativos, el aceite esencial de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) presentó el mejor efecto biocontrolador, alcanzando el 67% de control ante el patógeno. Aunque no existen estudios *In Vivo* sobre el potencial antifúngico de esta especie ante *Fusarium oxysporum*, otros estudios determinan que si existe actividad inhibitoria de algunos aceites esenciales y extractos vegetales contra diversos fitopatógenos (Montes et al. 2000; Hernández et al. 2007; Lizcano 2007; Barrera et al 2008).

El aceite esencial de cedrón (*Lippia citriodora*) presentó un 33% de control al igual que el Rhapsody (*B. subtilis*), sin embargo no se puede descartar el potencial de estos productos, ya que se podría probar otras dosis para evaluar los efectos de los mismos. Calderón et. al. (1994), encuentra que la bacteria *B. subtilis* sí controla a *F. oxysporum* presente en la semilla de arveja, pero no precisa la forma especial de *F. oxysporum*, pudiendo esta ser diferente a la que se analiza en este estudio, que es *F. oxysporum f. sp. vasconcella*. En consecuencia, esto nos permite pensar que esta bacteria puede considerarse como una alternativa para el combate de *Fusarium oxysporum*, tomando en cuenta que se puede evaluar otras dosis o incluso el efecto combinado con otros productos antifúngicos.

La baja toxicidad para los mamíferos junto la inocuidad para el ambiente presentada por los compuestos derivados de las plantas, son las principales ventajas de los productos alternativos, los cuales se presentan como una herramienta de altísimo

potencial para usos dentro del campo agrícola. Más aún, cuando este y otros estudios han demostrado la eficiencia presentada por algunos de ellos, se debe considerar como una alternativa válida para el combate de las plagas que afectan a los cultivos, y que pudieran ser controladas de manera efectiva y con tecnología amigable con el ambiente.

En cuanto a los resultados sobre el tiempo transcurrido entre el nivel 1 y nivel 2, estos demuestran que los aceites esenciales fueron los productos que más retardaron la aparición del nivel 2 de enfermedad en relación al testigo, y el Rhapsody (*B. subtilis*) el que menos tiempo lo retardó. Se halló además que el testigo presentó un período promedio de 2,6 días entre el nivel 1 y el nivel 2 de sintomatología según la escala de la Marchitez Vascular del Babaco (MVB). Gallardo (2004) encuentra que en estas mismas condiciones el tiempo promedio es de 5,25 días, sin embargo se debe considerar que en aquella investigación las plantas fueron evaluadas a la edad de 6 meses, mientras que en este trabajo las plantas alcanzaron los 5 meses. Esto nos permite interpretar que las plantas al tener más edad presentan mayor tamaño y por ende mayor follaje, por lo cual los diferentes niveles de la enfermedad tardarán más tiempo en alcanzar el siguiente nivel de sintomatología.

El tiempo desde que se dió la inoculación artificial mediante la siembra en suelo inoculado hasta la muerte de las primeras plantas – que fue el testigo – fue en promedio de 41 días. Trapero y Jiménez (1985) investigan la fusariosis vascular del garbanzo al que también se le conoce como marchitez vascular del garbanzo, encontrando que el síndrome de amarillez se caracteriza por la clorosis, amarillez y necrosis de los folíolos que progresan de forma acrópeta hasta la defoliación de esta, y que las plantas no mueren antes de los 40 días después de la siembra en suelo infestado. A pesar de que este último estudio se realizó en garbanzo, la sintomatología sobre el síndrome de amarillez como consecuencia de la marchitez vascular coincide con los resultados encontrados en esta investigación.

Los resultados del tiempo transcurrido entre el nivel 1 y 3 de sintomatología nos indican que el Rhapsody (*B. subtilis*) fue el producto que menos tiempo retarda la aparición del síntoma 3. Calderón (1994) concluye que *B. subtilis* sí ejerce control sobre *F. oxysporum*, sin embargo las pruebas ahí realizadas fueron sobre las semillas

de arveja cuyo patógeno también es *F. oxysporum*. En este estudio la metodología consistió en provocar la enfermedad en las plantas, pero no se encuentra una mayor eficiencia de este producto biológico sobre dicho patógeno.

Los aceites esenciales de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) y cedrón (*Lippia citriodora*) fueron los productos que más retrasan la enfermedad, sin embargo no se encontraron estudios similares en donde se usen estas mismas especies vegetales para combatir a este patógeno del babaco. Lizcano (2007) concluye que el tomillo presenta mejores resultados en la prevención de enfermedades provocadas por *Fusarium*, *Botrytis* o *Sclerotinia* que en la curación de las mismas.

En cuanto al periodo transcurrido entre el nivel 1 y 5 de la enfermedad se encontró que el Sportak presentó los mejores resultados. Este fue el producto que más retardó la aparición del nivel 5 según la escala de MVB con 19 días, incluso por encima del tiempo demostrado por los aceites esenciales, el cual fue de 17 días. Esto nos permite interpretar que la actividad antifúngica de estos productos puede ir perdiendo eficiencia conforme pasan los días, ya que el tiempo de retraso entre cada nivel de sintomatología es cada vez menor. El tiempo de aparición en el testigo fue de 12,3 días; Gallardo (2004) encuentra que el tiempo promedio para la aparición de este nivel de sintomatología en el testigo fue de 18,75 días, lo cual se interpreta como que el tiempo de aparición entre cada nivel será mayor mientras más tamaño tenga la planta, pues en aquel estudio se evaluó en plantas de 6 meses mientras que aquí la edad de las plantas evaluadas fue de 5 meses.

## CONCLUSIONES

En el cantón Saraguro, la superficie dedicada al cultivo de babaco ha crecido de manera considerable en los últimos 10 años, convirtiéndolo en uno de los mayores productores de este frutal en la región Austral del País.

A pesar del crecimiento de la superficie dedicada al babaco, la falta de recursos económicos constituye una limitante para que un gran número de pequeños productores puedan implementar sus propios cultivos, fenómeno que también afecta a otros lugares del país.

De las personas encuestadas en esta investigación, casi la totalidad coincide que el babaco es su cultivo más importante dentro de su unidad productiva, y en muchos casos constituye también su principal fuente de ingresos.

Los destinos de este frutal son las provincias de Loja, Azuay, El Oro, Zamora Chinchipe y Morona Santiago, aunque algunos productores afirman que la totalidad de su producción se dirige a la zona centro y norte del país. Cabe recalcar que aún no existen plantas industrializadoras de babaco en el cantón Saraguro, por lo tanto el consumo y comercialización de este frutal se lo realiza en fresco.

La principal limitante fitosanitaria de la producción de babaco en la zona es la Marchitez Vascular del Babaco (MVB) – comúnmente llamada pudrición -, la cual ha atacado hasta en un 100% de las plantaciones.

Hasta ahora no existen estrategias de control de este patógeno entre los productores del lugar, que por el contrario, recurren a prácticas empíricas como extraer la planta y echar agua hirviendo al suelo para evitar el avance y la posterior afección de todo su cultivo.

Otro de los problemas de plagas y enfermedades la constituyen la lanchara (*Alternaria sp.*), oidio (*Oidium sp.*), ácaros (*Tetranychus urticae*) y mosca blanca (*Trialeurodes sp.*), a las cuales los productores han logrado combatirlos con productos químicos principalmente.

El uso de material vegetal contaminado, y la aplicación de los abonos a base de desechos de animales sin una adecuada descomposición serían las causas principales de la proliferación de patologías, especialmente de la Marchitez Vascular de Babaco.

Las pruebas *In Vitro* muestran claramente que a excepción del Rhapsody – compuesto a base de *B. subtilis* – todos los tratamientos probados fueron efectivos en el control de *F. oxysporum* en condiciones controladas de laboratorio.

Tanto los aceites esenciales de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) y cedrón (*Lippia citriodora*) demostraron tener una capacidad inhibitoria total ante *Fusarium oxysporum* a 30ul/ml, 10 ul/ml y 5 ul/ml de medio de cultivo, lo que los convierte en una herramienta con alto potencial para posteriores usos en el campo de protección de cultivos.

La técnica de microdilución de ELISA, utilizada para encontrar la concentración mínima inhibitoria (MIC), demostró tener grandes ventajas ante técnicas tradicionales como la de difusión en agar.

El Tilt (propiconazol) con el 0,31% v/v de su formulación comercial, fue el compuesto que presenta la concentración mínima inhibitoria (MIC) mas baja, en relación al resto de productos evaluados.

Los fungicidas químicos Bavistín (carbendazim) y Tilt (sportak) fueron los productos que alcanzaron un 100% de control durante la evaluación *In Vivo*.

El aceite esencial de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) fue el producto alternativo que mayor porcentaje de control alcanzó en condiciones *In Vivo*, con el 67%. Los otros productos alternativos – Rhapsody (*B. subtilis*) y aceite esencial de cedrón (*Lippia citriodora*) – alcanzaron un 33% de porcentaje de control ante *F. oxysporum*.

En la evaluación *In Vivo*, los aceites esenciales fueron los que mas retardaron la aparición del nivel 2 y 3 de sintomatología de acuerdo a la escala de la Marchitez Vasculare del Babaco.

El Sportak fue el compuesto que mas retrasó la aparición del nivel 5 de sintomatología de acuerdo a la escala de la Marchitez Vasculare del Babaco.

Los síntomas sobre el síndrome de amarillez como consecuencia de la Marchitez Vasculare del garbanzo provocado por *F. oxysporum*, coinciden con los de la Marchitez Vasculare del Babaco analizados en esta investigación, lo cual sugiere que la sintomatología podría ser generalizada para las patologías provocadas por este hongo.

Aunque en condiciones *In Vivo* el porcentaje de control de la MVB del aceite esencial de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) fue mayor al del cedrón (*Lippia citridora*), el tiempo para retardar el periodo entre los distintos niveles de sintomatología (N1-N2; N1-N3; N1-N5) fueron los mismos.

Ecuador, al ser un país megadiverso, posee una basta cantidad de especies vegetales y de las cuales se ha investigado la capacidad antimicrobiana de una mínima cantidad de estas, lo cual convierte al país en un lugar con potencial promisorio para la investigación y desarrollo de compuestos orgánicos como controladores biológicos ante enfermedades y plagas agrícolas.

La baja toxicidad para los mamíferos junto la inocuidad para el ambiente presentada por los compuestos derivados de las plantas, son las principales ventajas de los productos alternativos, los cuales se presentan como una herramienta de altísimo potencial para usos dentro del campo agrícola.

## RECOMENDACIONES

Determinar las principales patologías de los cultivos nativos mediante diagnósticos fitosanitarios sobre diferentes especies agrícolas de importancia para la región.

Evaluar otros productos alternativos para el combate de *Fusarium oxysporum*, patógeno del babaco.

Realizar aplicaciones de Bavistín (carbendazim) o Tilt (propiconazol) una vez presentado la sintomatología de Marchitez Vascular del Babaco, utilizando las dosis recomendadas por las respectivas casas comerciales.

Analizar mediante pruebas de invernadero la eficiencia del Bavistín o Tilt probando dosis inferiores a las mencionadas anteriormente; esto con el objetivo de reducir costos durante la producción de este frutal.

Capacitar a los productores en la prevención y combate de la fusariosis, con la finalidad de reducir pérdidas durante la producción de babaco.

Continuar generando tecnología para combatir plagas y enfermedades en cultivos de importancia para los habitantes de la región.

Debido a la diversidad florística del Ecuador, se debe evaluar otras especies vegetales a nivel de laboratorio e invernadero, las cuales podrían presentarse como una alternativa eficiente para el control de plagas y enfermedades en cultivos, y a la vez amigable con la naturaleza.

## BIBLIOGRAFÍA

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIOS, G. *Fitopatología*. Segunda edición. México D.F: Editorial Limusa, 1995. 838 p.

ALEXANDER, M. *Microbiología del suelo*. Trad. Juan José Peña. Segunda edición. México D.F: Ed. AGT, 1987. 491 p.

ALEXOPOULOS, C. *Introducción a la micología*. Segunda edición. Buenos Aires: EUDEBA, 1966. p 424-425.

ALTIERI, M. *Agroecología: bases científicas para una agricultura sustentable*. Cuarta edición. Montevideo: Editorial Nordan – Comunidad, 1999. 325 pp.

ARX, J. von. *The genera of fungi sporulating in pure culture*. First edition. Orlando: ISBS. 1974. 315 pp.

BADILLO, V. Caricaceae. En: HARLING, G., SPARRE, B. *Flora of Ecuador*. No. 20. Göteborg: Göteborg University, 1983. p 25-47.

BADILLO, V. Caricaceae: Segundo Esquema. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central*, 1993. Alcance 43. 111 p.

BADILLO, V. *Carica L. vs. Vasconcella St.-Hil. (Caricaceae) con la rehabilitación de este último*. *Ernstia*, 2000. 10(2): 74-79.

BAKKALI, F., AVERBECK, S., AVERBECK, D., IDAOMAR, M. 2008. Biological effects of essential oils – A review. *Food and Chemical Toxicology* 46: 446-475.

BARNETT, H., BARRY, B., HUNTER. 1972. *Illustrated genera of imperfect fungi*. Third edition. Minneapolis: United States of America Library. 239 p.

BARRERA, L., BAUTISTA, S., FLORES, H., ROJAS, A. Efficacy of essential oils on the conidial germination, growth of *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. and Sacc and control and control of Postharvest Diseases in Papaya (*Carica papaya* L.). *Plant Pathology Journal*, 2008. 1, p. 1-5.

BARRERA, L., GARCÍA, L. Actividad antifúngica de aceites esenciales y sus compuestos sobre el crecimiento de *Fusarium sp.* aislado de papaya (*Carica papaya*). *Rev. UDO Agrícola*, 2008. 1, p. 33-41.

BAUTISTA, S., HERNÁNDEZ, L., BARRERA, N. Antifungal screening of plants of the state of Morelos, México against four fungal postharvest pathogens of fruits and vegetables. *Rev. Mex. Fitopatol*, 2000. 18, p. 36-41.

BUSTAMANTE, A. *Actividad biocontroladora de aceites esenciales ante Antracnosis (Colletotrichum sp.) de tomate de árbol (Solanum betacea)*. Trabajo de graduación previo la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria. Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador. 2009

CABRERA, J. *Obtención de extractos vegetales con actividad biocontroladora ante hongos fitopatógenos*. Trabajo de graduación previo la obtención del título de Ingeniero Agropecuario. Universidad del Azuay. Cuenca. Ecuador. 2009.

CÁRDENAS, D., ZHIMNAY, A. *Selección de aceites esenciales con actividad antifúngica frente a hongos fitopatógenos*. Trabajo de graduación previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario. Universidad del Azuay. Cuenca. Ecuador. 2006.

COOK, R; BAKER, K. *The nature and practice of biological control of plant pathogens*. St. Paul, Minnesota: APS Press, 1983. 539 p.

CORONEL, J; PADRÓN, G. MINCHALA, L; LUCERO, H. GUAMÁN, M; ORDOÑEZ, P; JAPÓN, B; GARCÍA, L. *Diversificación y tecnificación de los sistemas de producción para la reducción de la pobreza, la degradación ambiental y la inseguridad alimentaria: Saraguro, Ecuador*. INIAP – CIP – CIMMYT – INIA. 2006. 16 p.

COSSIO, F. *Il Babaco*. ED. Bologna: Edizioni Calderini Edagricole. Italy. 1988. 60 p.

EDUARDO, R; HEBERT, T. *Métodos de investigación patológica*. San José, Costa Rica. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 1982. Pp 21-56. 142-186.

ELOFF, J. A sensitive and quick microplate method to determine the minimal inhibitory concentration of plant extracts for bacteria. *Planta Médica*, 1998. 64: 711 – 713.

FABARA, J; BERMEO, N; BARBERÁN, C. *Manual del cultivo del Babaco*. Quito: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. 1980. 80 p.

FERNÁNDEZ, M. *Introducción a la fitopatología*. Hongos y micoplasmas. Tercera edición. Buenos Aires: INTA. 1979. v 4, p. 424-426, 430-441.

FONSECA, G. *Diagnóstico de las enfermedades del babaco (Carica pentagona Heilb.) en Pichincha y Tungurahua*. Tesis Ing. Agr. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. Quito, Ecuador. 1999.

Fundación “Desde el Surco” y CFN. *Cincuenta cultivos de exportación no tradicionales*. Tercera edición. Quito: Fundación desde el Surco. 1997. 274 p.

GALLARDO, C. *Control químico y estudio de la diseminación de Fusarium oxysporum en huertos comerciales de babaco (Carica heilbornii nothovar pentagona) en los valles de Tumbaco y Los Chillos, Pichincha*. Tesis de grado previa

la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Central del Ecuador. Quito. Ecuador. 2004.

GARCÍA, J. *Situación actual y perspectivas de la agricultura orgánica en Latinoamérica*. Acta académica de la Universidad Autónoma de Centro América. Costa Rica. 2002.

GARY, W; LEASE, R. *Plant disease*. USA: University state. 1992. Vol 76. N° 5.

GEORGE, W. *Fundamentos de pesticidas*. Tercera edición. USA: University of Arizona. 1991. Pp 138-164.

GEORGE, W. *The pesticide book*. Cuarta edición. USA: University of Arizona. 1993. 312 p.

GROUPEMENT INTERNATIONAL DES ASOCIATIONS NATIONALES DE FABRICANTS DE PRODUITS AGROCHIMIQUES (GIANFPA). *Frac methods for monitoring fungicides resistance*. Leverkusen, Alemania. 1991. Pp 294 – 354.

GUERRERO, D; CASTRO, S. 1999. *El cultivo de babaco en Loja*. Universidad Nacional de Loja, Proyecto VLIR. 1999. 36 p.

HARMAN, J. Preliminary Studies on the Postharvest Physiology and Storage of Babaco Fruit (*C. × heilbornii* Badillo nm. *pentagona* (Heilborn) Badillo). *J. Agric. Res.* 1983. **26**: 237-243.

HEPLE, S. Vascular wilt fusaria; infection and pathogenesis. En NELSON, P; TOUSSOUN, T; COOK, R. *Fusarium, disease, biology and taxonomy*. Pennsylvania: The Pennsylvania State University Press. 1981. p 331-339.

HERNÁNDEZ A; BAUTISTA, S; VELÁSQUEZ, M. Prospectiva de extractos vegetales para controlar enfermedades postcosecha hortofrutícolas. *Rev. Fitotecnia Mexicana*. 2007. 30: 119-123.

HIDALGO, P; UBERA, J; SANTOS, J; LAFONT, F; CASTELANOS, C; PALOMINO, A; ROMAN, M. 2002. Essential oils in *Culamintha sylvatica*. Bromf. ssp. ascedens (Jordan) P.W. Ball wild and cultivated productions and antifungal activity. *J Essential Oils Res.* 2002. 14:68-71.

JORDAN, M; VELOZO, J. 1996. Improvement of somatic embryogenesis in Highland papaya Cell Suspensions. *Plant Cell Tiss. Org.* 1996. **44**: 189-194.

LEÓN, D. *Control químico del agente causal de la marchitez vascular (Fusarium oxysporum) en babaco (Carica pentagona Heilb)*. Tesis de grado previa la obtención del título de ingeniero agrónomo. Universidad Central del Ecuador. Quito. Ecuador. 1999.

LEÓN, J. *Botánica de cultivos tropicales*. Tercera Edición. San José, Costa Rica. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 2000. 445 p.

LINDQUIST, J. Clave para la determinación de los géneros de hongos fitopatógenos. *Rev. Facultad Agronomía Argentina.* 1967. 63 (1): 44 p.

LIZCANO, M. *Evaluación de la actividad antifúngica del extracto de tomillo (Thymus vulgaris) contra Botrytis cinerea, Fusarium oxysporum y Sclerotinia sclerotiorum*. Trabajo de grado previo la obtención del título de Microbióloga Agrícola y Veterinaria. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. 2007.

JIMÉNEZ, Y. ROMERO, J. *Colección, descripción y caracterización de Carica x heilbornii nm. pentagona B; C, pubescens L. y K; y C. stipulata B. en la provincia de Loja*. Tesis de grado previo la obtención del título de Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de Loja. Loja. Ecuador. 1998. 50 p.

MACHARDY, W; BECKMAN, C. Vascular wilt Fusaria: infection and pathogenesis. En NELSON, P; TOUSSOUN, T; COOK, R. *Fusarium, disease, biology and taxonomy*. Pennsylvania: The Pennsylvania State University Press. 1981. p. 365-390.

MAG – IICA. Identificación de mercados y tecnología para productos agrícolas no tradicionales de exportación: Babaco. MAG – IICA, Subprograma de Cooperación Técnica. Quito, Ecuador. 2001.

MANSHARDT, R Y WENSLAFF, T. Interspecific Hybridization of Papaya with other *Carica* species. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 1989. 114(4): 689-694.

MIHALIAK, C.; GERSHENZO, J; CROTEAU, R. Lack of rapid monoterpene turnover in rooted plants, implication for theories of plant chemical defense. *Oecología*. 1991. 87:373-376.

MONTES, R; CRUZ, C; MARTÍNEZ M; SANDOVAL, C; GARCÍA, L; ZILCH, D; BRAVO, L; BERMÚDEZ, T; FLORES M; CARVAJAL, M. Propiedades antifúngicas en plantas superiores. Análisis retrospectivo de investigaciones. *Rev. Mex. Fitopatol.* 2000. 18: 125-131.

NELSON, P; TOUSSOUN, T; COOK, R. *Fusarium*, disease, biology and taxonomy. Pennsylvania: The Pennsylvania State University Press. 1981. 457 p.

NRC (NATIONAL RESEARCH COUNCIL). *Lost crops of the Incas. Little known plants of the Andes with promise for worldwide cultivation.* Washington, DC: National Academy Press, 1989. 415 p.

OCHOA, J; FONSECA, G. *La Marchitez Vascular o fusariosis del Babaco: sintomatología, etiología, patogenicidad, diagnosis y su asociación con M. incognita en las provincias de Pichincha y Tungurahua.* En Seminario Nacional de Sanidad Vegetal, Memorias. Quito, Ecuador: Instituto Agropecuario Superior Andino. 1997. 8-15 p.

OCHOA, J; FONSECA, G. *Enfermedades del Babaco.* Memoria seminario frutícola cultivo del babaco bajo invernadero. INIAP. Quito, Ecuador. 1998. 8 p.

OCHOA, J; ELLIS, M. Componentes del manejo integrado de fusariosis o marchitez vascular de babaco en el Ecuador. *Revista Técnica Informativa INIAP*. 2002. 16: 16-18.

OCHOA, J; FONSECA, G; WILLIAMS, R; ELLIS, M. Interactions between *Fusarium oxysporum* and *Meloidogyne incognita*, causing Vascular Wilt of Highland Papayas in Ecuador. *Fitopatología*. 2003. Vol. 38, Nº 4: 170-175.

PRIMO, E; CARRASCO, J. Química agrícola II. Plaguicidas y fitoreguladores. Tercera edición. Ed. Alhambra. 1981. 639 p.

ROMERO, S. *Hongos fitopatógenos*. México. Universidad Autónoma de Chapingo. 1988. 25 p.

RUILOVA, A. *Determinación de la concentración inhibitoria mínima de aceites esenciales ante bacterias y hongos fitopatógenos*. Trabajo de graduación previo a la obtención del título de ingeniero agropecuario. Universidad del Azuay. Cuenca, Ecuador. 2007.

SANJINÉS, A; OLLGAARD, B; BALSLEV, H. *Frutos comestibles – Botánica Económica de los Andes Centrales*. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 329-346.

SARASOLA, A; ROCCA, M. 1975. *Fitopatología*. Curso moderno. Buenos Aires, Argentina: Ed. Hemisferio Sur. V.1. p. 23-45; V.2. p. 163-181.

SCHEINPFLUG, H; KUCK, K. Sterol biosynthesis inhibiting piperazine, pyridine y pyrimidine and azole fungicides. En Tongman Group UK. *Modern selective fungicides properties, applications, mechanism of action*. London, England. S.e. 1987. P 173-204.

SCHELDEMAN, X; ROMERO, J; VAN DAMME, V; HEYENS, V; VAN DAMME, P. 2003. Potential of highland papayas (*Vasconcella* spp.) in southern Ecuador. *Lyonia*. 2003. 5(1): 73-80.

SCIALABBA, N. Factors influencing organic agriculture policies with a focus on developing Countries. IFOAM. Basel. Switzerland. 2000.

SINGH, S; RAO, G; UPADYAYA, P. Fungitoxicity of essential oil of some aromatic plants against sugar cane pathogens. *Sugarcane*. 1998. 2: 14-17.

SINGH, J; TRIPATHI, NN. Inhibition de storage fungi of black gram (*Vigna mungo* L.) by some essential oils. *Flavour fragrance J*. 1999. 14:42-44.

SORIA, J. Estrategias de Conservación *In Situ* de Recursos Fitogenéticos en Ecuador Pp. 104-115. en: Castillo, R; Estrella, J; Tapia, C. *Técnicas para el Manejo y Uso de los Recursos Fitogenéticos*. INIAP. Quito, Ecuador. 1991. p. 104-115.

SORIA, N. Babaco, fruto con potencial en el Ecuador y el mundo. *Revista INIAP*. 1997. N° 9: 35 – 47.

SORIA, N; VITERI, P. Guía para el cultivo del babaco en el Ecuador. INIAP – COSUDE. Quito. Ecuador. 1999. 48 p.

TRAPERO A; JIMÉNEZ, R. Fungal wilt and root rot diseases of chickpea in Southern Spain. *Phytopathology*. 1985. 75:1146-1151.

VAN DEN EYNDEN, V; CUEVA, E; CABRERA, O. *Plantas silvestres comestibles del sur del Ecuador*. Ediciones Abya-Yala. Quito, Ecuador. 1999. 221p.

VAVILOV, N. 1960. *Estudio sobre el origen de las plantas cultivadas*. Buenos Aires: Ediciones ACME Agency S.R. Ltda., 1960. 185 p.

VEGA DE ROJAS, R; KITTO, S. Regeneration of Babaco (*Carica pentagona*) from Ovular Callus. *J. Amer. Soc. Hort. Sci*. 1991. 116(4): 747-752.

VIVAR, H.; BARRERA, V.; CORONEL, J.; LEÓN-VELARDE, C. Y DE LOS RÍOS, I. Investigación y desarrollo tecnológico promueven la reducción de la

extrema pobreza en las comunidades de Saraguro-Ecuador. INIAP-CIMMYT-CIP. 2008.

WILLER, H; YUSSEFI-MENZLER, M; SORENSEN, N. *The World of Organic Agriculture, Statistics and Emerging Trends*. IFOAM. Bonn, Germany and Research Institute of Organic Agriculture (FiBL). Frick. Switzerland. 2008. 276 p.

WILSON, C; SOLAR, J; EL GHAOUTH, A; WISNIEWSKI, N. Rapid evaluation of plant extracts and essential oils for antifungal activity against *Botrytis cinerea*. *Plant Disease*. 1997. 81:204-210.

### REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

Calderón, L; Estrada, A; Morales, J. Thurm, K; Dardón, D; Salguero, V. 1994. Evaluación de *Bacillus subtilis* en el control biológico de *F. oxysporum* en arveja china. Disponible en [www.icta.gob.gt/fpdf/recom\\_/hortalizas/Evalbacilus.pdf](http://www.icta.gob.gt/fpdf/recom_/hortalizas/Evalbacilus.pdf) con acceso al 20/10/2009.

CORPEI. 2006. Perfiles del producto: *Babaco*. Centro de Inteligencia Comercial. 37 p. Disponible en [http://200.110.94.59/productos\\_down/perfil\\_de\\_babaco\\_2005756.pdf](http://200.110.94.59/productos_down/perfil_de_babaco_2005756.pdf) con acceso al 20/11/2009.

MORTON, V; STAUF, T. A short history of fungicides. The American Phytopathological Society (APS). 2008. Disponible en [www.apsnet.org/online/feature/fungi/](http://www.apsnet.org/online/feature/fungi/) con acceso al 18/10/09.

## ANEXOS

**Anexo 1.** Cálculo del número de personas a encuestar, utilizando la fórmula de muestro proporcional.

$$M = \frac{N \times Z_{\alpha/2} \times p \times q}{e^2(N + Z^2_{\alpha/2} \times p \times q)}$$

$$M = \frac{71 \times 1,98 \times 0,8 \times 0,2}{0,01 (71 + 3,92 \times 0,8 \times 0,2)}$$

$$M = \frac{22,49}{0,716} = 31,41$$

**Anexo 2.** Encuesta efectuada para el diagnóstico de la situación fitosanitaria del babaco en las zonas productoras del sur del país.

### DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDADES DE BABACO

Provincia: Cantón:  
Parroquia: Localidad: Altitud:  
Nombre del Agricultor:  
Extensión sembrada de babaco: N° de plantas:  
N° de plantas afectadas por *Fusarium*:  
Cultivo Anterior: Fecha de encuesta:

#### Tema 1. Información general del babaco

##### Información cultivo

¿Cuántos años de experiencia tiene cultivo de babaco?

¿Qué cultivos tiene?

---

---

¿Cuál es más importante?

---

¿Cuántos tipos de babaco conoce?

---

---

¿Es productor de plantas o materiales de siembra? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

De donde provienen las plantas para la producción de estacas (sitio).....

¿Qué medidas toma para la producción de plantas?

1. ....(Estado de luna)
2. ....(maduración post corte)
3. ....(desinfección de la estaca)
4. ....(Riego)
5. ....(otras)
6. ....

¿Por qué toma estas medidas de manejo?

---

---

¿Quiénes compran sus plantas? (para quien o donde envía)

---



---

¿Cuales son las enfermedades más importantes del babaco?

**Problemas de plagas y enfermedades del babaco**

**Plagas**

| Nombre común | Nombre científico | Importancia para agricultor | Incidencia o severidad | Edad cultivo a la que ataca |
|--------------|-------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------------------|
|              |                   |                             |                        |                             |
|              |                   |                             |                        |                             |
|              |                   |                             |                        |                             |
|              |                   |                             |                        |                             |
|              |                   |                             |                        |                             |

**Enfermedades**

| Nombre común | Nombre científico | Importancia para agricultor | Incidencia o severidad | Edad cultivo a la que ataca |
|--------------|-------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------------------|
|              |                   |                             |                        |                             |
|              |                   |                             |                        |                             |
|              |                   |                             |                        |                             |
|              |                   |                             |                        |                             |
|              |                   |                             |                        |                             |

¿Sabe por qué se producen las enfermedades?

---



---

**Tema 2. Fusariosis**

**Acceso a las estacas**

¿Dónde consiguió las estacas? (para agricultores que no producen estacas)

---



---



---

¿Intercambia estacas con sus vecinos? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

¿Por qué?

---



---

¿Si intercambia estacas con otros agricultores se incrementan las plagas y enfermedades?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

¿Por qué?

---



---

¿Su vecino tiene las mismas enfermedades? Si \_\_\_\_\_ No: \_\_\_\_\_

¿Por qué?

---



---

¿Qué tratamiento da a las estacas?

---



---



---

¿Qué es *Fusarium*?

¿Cuánto de pérdida causa?

¿Cómo maneja *Fusarium*?

¿Cómo evita las enfermedades? (Prevención)

| Nombre común | Que hace |
|--------------|----------|
|              |          |
|              |          |
|              |          |
|              |          |
|              |          |

Observaciones de prevención

---



---



---

¿Cómo controla las enfermedades?

¿Qué hace?

---



---

Si Fungicidas. Entonces

| Nombre común | Nombre comercial | Dosis y frecuencia de aplicación | Costo | Para que enfermedad |
|--------------|------------------|----------------------------------|-------|---------------------|
|              |                  |                                  |       |                     |
|              |                  |                                  |       |                     |
|              |                  |                                  |       |                     |
|              |                  |                                  |       |                     |

¿Cómo cree que controlan los fungicidas a *Fusarium*?

Observaciones de control

---



---



---

Dificultades de control de *Fusarium*

¿Quién le enseñó a manejar la enfermedad?

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....

¿Cuál es la recomendación de control?

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....

### Tema 3: Enfermedades foliares

¿Como evita las enfermedades? (Prevención)

| Nombre común | Que hace |
|--------------|----------|
|              |          |
|              |          |
|              |          |
|              |          |

Observaciones de prevención

---



---

¿Cómo controla las enfermedades?

¿Qué hace?

---



---

Si Fungicidas. Entonces

| Nombre común | Nombre comercial | Dosis | Costo | Para que enfermedad |
|--------------|------------------|-------|-------|---------------------|
|              |                  |       |       |                     |
|              |                  |       |       |                     |
|              |                  |       |       |                     |
|              |                  |       |       |                     |

¿Cómo cree que controlan los fungicidas las enfermedades foliares?

Observaciones de control

---



---

**Dificultades de control de manchas foliares**

¿Quién le enseñó a manejar las enfermedades foliares?

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....

¿Cual es la recomendación de control?

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....

**Tema 4: Origen de la información y expectativas**

**Expectativas:**

¿Cómo debería ser una nueva variedad de babaco? (forma, tamaño, etc)

¿Cuál es la enfermedad más difícil de controlar?

¿Qué información necesita para mejorar la producción?

¿Toma precauciones para el uso de agroquímicos? Cuales

**Anexo 3.** Escala esquemática del progreso de sintomatología foliar de la “Marchitez Vascular del Babaco” (MVB).

| NIVEL | SINTOMATOLOGÍA  |
|-------|---|
| 0     | Planta sana   |
| 1     | Clorosis en la hoja inferior de la planta.                            |
| 2     | Clorosis del 25% del follaje.   |
| 3     | Clorosis del 50% del follaje. Defoliación moderada.                   |
| 4     | Clorosis del 75% del follaje  |
| 5     | Clorosis total (100%) del follaje. Defoliación severa.                |
| 7     | Necrosis inicial del ápice del tallo. Planta completamente defoliada. |
| 9     | Necrosis de más del 50% del tallo.                                    |

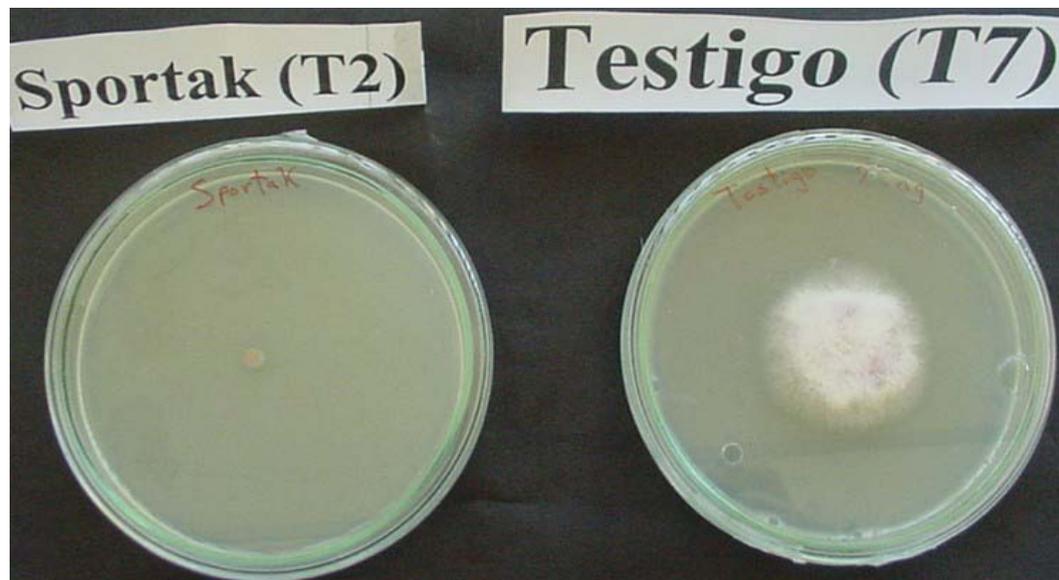
Fuente: Ochoa, J. Fonseca, G. La Marchitez Vascular o fusariosis del Babaco: sintomatología, etiología, patogenicidad, diagnosis y su asociación con *M. incognita* en las provincias de Pichincha y Tungurahua. 1997.

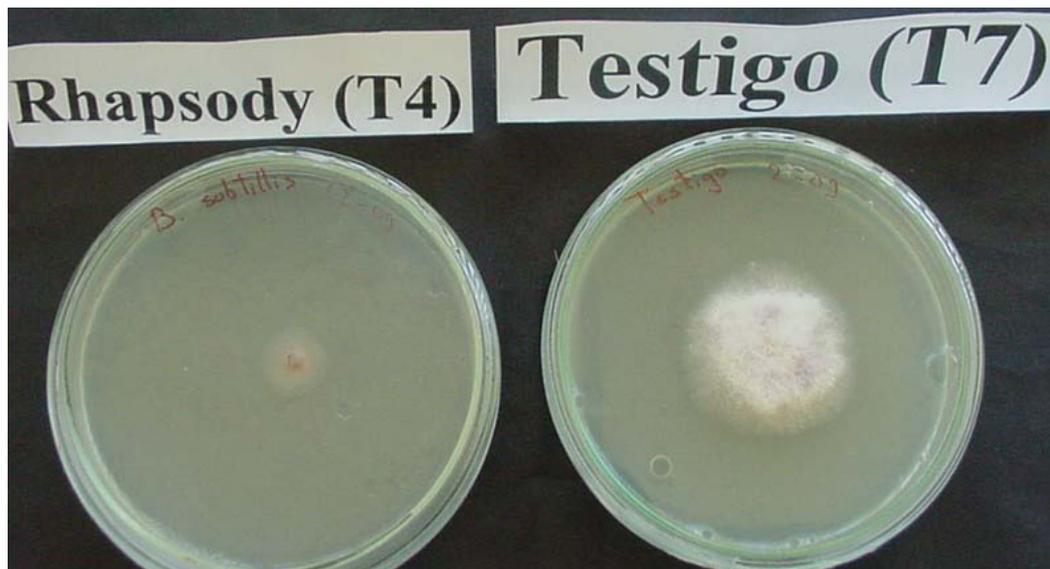
**Anexo 4.** Análisis de varianza para la variable crecimiento del micelio en el estudio entre fungicidas, luego de cinco días del repique de los discos miceliales.

|               | <b>GL</b> | <b>SC</b>     | <b>CM</b> | <b>F cal</b> | <b>Prob.</b> |
|---------------|-----------|---------------|-----------|--------------|--------------|
| <b>Entre</b>  | 6         | 12,380        | 2,063     | 884,317      | 0            |
| <b>Dentro</b> | 14        | 0,033         | 0,002     |              |              |
| <b>Total</b>  | 20        | 12,413        |           |              |              |
|               |           |               |           |              |              |
|               |           | C.V. = 3,26 % |           |              |              |

Fuente: Autor

**Anexo 5.** Comparaciones entre tratamientos durante la inhibición del crecimiento del micelio de *F. oxysporum*, en condiciones de laboratorio.







**Anexo 6.** Análisis de varianza para la variable crecimiento del micelio en el estudio entre fungicidas, luego de ocho días del repique de los discos miceliales.

|               | <b>GL</b> | <b>SC</b>    | <b>CM</b> | <b>F cal</b> | <b>Prob.</b> |
|---------------|-----------|--------------|-----------|--------------|--------------|
| <b>Entre</b>  | 6         | 22,187       | 3,698     | 293,032      | 0            |
| <b>Dentro</b> | 14        | 0,177        | 0,013     |              |              |
| <b>Total</b>  | 20        | 22,363       |           |              |              |
|               |           |              |           |              |              |
|               |           | C.V. = 6,81% |           |              |              |

Fuente: Autor

**Anexo 7.** Comparación gráfica de la variable porcentaje de control entre el mejor tratamiento en relación al testigo.

