

**FACULTAD DE AGRONOMÍA CARRERA
DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**USO DE *Trichoderma sp* PARA EL CONTROL DE ENFERMEDADES
FUNGOSAS FOLIARES EN HABA (*Vicia faba* L.) EN EL ALTIPLANO
NORTE, LA PAZ**

FREDY ALEJANDRO MAMANI ALVAREZ

La Paz – Bolivia

2007

**FACULTAD DE AGRONOMÍA CARRERA
DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**USO DE *Trichoderma sp* PARA EL CONTROL DE ENFERMEDADES
FUNGOSAS FOLIARES EN HABA (*Vicia faba L.*) EN EL ALTIPLANO
NORTE, LA PAZ**

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

Fredy Alejandro Mamani Alvarez

Tutor:

Ing. M.Sc. Mario Coca Morante

Asesor:

Ing. Agr. René Calatayud Valdez

Comité revisor:

Ph. D. David Cruz Choque

Ing. M.Sc. Celia Fernández Chávez

Ing. Agr. David Callisaya Gutiérrez

APROBADA

Presidente:

DEDICATORIA

A Dios Padre celestial por su amor y misericordia infinita.

A mis amados padres Francisco Mamani Abelo y Paulina Álvarez Ayllón, por su constante sacrificio amor y comprensión, por que me indujeron al camino de la superación.

A mis queridos tíos Víctor Mamani A. y Paulina Mamani A., son como segundos padres, por el apoyo incondicional, comprensión y fortalecimiento de mis debilidades.

AGRADECIMIENTO

Primeramente agradezco a Dios sobre todas las cosas, por la bendición de su inteligencia y sabiduría, gracias por ayudarme a culminar con este propósito.

A la Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, Carrera de Ingeniería Agronómica, por permitir mi formación profesional a través de sus planteles Docentes, Administrativos y Auxiliares de Docencia.

El autor de este trabajo agradece infinitamente a la Oficina Regional de Semilla de La Paz (ORS-LP), a su directora Ing. Agr. Heditt Foronda M. y a todos los integrantes de la institución, por el apoyo desinteresado, por la facilitación del Laboratorio para la investigación, con cuyo trabajo fue posible este documento.

Una mención especial a IRD "Institut de recherche pour le développement", de la Facultad de Agronomía de UMSA, cuyo aporte fue fundamental para la conclusión del presente trabajo. El agradecimiento muy especial a UPS Editorial, a su gerente general Manuel Morales Olivera y a todos sus integrantes, por el apoyo incondicional en todo el transcurso del estudio y la culminación exitosa de la tesis.

Un reconocimiento especial al Ing. M.Sc. Mario Coca Morante, docente de la Facultad de Agronomía de la Carrera Ingeniería Agronómica, por la sugerencia del tema de investigación y asesoramiento en el campo, laboratorio, contribución con las correcciones y sugerencias para la edición final al presente documento.

Agradezco al Ing. Agr. René Calatayud Valdez, por su colaboración permanente en asesorar a este trabajo en las correcciones del perfil y el documento final en el trabajo de tesis.

Agradecer la paciencia y la orientación para aportar juiciosamente con las correcciones y observaciones muy acertadas, por los miembros del comité revisor de la presente tesis Dr. David Cruz, Ing. M.sc. Celia Fernández Ch. y Ing. Agr. David Callisaya G.

A mis padres Francisco y Paulina; a mis abuelos Maria y Pablo; a mis tíos Víctor, Paulina; a mis hermanos Eliseo, Ros Mery y Julio, y a todos mis familiares por el apoyo incondicional al presente trabajo de investigación.

A nadie de intentar de olvidar un agradecimiento sincero y fraterno a todos mis amigos de estudio de la Facultad, quienes de una u otra forma colaboración con ideas y consejos para la conclusión satisfactoria del presente trabajo. A mis compañeros tesisistas a Zenobia Coro y Nilda Maldonado.

CONTENIDO GENERAL

| | |
|------------------------|------|
| Dedicatoria..... | i |
| Agradecimientos..... | ii |
| Contenido General..... | iii |
| Índice General..... | iii |
| Índice de Figuras..... | viii |
| Índice de Cuadros..... | ix |
| Índice de Fotos..... | x |
| Resumen..... | xii |

INDICE GENERAL

| | |
|---|----------|
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1 OBJETIVOS..... | 3 |
| 1.1.1 Objetivo General..... | 3 |
| 1.1.2 Objetivos específicos..... | 3 |
| 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA..... | 4 |
| 2.1 Origen del cultivo de haba..... | 4 |
| 2.2 Importancia del cultivo de haba..... | 4 |
| 2.3 Características del cultivo de haba..... | 5 |
| 2.3.1 Clasificación Taxonómica..... | 5 |
| 2.3.2 Características Botánicas..... | 5 |
| 2.3.3 Etapas fenológicas..... | 6 |
| 2.4 Variedades de haba..... | 6 |
| 2.5 Condiciones agroecológicas para el cultivo..... | 7 |
| 2.6 Preparación del terreno..... | 8 |
| 2.6.1 Elección del terreno..... | 8 |
| 2.6.2 Época de preparación..... | 8 |
| 2.7 Siembra y fertilización..... | 8 |
| 2.8 Labores culturales..... | 8 |
| 2.9 Cosecha..... | 8 |

| | |
|---|----|
| 2.10 Post Cosecha..... | 9 |
| 2.11 Rendimientos..... | 10 |
| 2.12 Costos de Producción..... | 10 |
| 2.13 Plagas y Enfermedades..... | 11 |
| 2.13.1 Insectos..... | 11 |
| 2.13.2 Enfermedades..... | 11 |
| 2.13.2.1 Principales enfermedades fungosas de manchas foliares..... | 12 |
| 2.13.2.1.1 Mancha Chocolate (<i>Botrytis fabae</i> Sard.)..... | 12 |
| 2.13.2.1.2 Mancha concéntrica, mancha negra (<i>Alternaria sp</i>)..... | 13 |
| 2.13.2.1.3 Antracnosis del haba (<i>Ascochyta fabae</i> Speg.)..... | 14 |
| 2.13.2.1.4 Roya (<i>Uromyces fabae</i>)..... | 16 |
| 2.13.2.1.5 Mancha foliar causada por <i>Phoma sp</i> | 17 |
| 2.13.2.1.6 Mancha foliar causada por <i>Leptosphaerulina</i> | 18 |
| 2.13.2.1.7 <i>Botrytis cinerea</i> | 18 |
| 2.13.2.2 Principales enfermedades fungosas radiculares..... | 20 |
| 2.14 La importancia de las enfermedades..... | 20 |
| 2.15 Factores que favorecen el desarrollo de las enfermedades..... | 20 |
| 2.16 Control Biológico..... | 22 |
| 2.17 Control biológico de enfermedades fungosas en haba..... | 23 |
| 2.18 Descripción del hongo antagónico de <i>Trichoderma sp</i> | 23 |
| 2.18.1 Clasificación Taxonómica de <i>Trichoderma sp</i> | 24 |
| 2.18.2 Biología de <i>Tichoderma sp</i> | 24 |
| 2.18.3 Mecanismos de Acción..... | 24 |
| 2.18.4 Control biológico de <i>Trichoderma</i> en diferentes ambientes agrícolas..... | 26 |
| 2.18.4.1 Control biológico de patógenos del suelo..... | 26 |
| 2.18.4.2 Control biológico de patógenos foliares..... | 27 |
| 2.19 Medición del crecimiento de microorganismos..... | 28 |
| 2.20 Cuento..... | 29 |
| 2.21 Análisis Estadístico..... | 29 |
| 2.21.1 Análisis de la Varianza..... | 29 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 2.21.2 | Coeficiente de Variación..... | 30 |
| 2.21.3 | Pruebas de Dunca, Tukey..... | 30 |
| 2.21.4 | Tratamiento, testigo, unidad experimental..... | 30 |
| 3. | MATERIALES Y METODOS..... | 31 |
| 3.1 | Localización..... | 31 |
| 3.1.1 | Ubicación Geográfica..... | 31 |
| 3.1.2 | Características Edafo-climatológicas..... | 32 |
| 3.1.3 | Vegetación..... | 32 |
| 3.2 | Materiales..... | 32 |
| 3.2.1 | Materiales de Laboratorio..... | 32 |
| 3.2.2 | Materiales de campo..... | 33 |
| 3.2.3 | Material genético..... | 33 |
| 3.2.4 | Insumos biológico y químico..... | 33 |
| 3.2.5 | Materiales de gabinete..... | 34 |
| 3.3 | Métodos..... | 34 |
| 3.3.1 | Trabajo en Laboratorio..... | 34 |
| 3.3.1.1 | Multiplicación de <i>Trichoderma sp.</i> | 34 |
| 3.3.1.2 | Medios de Cultivo: PDA (papa dextrosa agar) y HDA (haha dextroza agar)..... | 35 |
| 3.3.1.3 | Preparación de los medios cultivos..... | 35 |
| 3.3.1.4 | Identificación de las enfermedades fungosas foliares y del suelo..... | 35 |
| 3.3.1.4.1 | Enfermedades fungosas foliares..... | 35 |
| 3.3.1.4.2 | Enfermedades fungosas del suelo..... | 36 |
| 3.3.1.5 | Velocidad de crecimiento..... | 37 |
| 3.3.1.6 | Antagonismo..... | 38 |
| 3.3.1.7 | Parasitismo en el campo de <i>Trichoderma sp.</i> | 39 |
| 3.3.2 | Procedimiento experimental en campo..... | 39 |
| 3.3.2.1 | Preparación del terreno..... | 39 |
| 3.3.2.2 | Desinfección de la semilla..... | 40 |
| 3.3.2.3 | Siembra..... | 41 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 3.3.2.4 | Labores Culturales..... | 41 |
| 3.3.2.5 | Control de Insectos – plagas..... | 42 |
| 3.3.2.6 | La cosecha..... | 42 |
| 3.3.2.7 | Post cosecha..... | 43 |
| 3.3.2.8 | Aplicación de los tratamientos..... | 43 |
| 3.3.3 | Comportamiento epidemiológico de las enfermedades foliares..... | 45 |
| 3.3.3.1 | Incidencia..... | 45 |
| 3.3.3.2 | Severidad..... | 46 |
| 3.3.4 | Costos..... | 49 |
| 3.3.5 | Diseño Experimental..... | 50 |
| 3.3.5.1 | Modelo Aditivo Lineal..... | 50 |
| 3.3.5.2 | Croquis de Experimento..... | 50 |
| 3.3.5.3 | Características del campo experimental..... | 51 |
| 3.3.6 | Variables de Respuestas..... | 51 |
| 4. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 54 |
| 4.1 | Condiciones Meteorológicas..... | 54 |
| 4.2 | Identificación de las enfermedades fungosas foliares y del suelo..... | 55 |
| 4.2.1 | Enfermedades fungosas foliares..... | 55 |
| 4.2.1.1 | Mancha chocolate (<i>Botrytis fabae</i> S.) | 55 |
| 4.2.1.2 | Mancha negra o concéntrica (<i>Alternaria sp</i>)..... | 57 |
| 4.2.1.3 | Antracnosis (<i>Ascochyta fabae</i>)..... | 58 |
| 4.2.1.4 | Manchas foliares causado por <i>Phoma sp</i> | 59 |
| 4.2.1.5 | Mancha foliar ocasionado por <i>Leptosphaerulina sp</i> | 60 |
| 4.2.1.6 | Roya (<i>Uromyces fabae</i>)..... | 62 |
| 4.2.2 | Enfermedades fungosas del suelo..... | 63 |
| 4.2.2.1 | <i>Rhizoctonia sp</i> | 63 |
| 4.2.2.2 | <i>Fusarium sp</i> | 63 |
| 4.3 | Comportamiento Epidemiológico..... | 64 |
| 4.3.1 | Incidencia | 64 |
| 4.3.2 | Severidad..... | 65 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 4.4 | Variables de Respuestas..... | 66 |
| 4.4.1 | Número de ramas por planta..... | 66 |
| 4.4.2 | Número de ramas por vaina y planta..... | 68 |
| 4.4.3 | Número de granos por vaina..... | 69 |
| 4.4.4 | Altura de la planta (cm)..... | 71 |
| 4.4.5 | Rendimiento de vaina verde (kg/ha)..... | 73 |
| 4.4.6 | Rendimiento de grano seco (kg/ha)..... | 74 |
| 4.4.7 | Peso de 100 granos secos (granos)..... | 76 |
| 4.4.8 | Determinación de <i>Trichoderma sp</i> sobre los agentes causantes de manchas foliares..... | 79 |
| 4.4.9 | Correlación entre los variables | 81 |
| 4.5 | En laboratorio..... | 82 |
| 4.5.1 | Velocidad de crecimiento..... | 82 |
| 4.5.2 | Enfrentamiento de los hongos..... | 84 |
| 4.5.3 | Parasitismo en el campo de <i>Trichoderma sp</i> | 87 |
| 4.6 | Costos..... | 87 |
| 4.6.1 | Análisis económico de vaina verde..... | 87 |
| 4.6.2 | Análisis económico de grano seco..... | 88 |
| 5. | CONCLUSIONES..... | 90 |
| 6. | RECOMENDACIONES..... | 92 |
| 7. | BIBLIOGRAFIA..... | 93 |
| 8. | ANEXOS..... | 98 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Desarrollo de las enfermedades producidas por el moho gris <i>Botrytis sp.</i> ..19 | 19 |
| Figura 2. Fondo de una placa con las marcas realizadas para observaciones de crecimiento a, b, c y d son radios de medición.....28 | 28 |
| Figura 3. Rayado “Neubauer mejorado del hematocímetro Spencer (Cortesía de American Optical Co.) indicando las dimensiones de cada división.....29 | 29 |
| Figura 4. Mapa de ubicación del experimento.....31 | 31 |
| Figura 5. Datos Climáticos registrados durante el trabajo experimental en la localidad de Chirapaca, en el periodo agrícola de 2004/2005.....54 | 54 |
| Figura 6. Curvas de progreso de las manchas foliares, causados por enfermedades foliares, en el Altiplano Norte de La Paz.....64 | 64 |
| Figura 7. Curvas de progreso de grados de severidad de las mancha foliares, causados por enfermedades fungosas foliares, en el Altiplano Norte de La Paz.....65 | 65 |
| Figura 8. Número de vainas por rama y planta68 | 68 |
| Figura 9. Curva de velocidad de crecimiento en altura de planta por tratamiento....72 | 72 |
| Figura 10. Rendimiento de vaina verde (kg/ha).....73 | 73 |
| Figura 11. Rendimiento de grano seco (kg/ha)..... 75 | 75 |
| Figura 12. Peso de 100 granos secos (gramos).....77 | 77 |
| Figura 13. El comportamiento de presencia de <i>Trichoderma sp</i> sobre agentes causantes de manchas foliares.....80 | 80 |
| Figura 14. Curvas de velocidad de crecimiento en hongos fitopatógenos foliares y <i>Trichoderma sp</i> , en medio de cultivo de HDA.....83 | 83 |
| Figura 15. Curvas de velocidad de crecimiento en hongos fitopatógenos foliares y <i>Trichoderma sp</i> , en medio de cultivo de PDA.....83 | 83 |
| Figura 16. Curvas de velocidad de crecimiento en hongos fitopatógenos del suelo y <i>Trichoderma sp</i> , en medio de cultivo de HDA.....84 | 84 |
| Figura 17. Curvas de velocidad de crecimiento en hongos fitopatógenos del suelo y <i>Trichoderma sp</i> , en medio de cultivo de PDA.....84 | 84 |

INDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Clasificación de los calibres de exportación de haba seca..... | 10 |
| Cuadro 2. Rendimiento en vaina verde y grano seco..... | 10 |
| Cuadro 3. Rendimiento promedio de grano seco en Bolivia, La Paz..... | 10 |
| Cuadro 4. Precipitación de Estación Meteorológica de Chirapaca..... | 42 |
| Cuadro 5. Registro de datos de temperatura en la localidad de Chirapaca..... | 55 |
| Cuadro 6. Análisis de varianza para el número de ramas por planta..... | 67 |
| Cuadro 7. Promedio de número de ramas por planta, tratamiento y prueba de Tukey al (P 5%)..... | 67 |
| Cuadro 8. Análisis de varianza de número de vainas por rama y planta..... | 68 |
| Cuadro 9. Promedios de vainas por rama y planta por tratamiento y prueba de Tukey al (P 5%)..... | 69 |
| Cuadro 10. Análisis de varianza de número de granos por vaina..... | 70 |
| Cuadro 11. Promedios de número de granos por vaina y prueba de Duncan al (5%)..... | 70 |
| Cuadro 12. Análisis de varianza por altura de planta (cm) entre los tratamientos y bloques..... | 71 |
| Cuadro 13. Análisis de varianza en rendimiento de vaina verde..... | 73 |
| Cuadro 14. Promedios de rendimiento de vaina verde y la prueba de Tukey al (5%)..... | 74 |
| Cuadro 15. Análisis de varianza en rendimiento de grano seco..... | 75 |
| Cuadro 16. Promedio y pruebas de Tukey en el rendimiento de grano seco (kg/ha) | 76 |
| Cuadro 17. Análisis de varianza de 100 granos secos (gramo)..... | 77 |
| Cuadro 18. Promedios de peso de 100 granos secos (gramos) y la prueba de Duncan al (5%)..... | 78 |
| Cuadro 19. Clasificación de los calibres de granos secos según el peso..... | 78 |
| Cuadro 20. Correlación entre los variables..... | 82 |
| Cuadro 21. Análisis económico de vaina verde..... | 88 |
| Cuadro 22. Análisis económico de grano seco..... | 89 |

INDICE DE FOTOS

| | |
|---|----|
| Foto 1. Conidioforos y conidias de <i>Trichoderma sp</i> , 400X y 1000X..... | 33 |
| Foto 2. Observando en el estereoscopio las muestras recolectadas del campo experimental..... | 38 |
| Foto 3. Los medios de cultivos usados de PDA (papa dextrosa agar) y HDA (haba dextrosa agar)..... | 38 |
| Foto 4. En cámara flujo laminar sembrando el inóculo del hongo..... | 38 |
| Foto 5. La cámara de crecimiento de los hongos..... | 38 |
| Foto 6. Aplicando los tratamientos en la parcela experimental..... | 44 |
| Foto 7. Síntomas de la enfermedad de mancha chocolate en las hojas..... | 56 |
| Foto 8. Conidioforo y conidias de aislamiento <i>Botrytis fabae</i> en hoja, 400X..... | 56 |
| Foto 9. Síntomas en las hojas de la enfermedad mancha concéntrica o negra..... | 57 |
| Foto 10. Las conidias de <i>Alternaria sp</i> , 400X..... | 57 |
| Foto 11. Síntomas en vaina de la enfermedad de Antracnosis..... | 58 |
| Foto 12. La picnidia y las conidias de <i>Ascochyta fabae</i> . A. picnidia soltando cirro de conidias. B. las conidias..... | 58 |
| Foto 13. Síntomas en el foliolo de la hoja de la enfermedad causado por <i>Phoma</i> ...60 | 60 |
| Foto 14. Corte transversal de picnidia donde están las conidias de <i>Phoma sp</i> , 400X60 | 60 |
| Foto 15. Síntomas en el foliolo de la hoja, causado por <i>Leptosphaerulina sp</i>61 | 61 |
| Foto 16. Cuerpos fructíferos de periteca, ascas y ascosporas de <i>Leptosphaerulina sp</i>61 | 61 |
| Foto 17. Síntomas en las hojas de la enfermedad de la roya.....62 | 62 |
| Foto 18. Uredosporas de <i>Uromyces fabae</i> . 400 X.....62 | 62 |
| Foto 19. <i>Trichoderma sp</i> vs. <i>Botrytis fabae</i>86 | 86 |
| Foto 20. <i>Trichoderma sp</i> vs. <i>Alternaria sp</i>86 | 86 |
| Foto 21. <i>Trichoderma sp</i> vs. <i>Ascochyta fabae</i>86 | 86 |
| Foto 22. <i>Trichoderma sp</i> vs. <i>Phoma sp</i>86 | 86 |
| Foto 23. <i>Trichoderma sp</i> vs. <i>Fusarium sp</i>86 | 86 |
| Foto 24. <i>Trichoderma sp</i> vs. <i>Rhizoctonia sp</i>86 | 86 |

INDICE DE ANEXOS

- Anexo 1.** Registro de datos de incidencia expresado en porcentaje (%)
- Anexo 2.** Registro de datos de severidad expresado en porcentaje (%)
- Anexo 3.** Registro de datos de número de ramas
- Anexo 4.** Registro de datos de vainas por rama y planta
- Anexo 5.** Registro de datos de granos por vaina
- Anexo 6.** Registro de datos de altura de la planta (cm)
- Anexo 7.** Registro de datos de Rendimiento de vaina verde (kg/ha)
- Anexo 8.** Registro de datos de Rendimiento de grano seco (kg/ha)
- Anexo 9.** Registro de datos de Peso de 100 granos secos (gramos)
- Anexo 10.** Registro de datos de clasificación por calibre de grano seco
- Anexo 11.** Registro de datos de Velocidad de Crecimiento
- Anexo 12.** Registro de datos de Enfrentamiento de los hongos fitopatógenos vs. *Trichoderma sp*
- Anexo 13.** Análisis económico de vaina verde
- Anexo 14.** Análisis económico de grano seco
- Anexo 15.** El grado de avance de las manchas foliares fungosas en las hojas.
- Anexo 16.** Campo experimental del estudio, en el Altiplano Norte, La Paz
- Anexo 17.** Secado de los granos en las callchas en el campo abierto.

RESUMEN

Se estudió el efecto del uso de *Trichoderma sp* para el control de enfermedades fungosas foliares en haba. El presente trabajo fue realizado en la comunidad de Chirapaca, Provincia Los Andes, departamento La Paz – Bolivia. Con el objetivo de estudiar el uso de *Trichoderma sp*, el efecto en campo e in vitro, evaluar el grado de antagonismo y el costo del manejo del hongo con respecto a otros tratamientos.

Se empleó el diseño experimental Bloques Completamente al Azar, con 5 tratamientos y 4 repeticiones. La siembra se realizó con la densidad de 0.8 m entre surcos, 30 cm entre plantas, 10 m de largo y 4 surcos por unidad experimental. Los tratamientos fueron: T1 = testigo (H₂O); T2 = Semilla: (*Trichoderma sp*) y foliar: químico (Benlate y Camzeb), T3 = Semilla y foliar: químico (Benlate y Camzeb), T4 = foliar (*Trichoderma sp*) y T5 foliar: químico (Bravo 500 y Curathane). La semilla usada fue “Usnayo” (ecotipo local). El T2 y T3 fueron aplicados desde la semilla en la siembra, en follaje se aplicó a todos los tratamientos desde 69 a 180 días, con intervalo de 14 días.

El comportamiento epidemiológico de incidencia del T4 tuvo el efecto preventivo y en severidad el T1 alcanzó 40%, T4 y T5 con 25 %, mientras T2 y T3 por debajo de 13%. La principales manchas foliares identificados son la mancha chocolate causado por *Botrytis fabae*, antracnosis ocasionado por *Ascochyta fabae*, manchas concéntricas o negra causado por *Alternaria sp*, roya provocado por *Uromyces fabae*, otras como *Phoma sp* y *Leptosphaerulina sp*.

El uso de *Trichoderma sp* para el control de las enfermedades fungosas foliares es significativamente eficiente, como biocontrolador preventivo, pero depende de las condiciones de temperatura, humedad y otros. La velocidad de crecimiento y el enfrentamiento de los hongos fitopatógenos y el hongo antagónico *Trichoderma sp*, siempre ha llevado la ventaja el hongo antagónico en in vitro en el laboratorio.

Existió en los tratamientos el efecto en el rendimiento (variables de respuestas), el T4 fue superior al testigo y T5, inferior al T3 y T2 en el rendimiento. En el análisis económico para la producción de vaina verde y grano seco de los diferentes tratamientos, nos muestra que cubren los costos de producción, hasta que existe la rentabilidad en Beneficio/Costo. En comparación al T4, el testigo T1 y T5 son inferiores, mientras T2 y T3 son superiores en rentabilidad.

1. INTRODUCCIÓN

La agricultura en Bolivia, es una actividad importante para la alimentación humana, un aspecto fundamental que está relacionado con la producción y el crecimiento de la población donde hay un desequilibrio, en el mundo y en nuestro país.

En el altiplano boliviano se presenta una serie de riesgos que comprometen seriamente la disponibilidad de alimento y su acceso. El déficit proteínico en el Altiplano en los últimos años es bastante alarmante según el Ministerio de Salud, por que existe la demanda de alimentos de calidad y cantidad, para tener una buena salud humana.

El haba (*Vicia faba* L.) es uno de los cultivos de leguminosas de gran importancia en la región andina, ya que se constituye como una fuente básica de nutrientes y proteínas para los pobladores de la región, cuando su contenido de proteína alcanza a 24%, por lo que se denomina como la carne de los pobres.

Este cultivo es tolerante a bajas temperaturas del altiplano. Es una planta nitrificante de suelos y tiene su aporte en materia verde ofrece gran potencial como abono o forraje en la alimentación del ganado del altiplano principalmente durante la época seca. En las zonas altas es la segunda especie en importancia después de la papa.

El consumo per cápita en el haba, es también mayor en las zonas del valle (Cochabamba) con 26,2 kg/persona/año y el altiplano (La Paz) con 17.4 kg/persona/año, siendo mucho menor en la zona tropical (Santa Cruz) con 6,12 kg/persona/año, siendo el consumo de haba per capita en Bolivia de 1.9 Kg. (grano fresco y seco).

En los últimos años el haba de grano grande se ha convertido en un rubro de exportación, principalmente a los mercados exteriores de Asia y Europa y existe la posibilidad de comercializar en vaina verde en el mercado norteamericano, por ello cada año aumenta la demanda en los mercados internacionales.

El cultivo de haba, en el departamento de La Paz, se circunscribe al área circunlacustre del Lago Titicaca, zonas próximas del Altiplano (3500 - 4000 msnm) y Valles interandinos (2500 – 3200 msnm), pero la disponibilidad de tierras es muy

limitada. La característica agroecológica del Altiplano Norte de La Paz, favorece el cultivo de esta leguminosa, en particular de ciertos ecotipos locales.

El haba de la altura, tiene un buen precio debido al tamaño de los granos y su calidad, por lo que se busca cultivares de alto rendimiento que contribuya a un buen ingreso para el productor y su familia.

El problema actual más importante, son las enfermedades y las plagas del cultivo haba (*Vicia faba* L.), en las zonas tradicionalmente productoras del Altiplano de La Paz (área circunlacustre del lago Titicaca y Altiplano Norte), es un factor que disminuye en la calidad y cantidad de la producción de haba, ya sea en vaina verde ó grano seco.

Los ecotipos más cultivados de haba como “Gigante Copacabana” y “Usnayo” son afectadas por varias enfermedades fungosas foliares y del suelo, como por virus que baja su rendimiento y calidad. La principal enfermedad es la mancha chocolate o chocolatada, causada por *Botrytis fabae*, sin embargo existen otras enfermedades como mancha negra o concéntrica, antracnosis, roya y otros, que se presentan conjuntamente un complejo de manchas foliares causados por diferentes fitopatógenos. También existen enfermedades radiculares en el suelo causados por *Rhizoctonia sp*, *Fusarium sp* y otros.

Las perdidas que ocasionan las enfermedades foliares están entre 20 – 80 % en rendimiento que repercute en bajos ingresos para los agricultores y también en la calidad del producto. Para controlar las enfermedades, se usa fungicidas, siendo sus costos elevados, que causan daños al medio ambiente y la salud de las personas.

El desarrollo de una estrategia de manejo integrado de las enfermedades, como los factores culturales y biológicos, que nos permiten actualmente buscar la producción orgánica de este cultivo.

Existe el uso de biocontroladores en otros cultivos el mismo que no se ha aplicado al cultivo de haba, por lo que no existe ningún estudio al respecto, el presente trabajo se realiza con el objetivo de estudiar el efecto de uso del biocontrolador de “*Trichoderma sp*” para el control de enfermedades foliares fungosas, con respecto a los químicos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo General

Estudiar el uso de *Trichoderma sp* en el control de enfermedades fungosas foliares en haba (*Vicia faba* L.) en el Altiplano Norte, La Paz.

1.1.2 Objetivos Específicos

Determinar el efecto de *Trichoderma sp* en campo e in vitro en laboratorio sobre manchas foliares, causados por enfermedades fungosas.

Evaluar el grado de acción antagónica de *Trichoderma sp* en los agentes causantes de las manchas foliares fungosas.

Determinar el costo del manejo del hongo *Trichoderma sp* con relación a la rentabilidad del cultivo del haba.

2. REVISIÓN BLIOGRÁFICA

2.1 Origen del Cultivo de haba

Algunos especialistas consideran que la *Vicia faba Major* pudo ser originaria del Norte de África, mientras que la *Vicia faba Minor* del sur del Mar Negro, en Asia. Otros creen que su punto de origen fue el Lejano Oriente, desde donde se extendió a diversas partes, gracias al desarrollo de la cultura y sobre todo el comercio, por lo que su difusión se dio en cuatro direcciones, los cuales son: Europa, Norte de África y Europa, Río Nilo a Etiopía y de Mesopotamia hasta la India (Infoaserca 2004, citado por Choque 2005).

Según Infoaserca (2004), citado por Choque (2005), señala que la introducción a América posiblemente fue realizada a través de los españoles, aunque no hay evidencias de su cultivo por parte de los indígenas americanos en épocas precolombinas, lo que señala que esta leguminosa ha estado presente en nuestro continente por lo menos desde hace 500 años.

Con respecto a la diversidad genética del haba Crespo (1995), mencionado por Choque (2005), sostiene que a pesar de que su centro de origen se encuentra en los alrededores del Mediterráneo, un centro de diversificación interesante está ocurriendo en Los Andes.

2.2 Importancia del cultivo de haba

En la zona Andina de Bolivia, el cultivo de haba (*Vicia faba* L.) es el más importante entre las leguminosas; por su rol en los sistemas productivos agrícolas (rotación, abono verde, fijador de nitrógeno y otros); insumo alimenticio en ganado; fuente proteica en la alimentación de la familia productora; fuente de ingresos por su venta en mercados de consumo interno (haba verde y seca) y externo (haba seca); por lo que es un componente relevante en las estrategias de seguridad alimentaría campesina (Balderrama *et al.* 2001).

En la familia campesina boliviana, este cultivo es importante por su elevado contenido proteico para la alimentación 24% (Cardona, 2000).

2.3 Características del cultivo de haba

2.3.1 Clasificación taxonómica

La posición de las Leguminosas en el reino vegetal y se ilustra con el ejemplo de haba es la siguiente:

| | |
|---------------|---------------------|
| Subreino: | Embriobionta; |
| División: | Magnoliophyta; |
| Clase: | Magnoliopsida; |
| Subclase: | Rosidae; |
| Orden: | Fabales; |
| Familia: | Fabaceae; |
| Sub-familia: | Papilionoideae; |
| Tribu: | Vicieae; |
| Genero: | <i>Vicia</i> ; |
| Especie: | <i>Vicia faba</i> ; |
| Nombre común: | Haba. |

(Waaijenbergh, 1996).

2.3.2 Características Botánicas

El cultivo de haba según Orellana y de la Cadena (1985), citado por Meneses *et al.* (1996), es una planta anual de consistencia herbácea, erecta de tamaño variable (0.5 a 2 m de alto), de abundante follaje, cuya descripción botánica es lo siguiente:

La raíz es pivotante, profunda y penetrante, las raíces laterales muy desarrolladas, abundantes y fuertes.

El tallo es de color variable desde el verde al verde rojizo, erecto, de forma cuadrangular, hueco, sin vellosidades. Se ramifica en el cuello o la base, dependiente del cultivar, de la densidad de siembra, de la fertilidad del suelo y de las condiciones ecológicas, el número de ramificaciones puede variar de 4 a 8 ramas.

Las hojas son de color verde lisas, alternas, compuestas de primordios, paripinadas con dos a cuatro pares de folíolos glabros opuestos o alternados. Generalmente son anchas, elípticas o lineales, enteras o dentadas en el ápice y desprovistas de pubescencia.

Las flores se originan en las axilas de las hojas y son de color blanco ligeramente violáceo, con manchas negras sobre las alas; se agrupan en racimos cortos de 2 a 12 flores. La corola es dialipétala con cinco pétalos desiguales. La quilla o carga ligeramente coloreada, el cáliz glabro, de color pálido. La flor tiene 10 estambres, 9 de ellos soldados y sus filamentos forman un tubo que encierra el pistilo, el décimo estambre permanece libre (diadelfo).

El fruto es una vaina o legumbre alargada que se encuentra en disposición diversa y en número de uno a cinco por nudo, en estado tierno es carnosa de color verde. En la madurez comercial los frutos se vuelven coriáceos, negros y pubescentes. La longitud de vainas varía de 5 a 30 cm; siendo éstas rectas, algo curvadas, erguidas o pendientes, según el cultivar.

Las semillas son de forma diferente, según a la variedad botánica a la que pertenece, así tenemos en la variedad botánica *V. faba var. minor*, granos por tamaño pequeño cilíndricos; mientras que en *V. faba var. major* los granos son grandes aplastados, ovales, de superficie lisa; su longitud puede llegar a 4 cm, su color varía desde los tonos oscuros hasta los claros, como el verde, rojo, amarillo-crema, blanco y grisáceo. El número de semillas por vaina varía de 2 a 10 de acuerdo al cultivar.

2.3.3 Etapas fenológicas

Las fases fenológicas de haba (*Vicia faba*) son: emergencia, primera hoja compuesta, segunda hoja compuesta, macollamiento, formación de botones florales, inicio de floración en el tallo principal, formación de vainas, maduración de vaina y madurez fisiológica (Mattos, 2000).

Según Waaijenberg y Caro (2000), los cultivares de los valles, en general, son plantas pequeñas, con un ciclo corto de 4-5 meses y con 2-5 granos por vaina, mientras los de las alturas son plantas grandes, con ciclo de 5-8 meses y con 1-3 granos por vaina.

2.4 Variedades de haba

Crespo (1996), menciona que existen las variedades botánicas mayor, equina, minor y paucijuga. En Bolivia existen diferencias en la nominación de los ecotipos. Según la

zona de cultivo; los de grano grande se denominan habillas, estos corresponden a la variedad botánica *V. faba* variedad mayor y los de grano mediano (cultivadas principalmente en los valles interandinos) pertenecen a la variedad botánica *V. faba* variedad equina.

Menciona Coca-Morante (2005), las zonas tradicionalmente productoras del Altiplano de La Paz (área circunlacustre del lago Titikaka y Altiplano Norte 3820 a 3870 msnm), los ecotipos más cultivados de haba como “Gigante de Copacabana” y “Usnayo”.

En su reporte Herbas (1995), menciona que en las zonas altas del departamento de La Paz, las variedades son Gigante de Copacabana, Usnayo, Waca Jawasa y Criolla. En las alturas del departamento de Potosí las variedades más importantes son Habilla, Esquena y Criolla. En las cabezeras de valle de Chuquisaca, las variedades más cultivadas son Media Haba, Habilla y Criolla. En el departamento de Cochabamba se diferencian dos grupos de variedades, las que se cultivan en las alturas son Pairumani 4, Pairumani 5, Habilla y Criolla además de la líneas PLG 101 y PLG 201; en cambio, en los valles las variedades cultivadas son Camargo, Rosal, Francia, ecotipo Pantoja, ecotipo Cajamarca, Pairumani 1 y Pairumani 3. En Tarija, las variedades de altura son Habilla, Banana, Pairumani 5 y Criolla, las de valle son Banana, Bosta de buey y Criolla.

2.5 Condiciones Agroecológicas para el cultivo

El cultivo del haba (*Vicia faba* L.) en el departamento de La Paz, Bolivia, se circunscribe al área circunlacustre del lago Titikaka, zonas próximas del Altiplano 3820 msnm y Valles interandinos 2500 – 3200 msnm (Coca-Morante, 2004).

Para un buen desarrollo del cultivo de haba, se requiere de una provisión adecuada de agua, el cultivo está restringido particularmente a zonas húmedas cuya precipitación promedio es de 500 – 700 mm por año (Crespo, 1996).

Menciona Crespo (1996), el haba tolera muy bien diversos tipos de suelos, aunque prospera mejor en suelos sueltos y ricos en materia orgánica. Se adapta a un margen amplio de Ph entre 5 y 8, siendo el óptimo 6.5. El haba es una especie anual adaptada muy bien a los climas de regiones frías, templados y semitemplados con pluviosidad elevada (Meneses *et al.* 1996).

2.6 Preparación del terreno

2.6.1 Elección del terreno

Según Ramos (1996), el cultivo de haba prospera básicamente en suelos de textura franco a franco arcilloso, profundo y de buen drenaje.

2.6.2 Época de preparación

Puede iniciarse en los meses de julio y agosto requiriendo por lo general de una aradura de 25 a 30 cm de profundidad, seguida de un pase de rastra y un surcado; diez o doce días antes de siembra se vuelve a arar superficialmente (Ramírez, 1990).

2.7 Siembra y fertilización

Época de siembra: En zonas altas bajo riego siembra en junio, julio hasta mediados de agosto. En zonas bajas sin riego puede sembrar desde el mes de agosto hasta septiembre (ORS-LP *et al.* 2005).

Densidad de siembra: En caso de semilla certificada usar de 180 a 200 kg ó 4 a 4.5 quintales por hectárea. Sembrar entre surcos de 60 cm a 70 cm, entre plantas 25 cm a 30 cm, profundidad 7 cm a 12 cm y colocar una o dos semillas por golpe, según el tamaño del grano (ORS-LP *et al.* 2005).

2.8 Labores Culturales

Según ORS-P (2003), el cuidado del cultivo significa un mayor trabajo para mantener en las mejores condiciones a las plantas sobre muestra parcela. Se debe realizar diversas actividades conforme va desarrollando nuestro cultivo: riego, aporque, deshierbe, despunte, eliminación de plantas, fertilización.

2.9 Cosecha

Se cosecha: Las hojas y tallo de la base cambian de color en más del 70 por ciento de la población y las maduras de la base de tallos empiezan a caer, el grano de haba presenta el diente negro y las vainas cambian de color. Si se ha realizado la selección positiva, primero se cosecha las plantas marcadas y se hace secar en forma separada, se realiza el corte de los tallos o macollos a una altura de 5 a 10 cm desde

el suelo, se debe hacer parvas o gavillas para facilitar el recojo, amontonamos las gavillas en achicas, juth'us o eras (ORS-LP *et al.* 2005).

2.10 Post Cosecha

El secado viene después segado el cultivo, debe permanecer en el campo hasta completar el secado para permitir el trillado, para evitar daños por helada, se debe cubrir las parvas con paja de avena o de otro. La trilla permite separar el grano de la planta; el venteo y limpieza consiste en separar durante el trillado la paja gruesa, una vez separadas las vainas de los tallos y después del desgranado de las vainas en un 60%. Una vez realizado el desgranado total, con el venteado se logra separar los granos de la paja (ORS-LP *et al.* 2007).

La clasificación según la norma NB 31700 del Instituto Boliviano de Normas de Calidad (IBNORCA) para legumbres, hortalizas y habas secas, establece los requisitos que deben cumplir la producción y comercialización del grano seco de haba. La norma dispone que la clasificación por su peso considere un número de habas por onza, estableciendo los siguientes calibres:

- Calibre menor a 9 granos por onza Extra
- Calibre 9 a 11 granos por onza Primera
- Calibre 11 a 13 granos por onza Segunda
- Calibre 13 a 15 granos por onza Tercera
- Calibre 13 a 17 granos por onza Cuarta
- Calibre mayor a 17 granos por onza Quinta

También norma las condiciones de calidad en lo referido a: uniformidad, color, contenido de humedad, materias extrañas y sanidad (ORS-LP *et al.* 2005).

Las normas de calidad del haba de exportación se basan principalmente en el tamaño de los granos correlacionados con el peso, a lo cual se ha determinado calibre. En el cuadro se detalla las categorías respectivas:

Cuadro 1. Clasificación de los calibres de exportación de haba seca.

| Calidad (Calibre) | N° de granos por onza (28.7 gramos) | Peso del grano (gramos) |
|-------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| Extra | Menos de 9 | Mayor a 2.8 |
| Primera | 9 a 11 | 2.8 |
| Segunda | 11 a 13 | 2.3 |
| Tercera | 13 a 17 | 1.9 |
| Cuarta | 17 a 24 | 1.4 |

Fuente: IBTA-PNGL, 1996

2.11 Rendimientos

Rendimiento promedio en vaina y engrano seco de cultivares tradicionales y mejorados para zonas altas (gramos).

Cuadro 2. Rendimiento en vaina verde y grano seco.

| Tamaño de grano | Tradicionales | | Mejoradas | |
|-----------------|---------------|------------|-----------|------------|
| | Vaina | Grano seco | Vaina | Grano seco |
| Pequeño | 0.9 – 2 | 0.7 – 1 | - | - |
| Mediano | 1 – 3 | 0.8 – 1.5 | 2 – 6 | 1.2 – 3.0 |
| Grande | 1 – 5 | 1 – 2.5 | 2 – 8 | 1.2 – 4.5 |

Fuente: IBTA-PNGL, 1996

Cuadro 3. Rendimiento promedio de grano seco en Bolivia, La Paz.

| RENDIMIENTO (En Kilogramos / Hectárea) | | | | | | |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Año | 1999/00 | 2000/01 | 2001/02 | 2002/03 | 2003/04 | 2004/05 |
| BOLIVIA | 1.929 | 1.957 | 1.806 | 1.784 | 1.788 | 1.790 |
| LA PAZ | 1.834 | 1.829 | 1.680 | 1.668 | 1.700 | 1.684 |

Fuente: MACA, 2006

2.12 Costos de Producción

El término costo se entiende como el desembolso o gasto en dinero, que representa la compra de insumos que será utilizado en la producción de bienes en general o

servicios en particular. Una unidad económica dedicada a la producción agrícola o pecuaria, incide en costos, con el propósito de obtener ingresos. La utilidad o margen bruto de una organización agropecuaria, se refleja en la relación que existe entre los ingresos brutos y los costos de producción (Limachi, 2003).

Los costos de producción, son los gastos de dinero en efectivo y otros que realizamos durante la producción, desde que preparamos los terrenos hasta que vendemos nuestro producto final. Existen dos tipos de costo: Costos fijos y costos variables (BOLINVEST, 2005).

2.13 Plagas y Enfermedades

2.13.1 Insectos.

Según Catacora (2000), los insectos del haba en el Altiplano Norte de La Paz, son: Pulgones verde y negro (*Myzus persicae* y *Aphis fabae*), trips (*Frankliniella spp*), ticonas (*Feltia sp* y *Copitarsia sp*) y babosas (*Limex spp*).

Principales insectos plagas que atacan al haba en la zona andina de Bolivia son: gusanos cortadores *Agrotis ypsilon*, mosca minadora del tallo *Melanagromyza spp*, mosca minadora de la hoja *Liriomyza spp*, pulgón verde *Myzus persicae*, pulgón negro *Aphis fabae* y cigarrita verde *Empoasca spp*. (PNLG 1994, citado por Waaijenberg y Caro 2000).

2.13.2 Enfermedades

El Programa de Leguminosas de Grano del IBTA ha identificado que en el haba las principales enfermedades constituyen las virosis causadas por diferentes virus, mancha chocolate (*Botrytis fabae*), alternariosis *Alternaria alternata*, *Alternaria spp*, Roya *Uromyces fabae*, pudrición radicular *Fusarium spp*, *Rhizoctonia sp*, *Phytium sp* (IBTA-PNLG, 1996).

Las plantas de haba son afectadas por distintos tipos de virus. Estos se transmiten a través de semilla, uso de herramientas infectadas y sobre todo por insectos chupadores como los pulgones, cigarritas, trips, etc. Se manifiesta como enanismo en las plantas, necrosis, manchas como mosaicos y arrugamiento de las hojas, que llegan a deformarse al igual que las vainas (ORS-LP *et al.* 2005).

2.13.2.1 Principales enfermedades fungosas de manchas foliares

2.13.2.1.1 Mancha Chocolate (*Botrytis fabae* Sard.)

Es la principal enfermedad que afecta a las hojas, tallos, flores, vainas verdes y grano. La humedad es importante para el desarrollo de esta enfermedad. La fase no agresiva, se presenta desde la emergencia (Septiembre-Octubre) hasta la madurez del cultivo. Durante el desarrollo del cultivo, la humedad dentro de la canopia (follaje) crea un microclima ideal para el desarrollo de la enfermedad, por lo que es importante la densidad del cultivo (entre surco y sobre surco). Abundante crecimiento vegetativo, alta humedad y lluvias y suelos pesados, hacen más vulnerables para el desarrollo de la enfermedad (Coca-Morante, 2004).

Las condiciones óptimas favorables para que se presente la infección son: humedad relativa mayor al 80% y temperaturas de 18 a 20 °C (PROCIANDINO, 1990).

Taxonomía

Clasificación taxonómica de mancha chocolate.

| | | |
|--------------|---|-----------------------|
| Reino | : | Mycetae |
| División | : | Eumycota |
| Sub división | : | Deuteromycotina |
| Clase | : | Hyphomycetes |
| Orden | : | Moniliales |
| Familia | : | Moniliaceae |
| Género | : | <i>Botrytis</i> |
| Especies | : | <i>Botrytis fabae</i> |
| Hospedante | : | <i>Vicia faba</i> |

Fuente: (Cruz, 2001)

Etiología

La enfermedad que causa la mancha chocolate es *Botrytis fabae* S, este hongo produce abundante micelio gris, conidióforos largos y ramificados que portan racimos de conidias ovoides, unicelulares, hialinas, produciéndose a menudo esclerotios de color negro (PROCIANDINO, 1990).

Sintomatología

En las fases de desarrollo inicial del cultivo, la enfermedad se puede presentar en forma de manchas características de color chocolate sobre las hojas (fase no agresiva), posteriormente alcanza a los tallos, flores y vainas. En la fase agresiva de la enfermedad (floración, formación y maduración de vainas), las partes afectadas se ven como manchas necrosadas con abundante formación de una felpa de color gris marrón sobre la misma (Coca-Morante, 2004).

Control

Se basa en el manejo de algunos factores orientados a reducir la incidencia, es recomendable adoptar algunas de las siguientes medidas: Manejo de la densidad de siembra, en la distancia entre surco y sobre surco. Aplicación preventiva de fungicidas, es dependiente de la incidencia de mancha chocolate, resulta conveniente aplicar fungicidas en fase de pre-floración y en la frecuencia necesaria, los productos más recomendables de amplio espectro como el Clorotalonil y Mancozeb, entre 2 a 4 aplicaciones (Coca-Morante, 2004).

2.13.2.1.2 Mancha concéntrica, mancha negra (*Alternaria sp*)

La mancha concéntrica, causada por *Aternaria sp* tiene menor importancia relativa respecto de otras enfermedades. Se presenta en las fases de las ultimas floraciones y maduración de cultivo (enero – marzo). La alta humedad ambiental y la humedad que se forma entre la, favorecen su desarrollo (Coca-Morante, 2004).

Taxonomía

Clasificación taxonómica de la mancha negra.

| | |
|--------------|-------------------------------|
| Reino | : Mycetae |
| División | : Amastigomycota |
| Sub división | : Deuteromycotina |
| Clase | : Deuteromycetes |
| Orden | : Moniliales |
| Género | : <i>Alternaria</i> |
| Especies | : <i>Alternaria alternata</i> |
| Hospedante | : <i>Vicia faba</i> |

Fuente: (Agrios, 1996)

Etiología

La mancha concéntrica, causada por *Alternaria sp.* En cámara húmeda sobre las lesiones desarrollan abundante micelio blanquecino, lugar donde se desarrollan las conidias del hongo, estas conidias son de color marrón oscuro, presenta un pico ligeramente alargada (Coca- Morante, 2004).

Sintomatología

Afecta únicamente a las hojas foliares. Las manchas son características, con anillos concéntricos irregularmente formados sobre la lesión, en la mayoría de los casos son mejor vistos con la ayuda de una lupa o estereomicroscopio. Daños que causa es lesiones necróticas con anillos concéntricos al inicio de la infección (Zambrana y de Quitón 1995, citado por meneses *et al.* 1996).

Control

Manejo de la densidad de siembra, en la distancia entre surco y sobre surco. Aplicación preventiva de fungicidas, resulta conveniente aplicar en fase de floración y en la frecuencia necesaria, los productos más recomendables de amplio espectro como el Clorotalonil y Mancozeb, entre 2 a 4 aplicaciones (Coca-Morante, 2004).

2.13.2.1.3 Antracnosis del haba (*Ascochyta fabae* Speg.)

La antracnosis es una enfermedad de importancia mundial, por sus efectos destructivos en la producción de haba. Normalmente afecta hojas, tallos, vainas y granos. En Bolivia se reporta por primera vez en el Altiplano de La Paz, en zonas productoras de Copacabana, Achacachi y Chirapaca. La reducción del rendimiento por antracnosis en otros países productores, no se encuentra bien documentado, sin embargo se estima reducciones entre 13 a 20%. En condiciones del altiplano, la enfermedad se presenta con sintomatología típica en vainas, a partir del mes de febrero, asociado con otras enfermedades foliares. La enfermedad es reconocible en campo a partir del mes de febrero. Esta afecta principalmente a vainas y ligeramente hojas y tallos (Coca-Morante, 2005).

Taxonomía

Clasificación taxonómica de Antracnosis.

| | |
|--------------|--------------------------|
| Reino | : Mycetae |
| División | : Eumycota |
| Sub división | : Deuteromycotina |
| Clase | : Coelomycetes |
| Orden | : Sphaeropsidales |
| Familia | : Sphaeropsidaceae |
| Género | : <i>Ascochyta</i> |
| Especies | : <i>Ascochyta fabae</i> |

Fuente: (Cruz, 2001)

Etiología

El agente causal es *Ascochyta fabae* Speg., sus picnidias sobre las lesiones de las vainas son fácilmente visibles por ser prominentes y de color pardo oscuro. Presentan ostiolo y tiene pared delgada, vista al microscopio muestra una forma circular de borde oscuro y una parte central translúcida formada por la masa de conidias. Las conidias son hialinas, rectas o ligeramente curvadas, mayormente con una septa y otros con dos a tres septas (Coca-Morante, 2005).

Sintomatología

Los síntomas iniciales se presentan en las vainas de la primera floración (tercio inferior) a manera de lesiones irregulares, ligeramente hundidas y de color marrón oscuro a negrusco. Cuando estas lesiones coalescen las vainas quedan cubiertas de un manchón negro, que gradualmente ocasionan el secamiento de las vainas, antes de completar su madurez natural (PROCIANDINO, 1990).

Control

Es muy importante el control cultural, como pueden ser el uso de semilla sana, la rotación de cultivos y la eliminación de residuos de cosecha. El control genético es muy efectivo, siempre y cuando se usen variedades que sean tolerantes o resistentes a la enfermedad (PROCIANDINO, 1990).

Según Coca-Morante (2005), menciona que algunas medidas preventivas de manejo del cultivo, la densidad de siembra, tratamientos fitosanitarios preventivos de fungicidas Benomyl-Mancozeb.

2.13.2.1.4 Roya (*Uromyces fabae*)

Coca-Morante (2004), cita la roya es una enfermedad no muy conocida y aparentemente poco difundida en el Altiplano y área circunlacustre. Se presenta, generalmente, a partir de la última etapa de floración hasta la maduración del cultivo (enero – abril). Afecta únicamente a las hojas de las partes medias y basales de la planta (entre la canopia).

Taxonomía

Clasificación taxonómica de la roya

| | |
|--------------|-------------------------|
| Reino | : Mycetae |
| División | : Amastigomycota |
| Sub división | : Basidiomycotina |
| Clase | : Basidiomycetes |
| Orden | : Uredinales |
| Género | : <i>Uromyces</i> |
| Especies | : <i>Uromyces fabae</i> |
| Hospedante | : <i>Vicia faba</i> |

Fuente: (Agrios, 1996)

Etiología

El agente causal de la roya del haba ha sido identificado como *Uromyces fabae*. Las uredosporas muestran sus características típicas del género *Uromyces*. Las pústulas sobre las hojas conservan el estado uredial.

Sintomatología

Las hojas afectadas muestran severidad moderada y se presentan conjuntamente con otras manchas foliares, como la Mancha chocolate. Las pústulas son características de las royas, vistas como polvillos de color café marrón (conformadas por las masas de las uredosporas del hongo). Las pústulas se encuentran en el centro de un halo clorótico presentes en el haz y en el envés de las hojas En otros

casos dentro del halo se presentan varias pústulas dispuestas en círculos o irregularmente (Coca-Morante, 2004).

Roya ataca la parte aérea de la planta, aparece como puntos amarillentos y según madura el hongo se torna de color café, en los tallos las pústulas son alargados de color café marrón (ORS-P, 2003).

Control

Para controlar esta enfermedad se debe realizar la rotación de cultivo, uso de semilla de buena calidad, tratamiento de semilla, control de malezas y eliminación de rastrojos, dar buen distanciamiento entre plantas (FODUR *et al.* 2005).

Para el control químico de esta enfermedad, fueron probados varios fungicidas, como preventivo el Mancozeb fue el más eficaz (PROCIANDINO, 1990).

2.13.2.1.5 Mancha foliar causada por *Phoma* sp

Esta es una enfermedad que se encuentra afectando aisladamente a hojas y vainas en la fase de llenado de granos.

Taxonomía

Clasificación taxonómica de *Phoma*.

| | |
|--------------|--------------------|
| Reino | : Mycetae |
| División | : Eumycota |
| Sub división | : Deuteromycotina |
| Clase | : Coelomycetes |
| Orden | : Sphaeropsidales |
| Familia | : Sphaeropsidaceae |
| Género | : <i>Phoma</i> |
| Especies | : <i>Phoma</i> sp. |

Fuente: (Cruz, 2001)

Etiología

Sobre la parte central se encuentran las pequeñas picnidias del patógeno, que a simple vista son apenas visibles. Las picnidias tienen forma de globosa, presentan

ostiolos, son de color pardo claro y de tamaño pequeño. Dentro de Cada picnidia se encuentran una masa de conidias pequeñas, hialinas de forma elipsoidal (Coca-Morante, 2005).

Sintomatología

Los síntomas iniciales se presentan como pequeños puntos necróticos de color pardo oscuro sobre el haz y envés de las hojas medias y basales. Gradualmente las lesiones alcanzan tamaños hasta 5 mm, de forma circular a irregular, con bordes definidos de color pardo intenso y una parte central de color claro pajizo (Coca-Morante, 2005).

2.13.2.1.6 Mancha foliar causada por *Leptosphaerulina*

Esta enfermedad afecta principalmente hojas. Las lesiones inicialmente son puntos aislados de color marrón, que gradualmente adquieren formas circulares a irregulares, en algunos casos coalescen, presentan borde definidos de color marrón intenso y la parte central de color ceniza, donde se encuentran distribuidas las peritecas del patógeno (Coca-Morante, 2005).

2.13.2.1.7 *Botrytis cinerea*

Las enfermedades causadas por *Botrytis cinerea* quizá sean las más comunes y más ampliamente distribuidas de hortalizas, plantas ornamentales, frutales, etc. Estas enfermedades aparecen principalmente en forma de tizones de inflorescencias y pudriciones del fruto, pero también como chanchos o pudriciones del tallo, ahogamiento de las plántulas, manchas foliares y como pudriciones del tubérculo, como un bulbo y raíces. Bajo condiciones húmedas el hongo produce una capa fructífera conspicua de moho gris sobre los tejidos afectados (INFOAGRO, 2006).

Etiología

El patógeno *Botrytis cinerea*, produce gran cantidad de micelio gris y varios conidióforos largos y ramificados, cuyas células apicales redondeadas producen racimos de conidios ovoides, unicelulares, incoloros o de color gris. Los conidióforos y los racimos de conidios se semejan a un racimo de uvas. El hongo libera fácilmente sus conidios cuando el clima es húmedo y luego éstos son diseminados por el viento. El hongo a menudo produce esclerocios irregulares, planos, duros y de color negro (INFOAGRO, 2006).

Sintomatología

Botrytis cinerea es un saprofito nato capaz de provocar grandes daños en numerosos cultivos. Cuando los días son cortos, la luminosidad escasa y las temperaturas son del orden de 15-20° C, las plantas pueden sufrir graves daños. *Botrytis cinerea* precisa de bases nutritivas formadas por hojas senescentes, flores no fecundadas, heridas o muñones de hojas resultantes de las podas, es decir materia orgánica muerta, para poder iniciar la invasión de las partes vivas de la planta (Agrios, 1996).

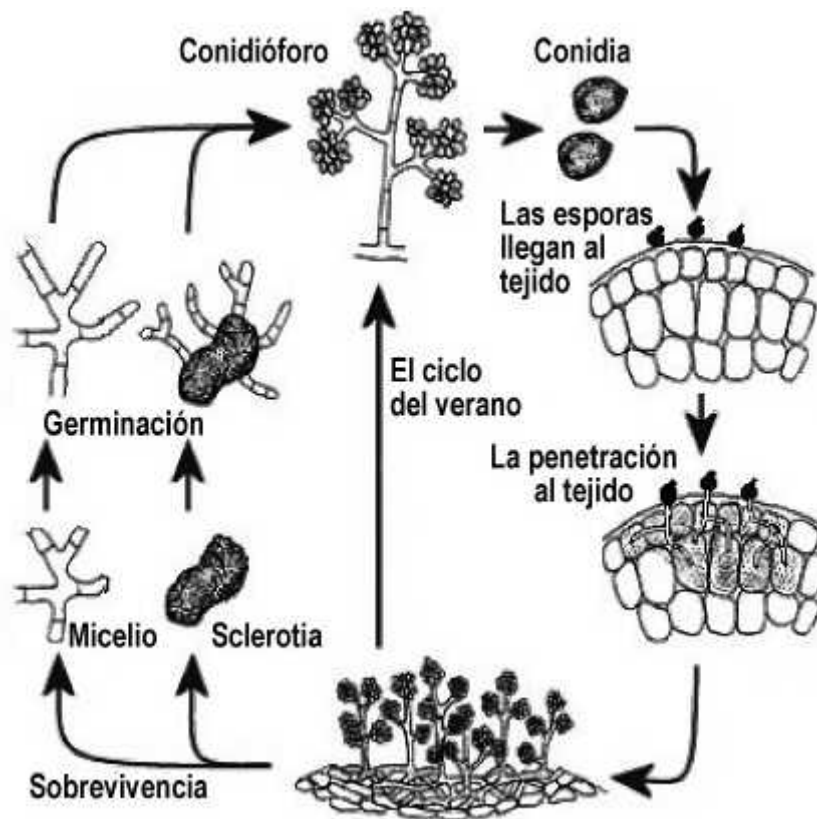


Figura 1. Desarrollo de las enfermedades producidas por el mohogris *Botrytis sp.*

Control

Métodos preventivos y prácticas culturales, es importante evitar las siembras demasiado densas en condiciones de baja luminosidad, desinfección de semillas, la solarización es efectiva para el control de esclerocios, es fundamental la retirada de restos de cultivo y plantas afectadas por la enfermedad. El control biológico con

diversos hongos (*Trichoderma spp.*, *Coniothyrium spp.*, *Gliocladium p.*, *Mucor spp.*, *Penicillium spp.*, *Verticillium spp.*), bacterias y nematodos como antagonistas de *B. cinerea*, como los más importantes en los cultivos hortícola. Control químico se basa en el empleo de fungicidas, como el difolatán, dyrene, maneb-zinc, maneb o el clorotalonilo. (INFOAGRO, 2006)

2.13.2.2 Principales enfermedades fungosas radiculares

M. de Quitón (1995), indica que pudriciones radiculares (complejo patológico: *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani*, *Phytlum spp.*), afectan la función de la fotosíntesis. Los daños que causa es necrosis superficial en base del tallo, coloración rojiza en las raíces. Haz vascular necrosado, marchitez y muerte.

2.14 La importancia de las enfermedades

Según Heredia (1996), las pérdidas que ocasionan las enfermedades foliares están entre 20 – 80 % en rendimiento que repercute en bajos ingresos para los agricultores y también en la calidad del producto. Las enfermedades en el cultivo de haba son numerosas, para cada uno existe un límite permisible de daño, si se pasa del límite existe la pérdida económica en la producción (JICA, 2006).

La intensificación del cultivo de ecotipos en las condiciones de los microclimas de las zonas circunlacustres, ha ocasionado que el cultivo se encuentra afectado por enfermedades foliares que disminuyen la cantidad y calidad de la producción de haba en vaina verde y grano seco (Coca- Morante, 2004).

2.15 Factores que favorecen el desarrollo de las enfermedades

Para que una enfermedad se produzca y desarrolle óptimamente, debe haber una combinación de tres factores: una planta susceptible, un patógeno infeccioso y un medio favorable. Los factores del medio ambiente que afectan mayormente el inicio y desarrollo de las enfermedades infecciosas de las plantas son la temperatura, la humedad, la luz, los nutrientes y el pH del suelo (Agrios, 1996).

a) Temperatura

Las plantas y los patógenos requieren de ciertas temperaturas mínimas para poder desarrollarse y efectuar sus actividades. El efecto de la temperatura sobre el

desarrollo de una determinada enfermedad después de haberse producido la infección, depende de la relación particular que se establezca entre el patógeno y su hospedante. El desarrollo más rápido de una enfermedad, o sea, el tiempo más breve que se requiere para que concluya el ciclo de una enfermedad, habitualmente se produce cuando la temperatura es óptima para el desarrollo del patógeno, y cuando se encuentra por arriba o por bajo de ese óptimo para el desarrollo del hospedante (Agrios, 1996).

b) Humedad

Menciona Agrios (1996), la humedad al igual que la temperatura, influye sobre el inicio y desarrollo de las enfermedades infecciosas de las plantas a través de varios mecanismos interrelacionados. Puede presentarse en forma de lluvia o agua de riego sobre la superficie de la planta o en torno a las raíces de ésta, como humedad relativa en la atmósfera y como rocío. El efecto más importante de la humedad al parecer se centra sobre la germinación de las esporas de los hongos y sobre la penetración del tubo germinativo en el hospedante. La humedad en forma de salpicadura de lluvia y agua corriente tiene también una importante función sobre la distribución y diseminación de muchos de esos patógenos sobre la misma planta o de una planta a otra.

c) Luz

La influencia de la luz sobre el desarrollo de las enfermedades, en particular en condiciones naturales, tiene una importancia mucho menor, que tienen la temperatura o la humedad, aunque se conocen varias enfermedades en las que la intensidad y la duración de la luz pueden aumentar o disminuir la susceptibilidad de las plantas ante las infecciones y también la severidad de las enfermedades (Agrios, 1996).

d) Nutrición

La nutrición afecta la velocidad de crecimiento y la rapidez de las plantas para defenderse del ataque por los patógenos. En general, las plantas que reciben una nutrición equilibrada, en la que los elementos requeridos se abastecen en cantidades adecuadas, tienen una mayor capacidad para protegerse de nuevas infecciones y

limitar las ya existentes, que cuando uno o más nutrientes se obtienen en cantidades excesivas o deficientes (Agrios, 1996).

d) Viento

Según Agrios (1996), menciona, el viento influye sobre las enfermedades infecciosas de las plantas principalmente por la importancia de la diseminación de los fitopatógenos y, en menor grado, debido a la rápida desecación que produce que produce sobre las superficies húmedas de las plantas.

2.16 Control Biológico

El control biológico de plagas y enfermedades tiene como elemento fundamental el uso de antagonistas naturales para regular las poblaciones de los organismos que en determinado momento se encuentran causando algún tipo de perjuicio a nuestros cultivos. Las investigaciones realizadas han conseguido identificar una gran cantidad de microorganismos que a través de diversos mecanismos ejercen un control natural sobre las poblaciones de insectos, hongos u otros agentes fitoparásitos; así tenemos: depredadores, parasitoides, entomopatógenos y micoparasiticos (PROBIOMA, 2004).

Los agentes de control biológico pueden funcionar a través de varios modos de acción como: la antibiosis, el micoparasitismo, la competencia, y la hipovirulencia. Es de primordial importancia conocer la proporción y temporalidad de cada modo de acción que pueda llevarse a cabo. Este tipo de información puede obtenerse de estudios *in vitro* o usando plantas crecidas bajo condiciones gnotóbicas, donde la actividad potencial de estos agentes puede ser valorada (BIOCONTROL, 2002).

Existe un grupo importante de hongos y bacterias que presentan efectos antagónicos con otros microorganismos y esta acción puede ser aprovechada como una forma de control biológico de patógenos vegetales. Entre los microorganismos más importantes se encuentran las bacterias de los géneros *Fusarium*, *Pseudomonas* y *Bacillus* y hongos de los géneros *Gliocladium* y *Trichoderma*. Este último es el más utilizado para el control de un grupo importante de patógenos del suelo. El efecto principal de *Trichoderma* es por hiperparasitismo, aunque algunas especies y cepas pueden producir metabolitos bioactivos que incrementan su acción. Además algunos aislamientos controlan nematodos (Fernández- Larrea, 2001).

2.17 Control biológico de enfermedades fungosas en haba

Se está controlando la mancha chocolate (*Botrytis fabae*) con tratamiento de *Trichoderma viride* y Glotropeolina, con dosis de 10^6 UFC / ml y 3ml / lt. La enfermedad de alternaria causado por *Alternaria fabae* y *Alternaria solani*, se va controlando con *Candida oleophila* y *Aureobasidium pullulans*, con la dosis de 10^7 UFC / ml y 10^6 UFC / ml. La enfermedad de Roya ocasionado por el hongo *Uromyces fabae*, se controla con *Verticillium lecanii* y Felandreno-Flavona, con dosis de 10^5 UFC / ml y 3 – 4 ml /lt. Para muerte descendente causado por *Fusarium oxysporum* se aplica *Enterobacter sp* a una dosis de 10^7 UFC / ml (Falconi - Borja, 2001).

2.18 Descripción del hongo antagónico *Trichoderma sp*

La versatilidad, adaptabilidad y fácil manipulación de los hongos del género *Trichoderma* ha permitido su uso en el control biológico. *Trichoderma spp* producen tres tipos de propágulos: hifas, clamidosporas y conidias, estas son activas contra fitopatógenos en diferentes fases del ciclo de vida, desde la germinación de las esporas hasta la esporulación (Orietta Fernandez- Larrea, 2001).

El parasitismo puede ocurrir mediante la penetración, engrosamiento de las hifas, producción de haustorios y desorganización del contenido celular. La competencia por el espacio y los nutrimentos es más favorable, principalmente para los hongos que se desarrollan en la superficie de las hojas antes de efectuar la penetración, no actuando sobre aquellos que penetran rápidamente. En algunos casos *Trichoderma* actúa sobre algunos patógenos debido a su capacidad de colonizar rápidamente el follaje; también puede colonizar extensivamente una superficie foliar intacta (Fernandez- Larrea, 2001)

Trichoderma spp tiene diversas ventajas como agente de control biológico, pues posee un rápido crecimiento y desarrollo, produce una gran cantidad de enzimas, inducibles con la presencia de hongos fitopatógenos. Su gran tolerancia a condiciones ambientales extremas y a hábitats donde los hongos causan enfermedad le permiten ser eficiente agente de control, de igual forma puede sobrevivir en medios con contenidos significativos de pesticidas y otros químicos (Tronsmo y Hhjelijord 1998, mencionado por BIOCONTROL 2002).

Ataca patógenos de la raíz (*Pythium*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*) y del follaje (*Botritis* y *Mildew*) antes que puedan ser los detectados y evita el ataque de (*Phytophthora*). Varios estudios demuestran que *Trichoderma* estimula el crecimiento de los cultivos porque posee metabolitos que promueven los procesos de desarrollo en las plantas (BIOCONTROL, 2002).

2.18.1 Clasificación Taxonomía de *Trichoderma sp*

Según Noyd (2000), *Trichoderma spp* pertenece a la siguiente clasificación:

División: Deuteromycota
 Clase: Hyphomycetes
 Orden: Moniales
 Familia: *Monialiaceae*
 Genero: *Trichoderma*
 Especies: *T. harzianum*, *T. lignorum*, *T. viridae*, *T. koningii*, *T. polysporum*,
T. pseudokoningi, *T. saturnisporum*, *T. album*, *T. flavus*, *T. glaucum*, y otro

2.18.2 Biología de *Trichoderma sp*

Género agrupa a 33 especies, el hongo se identifica como una mota de color verde habitante natural del suelo. Visto al microscopio parece un árbol pequeño, que produce esporas o conidias asexuales, las cuales son similares a semillas, que aseguran la sobrevivencia del hongo en la próxima generación, y lo que da la apariencia de mota son ramificaciones del cuerpo del hongo llamado micelio compuesto por hifas. *Trichoderma spp* produce en el micelio, unos ensanchamientos, que luego toman forma globosa u ovoide llamadas clamidosporas, las cuales son bastante tolerantes a condiciones ambientales adversas y son consideradas estructuras de sobrevivencia, ya que pueden perdurar a través del tiempo (Esposita y Da-Silva, 1998; Harman, 2001; Papavizas, 1985, citado por BIOCONTROL 2002).

2.18.3 Mecanismos de Acción

Se han descrito varios mecanismos de acción de los antagonistas para controlar el desarrollo de patógenos. Algunos de estos son antibiosis, competencia por espacio o por nutrientes, interacciones directas con el patógeno (micoparasitismo y lisis enzimática) e inducción de resistencia (Fernandez - Larrea, 2001).

Harman (2001), mencionado por BIOCONTROL (2002), reporta varios mecanismos demostrados recientemente, con los cuales *Trichoderma* actúa como biocontrolador y como colonizador de las raíces, como son:

- Micoparasitismo.
- Antibiosis.
- Competición por nutrientes y espacio.
- Desactivación de las enzimas de los patógenos.
- Tolerancia al estrés por parte de la planta, al ayudar al desarrollo del sistema radicular.
- Solubilización y absorción de nutrientes inorgánicos.
- Resistencia inducida.

De estos, los primeros cuatro mecanismos mencionados tienen acción hongo fitopatógeno, los otros son indirectos, ya que su acción es elicitar o impulsar mecanismos de defensa fisiológicos y bioquímicos de la planta.

1. Micoparasitismo.

El Micoparasitismo es el fenómeno por el cual un hongo coloniza a otro, cubriendo una gran cantidad de eventos en este tipo de interacción.

En el micoparasitismo son varias las enzimas producidas por *T. harzianum* capaces de hidrolizar las paredes celulares de numerosos hongos. Estas enzimas incluyen endoquitinasas, proteasas, exoglucan-b-1,3 glucosidasas, endoglucan-b-1,6 glucosidasas, etc. Estas enzimas son inducidas por los diferentes polímeros componentes de la pared de distintas estructuras de los hongos diana u objetivo.

Este proceso puede ser dividido en cuatro sucesos principales:

Crecimiento quimiotrófico: Donde exudados del patógeno atraen a *Trichoderma spp.*

Reconocimiento: Algunos aislamientos de *Trichoderma spp.* Son específicos a algunos fitopatógenos, y es en esta etapa donde el fenómeno de especificidad de ataque se define. Esta etapa es mediada por lecitinas.

Adhesión: una vez *Trichoderma spp* ha reconocido al patógeno lo envuelve y se adhiere a las hifas cubriéndolo totalmente.

Degradación: el paso final es la degradación de la pared celular del hongo fitopatógeno por medio de la producción de enzimas como proteasas y endohidrolasas. Según Tronsmo y Hhjeljord (1998), citado por BIOCONTROL (2002), en el micoparasitismo es fundamental la producción de enzimas que puedan degradar al patógeno. Diversos estudios se han realizado en enzimas tales como quitinasas, glucanasas, quitobiosidasas, hidrolasas, proteasas, etc., su actividad sobre la germinación de esporas y todos los estados de vida de los patógenos y se ha encontrado una clara correlación entre la producción de enzimas y la actividad antifungal.

2. Antibiosis:

Muchos microorganismos tienen la capacidad de producir antibióticos en cultivos puros, lo cual es la más fuerte evidencia de la posible acción de este tipo de compuestos como mecanismo de ataque de *Trichoderma spp* bajo condiciones de campo. No obstante para este hongo en particular la producción de metabolitos está fuertemente ligada a la producción de enzimas propias del proceso de micoparasitismo (Tronsmo y Hhjeljord 1998, citado por BIOCONTROL 2002).

3. Competencia:

Esta ocurre cuando dos o más organismos demandan un mismo recurso vital. La competencia entre agentes de control biológico y el fitopatógeno puede resultar en control biológico por aniquilación de la población perjudicial, y puede darse favor de *Trichoderma spp*. Debido a su alta frecuencia de crecimiento y desarrollo (Tronsmo y Hhjeljord, 1998 mencionado por BIOCONTROL 2002).

2.18.4 Control biológico de *Trichoderma* en diferentes ambientes agrícolas

2.18.4.1 Control Biológico de patógenos del suelo

Trichoderma spp se utiliza frecuentemente para el control de patógenos radiculares en enmiendas orgánicas, gránulos, polvos mojables o como cobertura de semillas. Este tipo de formulaciones son realizadas con aislamientos de *Trichoderma spp* llamados competentes, los cuales son capaces de colonizar totalmente las raíces del cultivo en particular (BIOCONTROL, 2002).

2.18.4.2 Control biológico de patógenos foliares.

Awad (1993), definió las siguientes condicionantes para que un organismo sea utilizado como controlador biológico de enfermedades fungosas:

- 1) **Eficaz:** Requiere alcanzar un grado de control a lo menos similar al obtenido con productos químicos, es decir, superior al 90%.
- 2) **Inofensivo:** Tanto para el hombre como para el organismo vegetal en que se aplica.
- 3) **Estable:** Que pueda conservar su actividad biológica a temperatura ambiente por el tiempo necesario hasta que sea utilizado.
- 4) **Concentrado:** Que contenga a lo menos 10^{10} conidias de *T. harzianum* por gramo de materia seca de formulación, con el fin de utilizar entre 1 a 10 kilos de producto por hectárea tratada.
- 5) **Asperjable:** Que pueda ser aplicado sobre el organismo vegetal con métodos tradicionales de aplicación de productos químicos. Para ello el producto debe tener un diámetro de partícula inferior a los 150 μm .

Las superficies de hojas, flores y frutos son ambientes con baja disponibilidad de nutrientes, temperaturas extremas, sequedad y radiación intensa, por lo cual son hábitats muy hostiles para los microorganismos, lo cual dificulta el establecimiento de agentes de control biológico. En este caso el hongo antagonista debe ser capaz de establecerse antes que llegue el fitopatógeno y pueda prevenir la enfermedad. Cuando se realizan formulaciones con el fin de ser aplicadas en estos ambientes, debe incluir por ejemplos adherentes, protectores de luz UV y nutrientes (Tronsmo y Hjeijord 1998, citado por BIOCONTROL 2002).

La utilización de *Trichoderma sp* como agente de control está dirigida hacia hongos patógenos cuyo habitat es el suelo y algunos de follaje. Su acción antagónica está determinada por el parasitismo, antibiosis y competencia por el sustrato, protegiendo el área radicular y parte del tallo de la plántula. Este organismo beneficioso manifiesta además un efecto estimulante sobre las plántulas (PROBIOMA, 2004).

2.19 Medición del crecimiento de microorganismos

Los hongos crecen sólo por la parte terminal de las hifas, y el micelio posterior envejece y muere. Las hifas terminales se ramifican según las condiciones ambientales, especialmente las nutritivas. Lo que se mide es el avance del micelio.

Para determinar el ritmo de crecimiento de un hongo sobre placas Petri, primero dibuje sobre el envés de la placa una cruz marcando el centro, con lápiz de cera o plumón de tinta indeleble. Identifique cada placa con un número y marque los cuatro radios con una letra. Inocule el centro del medio en la placa con el hongo que haya crecido bajo las mismas condiciones de estudio, incube hasta que se observe un avance definitivo del hongo y marque el punto de avance sobre los cuatro radios marcados en la placa. Las cifras de incremento le permitirán preparar una curva de crecimiento. El ritmo promedio de crecimiento se calcula dividiendo el incremento total por el tiempo (French y Hebert, 1982).

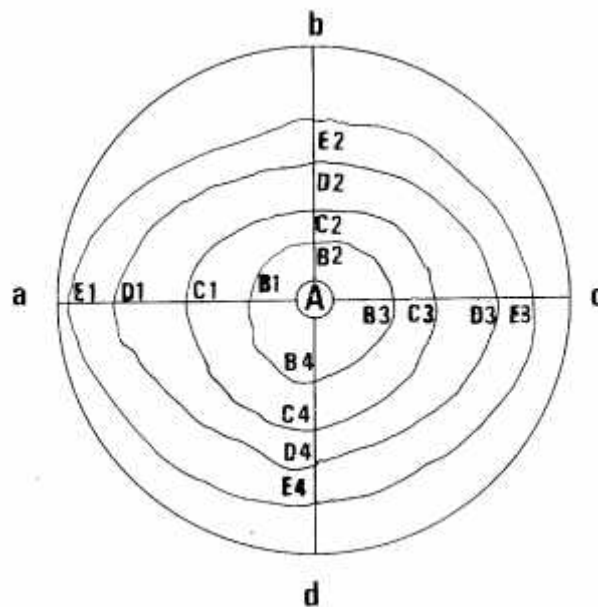


Figura 2. Fondo de una placa con las marcas realizadas para observaciones de crecimiento: a, b, c y d, son los radios de medición; A, representa el inóculo; B, el margen de crecimiento al inicio de las observaciones; C, D, E y F, son los márgenes del avance del hongo a intervalos iguales de tiempo.

2.20 Conteo

Las unidades de inóculo pueden contarse directamente, o con la ayuda de lentes de aumento o de un microscopio estereoscópico, en el caso de esclerotes de hongos y quistes o masas de huevos de nemátodos, pero para propágulo más pequeños se toman alícuotas de suspensiones de los mismos y se calcula la concentración por medio de conteos en cámaras de contaje para microscopio compuesto (French y Herbet, 1982).

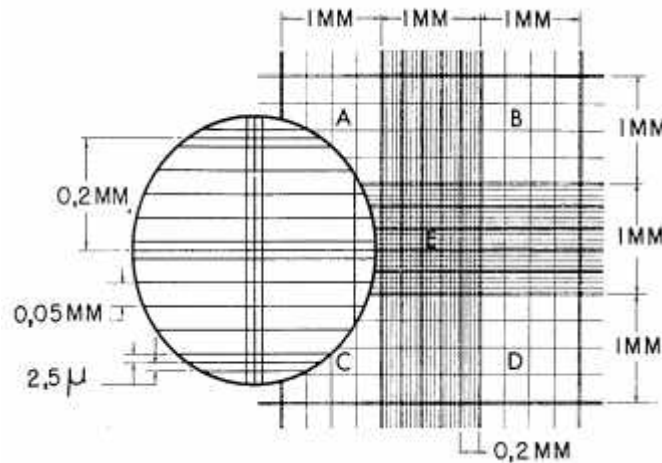


Figura 3. Rayado “Neubauer” mejorado del hematocímetro Spencer (Cortesía de American Optical Co.) indicando las dimensiones de cada división: cuadrados principales (C.P.) del 1 mm por lado y cuadrados secundarios (C.S.) de 0,2 mm por lado.

2.21 Análisis Estadístico

2.21.1 Análisis de la Varianza

Se utiliza el nombre de análisis de la varianza ya que el elemento básico del análisis estadístico sería precisamente el estudio de la variabilidad. En experimentos donde se realiza la aplicación de varios tratamientos, aun conjunto de unidades experimentales para medir y comparar las variables de respuestas (Flores y Gonzáles, 2006). Según Arteaga (2001), el análisis de varianza es el resultado del cálculo matemático estadístico de un diseño experimental se presentan en una tabla. La prueba de F, es una prueba basada en un principio similar de análisis de varianza.

2.21.2 Coeficiente de Variación

El coeficiente de variación se simboliza con una C.V., es el cociente entre la desviación estándar y la media aritmética, la mayor aplicación del coeficiente de variabilidad está en los Diseños Experimentales, asumiéndose de modo general que valores bajos (menores a 10%) el manejo ha sido bueno, si los valores están entre 10 y 25% esto indica que la variabilidad es mayor, pero no sobrepasa lo establecido y cuando los valores son altos (mayores a 25%), se asume un manejo inadecuado (Arteaga, 2001).

2.21.3 Pruebas de Dunca, Tukey

El método de comparaciones múltiples de Duncan, la cual se considera la más precisa y exacta en términos estadísticos que la prueba de Duncan, ya que considera intervalos de áreas de probabilidad dentro de los cuales encuentran las significancias buscadas (Arteaga, 2001).

Arteaga (2001), menciona que este método es el que mejor controla el error referido al experimento pero el menos eficiente en el control del error por comparación. De esto se deduce que este procedimiento es útil de aplicar en situaciones en las cuales se desea poner un énfasis primario sobre el experimento como un todo en la determinación de significancias entre pares de medias poblaciones.

2.21.4 Tratamiento, testigo, unidad experimental

La palabra tratamiento implica el conjunto particular de condiciones experimentales que deben imponerse a una unidad experimental dentro de los confines del diseño seleccionado tratamiento es por tanto, cualquier procedimiento, método o estímulo cuyos efectos se desean estimar o comparar.

El testigo es el sujeto o tratamiento de comparación. La unidad experimental (UE) es aquella a la que se aplica un solo tratamiento en una reproducción del experimento básico (Arteaga, 2001).

3.1.2 Características edafo-climáticas

Las características del suelo y el clima de la localidad de Chirapaca es lo siguiente:

La temperatura media promedio es 8 °C, la precipitación anual es de 512 mm/año, la humedad relativa en porcentaje es de 65%. Viento dominante de dirección noroeste (Heredia, 1996).

Los suelos son de textura franco arenosos, su estructura es suelta, contiene bastante materia orgánica, la capa arable aproximadamente está a 40 cm de profundidad. El ph del suelo es básico (Heredia, 1996).

3.1.3 Vegetación

Las especies forestales en la zona se tiene: pino *Pinus radiata*, cipres *Cupresus macrocarpa*, kiswara *Buddleja coriacea*, queñua *Polylepis besseri* y eucalipto *Eucalyptus globulus*. Las especies arbustivas predominantes son: t'ola *Parastephia lepidophylla*, kariwa *Senecio clivicolus* y otros.

Especies silvestres y pastos nativos del lugar son: reloj reloj *Erodium cicutarium*, bolsa del pastor *Capsella bursa-pastoris*, caretilla *Medicago polymorpha*, janukara *Lepidium bipinnatifidum*, mostaza *Brassica rapa*, muni muni *Bidens andicola*, kanapako *Sonchus oleraceus*, malva silvestre *Malus sylvestris*, cebadilla *Bromus catharticus*, pasto de invierno *Poa annua*, paja brava *Achnaterum ichu*.

Las principales especies agrícolas son: papa *Solanum tuberosum*, papa amarga *Solanum jusephzuki*, haba *Vicia faba*, arveja *Pisum sativum*, tarwi *Lupinus mutabilis*, oca *Oxalis tuberosa*, papaliza *Ullucus tuberosus*, izaño *Tropaeolum tuberosum*, cebada *Hordeum vulgare*, quinua *Chenopodium quinoa*, cañahua *Chenopodium pallidicaule*, avena *Avena sativa*.

3.2 Materiales

3.2.1 Materiales de Laboratorio

Cajas petri de vidrio y plástico, porta objetos, cubre objetos, papel absorbente, piseta, vasos precipitados, bandejas, goteros, marcador indeleble, agujas de transferencia e inoculación, cinta parafilm, microscopio, estereoscopio, hematocímetro, cámara de flujo laminar, cámara de crecimiento, cámara germinadora, balanza analítica, balanza,

autoclave, refrigeradora, cocina a hornalla, mechero. Alcohol, ácido láctico, agua destilada, lacto fenol, papa destroza agar comercial (PDA), agar, haba, azúcar, lavandina.

3.2.2 Materiales de campo

Tractor, yunta, chontillas, palas, picotas, azadón, hoces, huincha de 50 m, estacas de 50 cm, marbetes de 7 x 4 cm, flexómetro, herborizador, letreros, linterna, cámara fotográfica, termómetro de máximo y mínimo, mochilas de aspersión, baldes, vaso precipitado de 20 ml, mascarilla, guantes, gotas, ropa de agua, cuaderno de campo, periódicos, etc.

3.2.3 Material genético

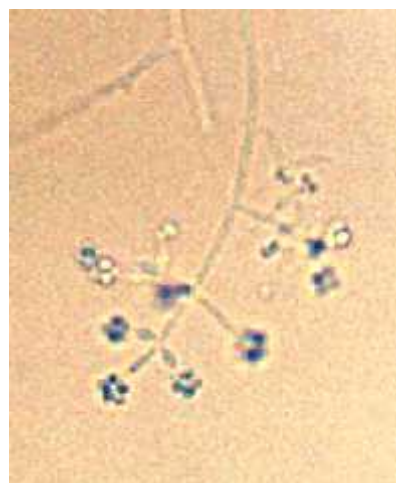
Semilla de haba ecotipo "Usnayo" tamaño primera seleccionada, su procedencia fue de la misma localidad, por que estaba adaptada al medio ambiente del lugar.

3.2.4 Insumo biológico y químicos

Hongo: "*Trichoderma sp*" especie nativa, procedente del pino de cerro (*Podocarpus parlatorei*), de la comunidad Pinos Sud, provincia Méndez, Departamento Tarija, (2300 msnm). Actualmente que se conserva en el laboratorio de Oficina Regional de Semillas La Paz.



Elaboración: Propia



Elaboración: Propia

Foto 1. Conidioforo y conidias de *Trichoderma sp*, 400X y 1000X.

Benlate: Fungicida, polvo mojable, ia = benomil 33.3 %, erradicante y preventivo de acción sistémico, Clasificación toxicológico categoría IV, Ligeramente tóxico (Etiqueta verde), origen USA.

Curathane: Fungicida, polvo mojable, ia = (Cymoxanil 8%, Mancozeb 64%), acción de prevención sistémico de deposición en infección, Categoría toxicológica III, Medianamente tóxico (Etiqueta azul), origen Colombia.

Camzeb: Fungicida, polvo mojable, ia = Mancozeb 80%, acción de contacto y preventivo, Clase toxicológico IV, Ligeramente tóxico (Etiqueta verde), Origen China.

Bravo 500: Fungicida, líquido, ia = Clorotalonil 50%, de acción preventivo de amplio espectro, Clase toxicológico IV, Ligeramente tóxico (Etiqueta verde), origen Suiza.

Maxim XL: Fungicida terapico para tratamiento de semilla; fungicida de amplio espectro, sistémico y de contacto; fungicida líquido, Clase toxicológico IV, Ligeramente tóxico (Etiqueta verde).

Lorsban* Plus: Insecticida, de acción es de contacto, ingestión y en fase vapor. ia = (clorpirifos 50 g, cipermetrina 5 g, solvente y emulsionantes c.s.p. 100 cc). Etiqueta azul.

Guano: Totalmente descompuesto es el estiércol de ovino y bovino.

3.2.5 Materiales de gabinete

Libro de registro, papeles transparentes, papel boom, marcadores, maquinas calculadoras, computadora, papeles milimetrados, impresora, programas (Sigma Scan, Adobe Photo Delute, S.A.S.), reglas, etc.

3.3 Métodos

3.3.1 Trabajo en Laboratorio

3.3.1.1 Multiplicación de *Trichoderma sp*

El hongo antagónico de *Trichoderma sp* conservado en Laboratorio de Oficina Regional de Semilla de La Paz, se multiplicó para la desinfección de semilla para el tratamiento T2 (Semilla *Trichoderma sp* y foliar químico), y también para asperjar en área foliar al tratamiento T4 (foliar *Trichoderma sp*).

3.3.1.2 Medios de cultivo: PDA (papa dextrosa agar) y HDA (haba dextrosa agar).

El PDA un medio universal, que es usado para el aislamiento de los patógenos de los vegetales y otros. Mientras HDA es un medio específico que sirve solo para algunos hongos fitopatógenos, en nuestro caso se usó, para los hongos que afectan al cultivo de haba (*Vicia faba* L.).

3.3.1.3 Preparación de los medios cultivos

Se pesó PDA comercial 20 gramos para un litro de agua destilada, se colocó en cuatro frascos de vidrio, dos fueron envueltos en papel periódico, para esterilización en autoclave.

El medio de cultivo HDA (Haba – Dextrosa - Agar), se hizo coser 250 gramos de haba seca en un litro de agua durante 30 minutos, de donde solamente su agua (caldo de haba) fue extraído 500 cc, pesamos 20 gramos de agar, 20 gramos de azúcar (reemplazo a dextrosa), todo esto fueron colocados en un frasco de un litro y adicionamos con 500 cc de agua destilada, esta solución fue colocado en dos frascos de vidrio y envueltos con papel periódico para esterilizar.

Los frascos fueron esterilizados en la olla de autoclave por 15 - 20 minutos, 121°C y 15 bares de presión. También son esterilizadas las cajas petri de vidrio en el autoclave.

Los medios de cultivos esterilizados, en el momento preciso adecuado son plaqueados (vaciados) en las cajas petri, con volumen de espesor según la necesidad requerida. El plaqueado se efectuó en la cámara de flujo laminar para evitar la contaminación, se apoyó con un mechero.

3.3.1.4 Identificación de las enfermedades fungosas foliares y del suelo.

Las enfermedades del cultivo de haba en la localidad de Chirapaca fueron identificadas de la siguiente manera:

3.3.1.4.1 Enfermedades fungosas foliares

- Se sacaron de las plantas las partes afectadas por las enfermedades fungosas foliares, que se manifiestan generalmente con síntomas de manchas, se ubicaban en la parte área.

- Las muestras recolectadas fueron las hojas (foliolos), que se recogió en papel sábana y en bolsas plásticas, para que las muestras lleguen en buenas condiciones a laboratorio de Oficina Regional de Semillas de La Paz.
- En el laboratorio todas las muestras fueron lavadas con agua, luego secados en papel absorbente.
- Preparamos las cámaras húmedas en bandejas de plástico, desinfectando las bandejas con el alcohol, colocamos el papel absorbente en el fondo de la bandeja, después humedecemos con agua destilada, se colocó los portaobjetos desinfectados con alcohol al fuego.
- El alcohol al 70% fue preparado en un vaso precipitado, en otro vaso agua destilada, con un mechero al lado, se comienza a desinfectar el material vegetal con la ayuda de una pinza, se colocó en el alcohol de 70% durante un minuto, luego se lava en agua destilada, se oreó sobre papel absorbente y por último el material vegetal fue colocado en las bandejas sobre los portaobjetos.
- Las bandejas fueron cerradas con su tapa y depositadas en la Cámara Germinadora, a la temperatura de 20 - 25 °C, luz 12 horas al día, que estuvieron durante 2 – 5 días.
- Durante el periodo de incubación, se desarrollaron los cuerpos fructíferos de los hongos patógenos, para su mejor identificación en el microscopio.
- Las bandejas fueron sacadas de la Cámara Germinadora, material vegetal fue observado en estereoscopio y microscopio, luego verificado con los catálogos de taxonomía y morfología de hongos fitopatógenos, con la ayuda de mi tutor.

3.3.1.4.2 Enfermedades fungosas del suelo

- Fueron sacados las raíces de las plantas enfermas, en bolsas plásticas, de forma inmediato fueron trasladados al laboratorio.
- Las raíces se lavó, luego secamos sobre papel absorbente y después cortamos las raíces con síntomas de enfermedades, en tamaños que entren a las bandejas.

- La preparación de cámara húmeda, se precedió con el mismo proceso de enfermedades fungosas foliares, la única diferencia en el tiempo de desinfección de los contaminantes en los raíces en alcohol al 70% se sumergió durante 3 minutos.
- Después se procedió los mismos pasos de proceso de enfermedades fungosas foliares para su identificación de los patógenos.

3.3.1.5 Velocidad de crecimiento

El procedimiento efectuado para determinar la velocidad de crecimiento de todos los hongos fitopatógenos y el hongo antagónico *Trichoderma sp*, como de referencia fue el siguiente:

- Primero se realizó el aislamiento de los diferentes hongos fitopatógenos, en los medios de cultivo de PDA (Papa Dextrosa Agar) y HDA (Haba Dextrosa Agar).
- En las cajas petri de vidrio de nueve centímetros de diámetro con medios de cultivo de PDA y HDA. Se preparó con cuatro repeticiones de placas para cada hongo en estudio en la velocidad de crecimiento, en ambos medios de cultivo de PDA y HDA.
- Se sembró con la ayuda de una aguja de transferencia, las puntas de hifas de todos los hongos en sus respectivos medios de cultivo en cajas petri, esto para uniformizar el desarrollo para evaluar mejor.
- Se colocó al centro de las placas, con una aguja de transferencia. Todas las siembras se realizó en la Cámara de Flujo Laminar, a lado de un mechero para que no exista la contaminación.
- Las cajas petri sembrados son depositados a la Cámara de Crecimiento a una temperatura de 23 – 25 °C, luz de 12 horas al día.
- Para evaluar se realizo el rayado de los ejes cartesianos con el punto de intersección donde se depositó en el centro de la placa la hifa del hongo, con un marcador indeleble en la base de las placas.
- Se evaluó cada día después de la siembra, en una hora fija, el crecimiento del hongo con la ayuda de una lámpara y una regla de centímetros.



Elaboración: propia

Foto 2. Observando en el estereoscopio las muestras recolectadas del campo experimental.



Elaboración: propia

Foto 3. Los medios de cultivos usados de PDA (papa dextrosa agar) y HDA (haba dextrosa agar)



Elaboración: propia

Foto 4. En cámara flujo laminar sembrando el inóculo del hongo



Elaboración: propia

Foto 5. La cámara de crecimiento de los hongos.

3.3.1.6 Antagonismo

Para realizar el enfrentamiento del hongo antagónico *Trichoderma sp* con los hongos fitopatógenos del cultivo, se procedió de la siguiente manera:

- Se realizó en el medio de cultivo de HDA (Haba Dextrosa Agar) en las cajas petri de vidrio. Primero rayamos la línea (diámetro) con el marcador indeleble en la base de las placas, luego numeramos en las cuatro repeticiones.
- Posteriormente fue sembrado las puntas de las hifas de los hongos con la ayuda de una aguja de transferencia. El hongo *Trichoderma sp* a un lado de la

línea y el hongo patógeno al otro lado de la línea, con separación a cuatro centímetros y después fueron sellados con la cinta de parafilm.

- Todas las placas sembradas son trasladadas a la Cámara de Crecimiento, donde se mantiene a temperatura de 23-25 °C, luz 12 horas al día.
- Se evaluó con la ayuda de una lámpara, regla con centímetros y el estereoscopio, el enfrentamiento de los hongos.

3.3.1.7 Parasitismo en el campo de *Trichoderma sp*

El tratamiento T4 (foliar *Trichoderma sp*) son seis plantas marbeteadas por unidad experimental, se recolectó hojas afectados por enfermedades fungosas antes de aplicación y después de 48 horas de aplicación del hongo antagónico *Trichoderma sp*, las hojas recolectadas en el campo son trasladados al laboratorio de ORS-LP, para observar el parasitismo del hongo.

3.3.2 Procedimiento experimental en campo

3.3.2.1 Preparación del terreno

El terreno se preparó para el experimento de estudio, fue la área donde se realizaba la rotación de cultivo.

- Se escogió el terreno adecuado para el cultivo, en un lugar donde el pendiente es menor, que tenia acceso a riego, con bastante materia orgánica, la textura franco arenoso del suelo.
- La limpieza del terreno se efectuó sacando las malezas, piedras y basuras, luego regamos la parcela a capacidad de campo.
- El roturado del terreno se realizó con el tractor, se efectuó con el arado de disco a una profundidad de 40 centímetros del suelo.
- El tractor procedió al cruzado con la rastra de disco para desmenuzar los terrones de suelo, con el objetivo que el suelo quede suelto para abrir los surcos.

- Por último se hizo el nivelado de la parcela con el tractor, dejando listo para la siembra. Como se tenía la parcela nivelada se ha aprovechado para diseñar los bloques, unidades experimentales de los tratamientos y pasillos.

3.3.2.2 Desinfección de la semilla

Se calculó para la parcela 15 kilos de semilla de haba, tamaño primera de ecotipo Usnayo, fue procedente de la misma localidad.

- El lote de 15 kilos de semillas fue dividido en cinco lotes de 3 kilos por igual, que son colocados en bolsas de yuti. Los cinco lotes son llevados a una fuente de agua para que se remoje durante tres horas, con el propósito de acelerar y uniformizar la germinación de las semillas. Esto se realizó antes de la siembra.
- Los lotes de primero, cuarto y quinto no fueron desinfectados con ningún producto químico o biológico, solamente remojados en agua para la siembra.

El segundo lote se ha desinfectado con el hongo de *Trichoderma sp* de la siguiente manera:

- a) El lote de semilla fue sacado después de dos horas de remojo en agua, la semilla fue vaciado en un balde de 10 litros.
- b) Dos placas con hongo de *Trichoderma sp* bien esporulado, se lavó el hongo con agua, con la ayuda de una cucharilla de las placas, sin que el medio de cultivo se raspe o se salga. Luego el hongo fue echado al balde donde la semilla de haba y añadimos cuatro litros de agua, fue agitado. Se hizo remojar durante una hora, después se sacó la semilla y sembrado.
- c) El agua que ha sobrado en el balde se asperjó con la mochila aspersora en los surcos abiertos del tratamiento.

El tercer lote de semilla se desinfectó con el producto químico Maxim XL, de la siguiente forma:

- a) Antes de la siembra en una lata de 10 litros fue vaciado el lote de semilla remojada, se añadió 2 litros de agua.

- b) El producto químico Maxim XL se usó a una dosis de 30 ml para 2 litros de agua, que es agregada a la lata y agitada junto con la semilla la solución.
- c) El tiempo de remojo con el químico fue de cinco minutos, se sacó la semilla de la solución químico, para orear sobre papeles durante 30 minutos y luego sembrado.

3.3.2.3 La siembra

La siembra se realizó de acuerdo al diseño experimental en el campo.

Se abrieron los surcos con el tractor, la distancia entre surcos fue de 80 centímetro (cm.) y entre plantas 30 centímetros (cm.), por golpe se colocó dos semillas, a una profundidad de 15 centímetros (cm.), se depositó en los surcos el estiércol de ovino y bovino en cantidad de 5 (Tn/ha), se ha cerrado los surcos con la yunta, para evitar la compactación del suelo con el tractor.

3.3.2.4 Labores Culturales

- Deshierbe

El primer deshierbe se realizó sacando las malezas con las chontillas o azadón de la parcela. Las malezas más comunes del lugar se han presentado los siguientes: mostaza *Brassica rapa*, muni *Bidens andicola*, kanapako *Sonchus oleraceus*, reloj *Erodium cicutarium*, bolsa del pastor *Capsella bursa-pastoris*, caretilla *Medicago polymorpha*, janukara *Lepidium bipinnatifidum*, malva común *Malus sylvestris*, cebadilla *Bromus catharticus*, pasto de invierno *Poa annua* y otros.

El segundo deshierbe se llevó adelante para sacarlo las malezas, son las misma del primer deshierbe.

- Aporque

El aporque se hizo dos veces, para tener un buen macollamiento y anclaje en el sistema radicular de las plantas.

El primer aporque se realizó con la yunta, para favorecer el desarrollo radicular y soporte, cuando las plantas tenían aproximadamente 20 cm de altura.

El segundo aporque fue efectuado manualmente con la ayuda de las chontas, en la etapa de pre-floración, debido que las plantas eran altas. Fue muy importante el último aporque para aireación del suelo, el control de malezas, buen desarrollo de la planta.

- Riego

Se ha regado en once ocasiones, por que las lluvias se retrasaron en la zona, en los meses de octubre, noviembre y a principios de diciembre en diez ocasiones, pero al final en principios del mes de marzo las precipitaciones eran escasas, para evitar la déficit hídrica en llenado de grano, se procedió a regar el último riego. Se realizó el riego por el método de inundación.

Para evidenciar la precipitación pluvial de la zona, se tiene los resultados de precipitación del Estación Meteorológico de Chirapaca en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Precipitación de Estación Meteorológico de Chirapaca

| Año | 2004 | | | | | | 2005 | | | | | |
|--------|------|------|-----|-----|------|------|------|-------|------|-----|-----|-----|
| Mes | J | A | S | O | N | D | E | F | M | A | M | J |
| mm/mes | 11,3 | 25,9 | 0,0 | 0,0 | 40,0 | 53,6 | 93,1 | 126,3 | 56,5 | 9,3 | 3,1 | 2,5 |

Fuente: SENAMHI 2005

3.3.2.5 Control de insectos – plagas

Se efectuó el control de insectos foliares y del suelo, mediante el uso de la insecticida Lorsban Plus, tiene su acción de contacto, ingestión y en fase vapor. Las plagas que controlamos fueron: Gusano cortador o ticona (*Copitarsia sp* y *Agrotis sp*), nos atacó durante el crecimiento de plántulas, pulgón verde (*Myzus persicae*), pulgón negro (*Aphis fabae*), mosca minadora de hoja (*Liriomyces sp*). Este producto fue utilizado durante todo el ciclo vegetativo del cultivo, se aplicó con la frecuencia de 18 días.

3.3.2.6 La cosecha

La cosecha se realizó en vaina verde y grano seco.

La cosecha de vaina verde se realizó de forma escalonada, en los meses de febrero y marzo, cuando las vainas estaban maduras, se cosechó en bolsas de yuti.

La cosecha de grano seco se realizó, el 31 de marzo, cuando las vainas estaban bien definidas y maduras fisiológicamente. Fue segado con hoces manualmente, a la altura del cuello de la planta, luego fue colocado en parbas o conos para el secado en campo abierto.

3.3.2.7 Post Cosecha

- Trillado

A dos meses de la cosecha, se llevó la trilla manualmente con los palos (jaucañas) para evitar la rotura de la testa, de acuerdo al tratamiento, posteriormente fue venteado manualmente para separar la broza de los granos, luego fueron embolsado en bolsas de plásticos y pesados en balanza de reloj.

- Selección y clasificación

Las bolsas con grano seco por tratamiento y unidad experimental fueron trasladadas del campo a laboratorio de Oficina Regional de Semillas La Paz, donde fueron seleccionados de acuerdo al tamaño del peso. Según los calibres de exportación se ha determinado peso de granos por onza, en los siguientes tamaños: extra, primera, segunda, tercera, cuarta y descarte.

3.3.2.8 Aplicación de los Tratamientos

Para la aplicación de los diferentes tratamientos, se usó las mochilas aspersores de 20 litros, para no tener ningún efecto entre los tratamientos, trabajamos con tres mochilas, para el testigo (T1), para biológico *Trichoderma sp* (T4) y por último para los químicos (T2, T3 y T5).

La aplicación de los tratamientos se realizó a partir de 69 días desde la siembra, cuando las plántulas estaban en etapa pre-floración, y dejamos de aplicar a los 180 días, durante la fase fenológica del llenado de vainas por la planta. El tiempo de intervalo de la aplicación fue de 14 días.

El proceso de aplicación por tratamiento fue de la siguiente manera:

- Tratamiento 1 (Testigo): fue asperjado con agua el follaje en todas las aplicaciones, para que no exista ningún efecto con comparación a otros

tratamientos. La mochila de aspersión era solamente para el uso para este tratamiento, para que no exista ningún efecto con los otros.

- Tratamiento 2 (Semilla – Biológico y Follaje- Químico): La semilla fue tratada con *Trichoderma sp.* Mientras el follaje de las plantas de este tratamiento fue aplicado con productos químicos curativos. Los productos químicos usados fueron Benlate, Camzeb, intercalando el uso al aplicar, con el fin que no exista resistencia o selección de poblaciones en patógenos.
- Tratamiento 3 (Químico- Semilla y Follaje): La semilla fue desinfectado con el producto químico Maxim XL. Mientras el follaje de las plantas de este tratamiento fue aplicado con productos químicos curativos, con fungicidas sistémicos usados fueron Benlate, Camzeb, intercalando el uso al aplicar, con el fin que no exista resistencia o selección de poblaciones.
- Tratamiento 4 (Follaje – Biológico) *Trichoderma sp.*, se aplicó en el follaje del cultivo, con una frecuencia de 14 días de intervalo, con una dosis 10^7 unidades de conidias por cm^3 , para asperjar se usó una mochila aspersora de 20 litros, para cual se usó dos placas por mochila.



Foto 6. Aplicando los tratamientos en la parcela experimental.

- Tratamiento 5 (follaje – químico), que se trató el follaje con productos químicos preventivos como ser Bravo 500 y Curathane que fueron aplicados a frecuencia de cada 14 días.

3.3.3 Comportamiento epidemiológico de las enfermedades foliares

Para determinar el comportamiento epidemiológico de las enfermedades fungosas foliares y del suelo, se evaluó la intensidad de las enfermedades en el grado de daño que esta ejercieron sobre el campo experimental e incluye dos componentes: la incidencia y la severidad

La determinación de la intensidad de una enfermedad puede requerir de la terminación de sólo la incidencia o ambos: severidad e incidencia, registrándose severidad cero para los casos de no incidencia o ausencia de enfermedad, manchas foliares que afectan el área foliar de sólo algunas plantas en un cultivo (French *et al.* 1982).

3.3.3.1 Incidencia

La incidencia generalmente se usa para evaluar infecciones sintéticas como ser: marchitamientos, manchas foliares, virus y etc. (FAO 1986, citado por MAGDR 1998).

El término incidencia se debe entender como la presencia o no presencia de la enfermedad. Que se mide de la siguiente manera:

$$\text{Incidencia} = \frac{\text{Número de plantas enfermas}}{\text{Número total de plantas}} \times 100$$

Para medir la incidencia del comportamiento epidemiológico de las enfermedades foliares en el experimento se ha procedido de la siguiente forma:

- En cada unidad experimental se tuvo cuatro surcos, de lo cual solo dos surcos internos se ha evaluado, que se tiene cuatro repeticiones en los bloques y cinco tratamientos.
- La lectura que se realizaba era sobre total de plantas existentes en los dos surcos internos por unidad experimental, pero tomando en cuenta los bordes.
- Comenzamos a tomar la lectura de incidencia de manchas foliares, a los 69 días de la siembra, con un intervalo de 14 días de lectura, que al séptimo

lectura se pudo evidenciar el cien por ciento de incidencia según cada tratamiento. La lectura se efectuó un día antes de aplicación de los tratamientos para que no exista ningún efecto y también para conocer el efecto de las aplicaciones.

- Para decir que una planta está infectado solo bastaba una mancha foliar provocado por algún patógeno. Pero se tenía que diferenciar de las manchas foliares provocados por la helada, granizo y la quemadura de los productos químicos.
- Se pudo evidenciar en las manchas foliares provocado por los siguientes fitopatógenos: *Botrytis fabae*, *Alternaria sp*, *Ascochyta fabae*, *Uromyces fabae*, *Phoma sp* y *Leptosphaerulina sp*.
- También se ha evaluado la incidencia de enfermedades del suelo (*Rhizoctonia sp* y *Fusarium sp*), con el mismo proceso. La diferencia era que estos patógenos provocaban el marchitamiento de plantas.

3.3.3.2 Severidad

La severidad (superficie foliar afectada) aumenta simultáneamente el progreso de la epidemia y solo se podrá medir a través de la severidad. La severidad es el grado de ataque, es decir en que medida es afectada la planta por la presencia de la enfermedad en función del tiempo (MAGDR, 1998).

Para la determinación de grado de severidad en el experimento se ha procedido de siguiente manera:

1.- Proceso en el campo

- Se ha establecido la parcela experimental con un diseño Bloques Completamente al Azar (BCA), con cinco tratamientos.
- Después de la emergencia de las plantas se ha procedido a marbeteado de 6 plantas por unidad experimental (de los cuatro surcos tan solo en dos surcos internos, tres plantas marbeteados por surco).
- Se ha recolectado los folíolos de las hojas de plantas marbeteadas, durante el ciclo vegetativo del cultivo, que se efectuó en ocho fechas, con intervalo de

tiempo de catorce días. Se comenzó a los 81 días después de la siembra (20 de Noviembre de 2004) y fue la última fecha de recolección a los 179 días desde la siembra (26 de febrero de 2005).

- En los tres fechas primeros se recolectó a un foliolo por planta marbeteada, luego desde cuarta hasta sexto se tomó a dos foliolos por planta marbeteada y los dos últimos fechas se recolectó a tres foliolos por planta marbeteada, se ha procedido de acuerdo al desarrollo del tamaño de follaje que va adquiriendo la planta.
- Para sacar un foliolo representativa de la planta se tomaba al azar de la parte central del follaje. Para tomar dos foliolos de la planta sean representativas, la parte foliar de la planta se dividía en dos estratos (alta y baja) de cada uno se sacaba un foliolo al azar. Mientras para recolectar tres foliolos la planta fue dividida imaginariamente en tres estratos (alta, media y baja) de cada una se recolectó al azar un foliolo representativa.
- Los foliolos recolectados han sido herborizados sobre periódicos, papel absorbente y papel sábana en herborizadores, según la fecha de recolección y los tratamientos por unidad experimental.

2.- Proceso de determinación de severidad.

Los foliolos herborizados (secos y planos) fueron trasladados del campo para determinar la severidad, en los ambientes de IRD (Institut de recherche pour le développement), donde nos facilitan sus programas de computación.

- Primero armamos los foliolos según el orden de fecha de recolección, luego separamos por tratamiento y por unidad experimental. Todo el armado de foliolos se realiza encima de papel blanca tamaño oficio, el armado se realiza para sacar foto.
- Luego cortamos de cartulina de color azul una figura geométrica que se puede saber su área, en nuestro caso usamos un cuadrado de 3 por 3, que es colocado dentro del armado que no se choquen entre los foliolos ni con la figura de referencia, ni tampoco tengan sombras para sacar la foto.

- Después armamos en un mesón el trípode de cámara, luego colocamos la cámara digital en la parte superior del trípode bien nivelado y ubicado en su objetivo, usamos la lámpara reflector de luz.
- Comenzamos a sacar fotos de todas los foliolos herborizados según el orden, en la cámara digital se enumera el foto también el mismo registro llega en cuaderno de registros.
- Las fotos tomadas en cámara digital fueron descargados en computadora, a través de su programa OLYMPUS CAMEDIA. Master 2.5 (cada marca de cámaras digitales tiene su propia programa para descargar y sus aplicaciones en la computadora). Este programa tiene sus propias aplicaciones en las imágenes de las fotos, utilizamos sus aplicaciones para aclarar el brillo, contraste y cambios de intensidad de color, para uniformizar y mejorar las imágenes.
- Posteriormente las imágenes de cada foto pasamos a otro programa ADOBE Photo Deluxe Home Edition 3.0, con este programa todos las imágenes de los fotos son cortados la parte del objetivo del imagen que nos interesa, los imágenes con este proceso están listo para el siguiente programa.
- Se usó después el programa SIGMA SCAN PRO. 5.0 para determinar la área total de los foliolos y de las manchas en el foliolo. Abrir el programa, después seleccionar la carpeta con fotos, seleccionar el tamaño de la imagen y cambiamos de color con la barra o extender para ver este cambio en la imagen de los foliolos a un solo color, corremos con el programa, aparece un cuadro de diálogo y se acepta, después se muestra una hoja de Excel con los resultados de área, distancias es determinado por píxeles. En la hoja de Excel muestra la primera fila el número de objeto, en la segunda fila el área de objeto en píxeles, en la tercera fila esta la distancia a lo largo del objeto, en la cuarta fila esta el ancho del objeto.
- También el mismo proceso seguimos para determinar el área de manchas en el foliolo, pero esta fue con cada foliolo cortado, en el programa cambiamos de color con la barra o extender para ver este cambio en los foliolos a un solo

color de las manchas. En el resultado de hoja de Excel donde sale varias o nada de áreas, si existe más de dos áreas en píxeles se suma las áreas para determinar el área de mancha en el foliolo.

- Los resultados de las hojas de Excel determinados las áreas, se procede a ordenar según el área total del foliolo y su área de mancha en el foliolo. De inmediato se procedió a transformar las áreas en píxeles, en áreas reales expresados en centímetros cuadrados, utilizando la figura geométrico conocido (cuadrado de 9 cm²) que dentro los resultados también estuvo expresado su área en píxeles en cada hoja de los resultados, lo cual a ayudado a convertir por regla de tres los resultados.

3. La elaboración de la escala para su interpretación

- Para interpretar los resultados de severidad se debía a elaborar una escala propia, esto debido que no existe una escala de severidad para enfermedades foliares en cultivo de haba.

Pero existe la dificultad en este caso que la estimación de la severidad por el método, la referencia de una escala gráfica no tiene mucha relevancia. Se ha considerado que la escala no es imprescindible en este caso. En forma global por el complejo de las manchas no se tiene mucha importancia, pero sí en forma separada se puede realizar las escalas para diferentes fitopatógenos que afectan en la parte foliar.

3.3.4 Costos

Los costos de producción derivados del presente estudio se basan en la determinación de costos fijos y variables de los tratamientos, como lo obtuvieron los de (ORS-LP, 2003).

En Costo Fijo se ha calculado a base de la depreciación anual (herramientas, equipos), gastos generales y mano de obra por sueldo fijo mensual. En Costo Variable se calculó a base de gasto en insumos y otros, mano de obra contratada.

Por último se ha calculado, el costo de producción en el egreso e ingreso, para determinar el Beneficio Costo en la producción del cultivo, según cada tratamiento su rentabilidad.

Los detalles del cálculo de costos por tratamiento se encuentran en los Anexos.

3.3.5 Diseño Experimental

Para el presente estudio se utilizó el Diseño Bloques Completamente al Azar (DBCA).

El experimento fue planteado con cinco tratamientos y cuatro repeticiones.

3.3.5.1 Modelo Aditivo Lineal:

Se usó para el experimento de campo el siguiente análisis estadístico.

$$U_{ij} = m + b_i + t_j + xx_{ij}$$

Donde:

U_{ij} = Cualquier observación

m = Media general

b_i = Efecto de la i-esima bloque

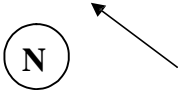
t_j = Efecto de la j-esima tratamiento

xx_{ij} = Error Experimental

(Reyes, 1978)

Los resultados obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza para establecer los posibles interacciones entre los factores y para su mejor información se realizó o se utilizó las pruebas de Tukey y Duncan con (P=5%) según la necesidad del uso.

3.3.5.2 Croquis de Experimento

| Bloques: | I | II | III | IV |
|---|-----|-----|-----|-----|
|  | T=1 | T=3 | T=5 | T=2 |
| | T=5 | T=2 | T=1 | T=4 |
| | T=3 | T=1 | T=4 | T=3 |
| | T=4 | T=5 | T=2 | T=1 |
| | T=2 | T=4 | T=3 | T=5 |

Tratamientos:

- T1 = Testigo
- T2 = Semilla *Trichoderma sp*, foliar químico curativo
- T3 = Semilla y foliar químico curativo
- T4 = Foliar *Trichoderma sp*
- T5 = Foliar químico preventivo

3.3.5.3 Características del campo experimental:

| | |
|---|----------------------|
| Area total del experimento | 902.5 m ² |
| Area útil de evaluación | 640.0 m ² |
| Area del bloque | 160.0 m ² |
| Area de unidad experimental | 32.0 m ² |
| Pasillos | 1.5 m |
| Distancia entre surcos | 0.8 m |
| Distancia entre plantas | 0.3 m |
| Número de surcos por unidad experimental | 4 |
| Número de plantas marbeteadas por un/exp. | 6 |
| Número de bloques del experimento | 4 |
| Número de tratamientos del experimento | 5 |

3.3.6 Variables de Respuesta**- Número de ramas por planta**

Para la evaluación de número de ramas por planta se han contado de las seis plantas marbeteadas de cada unidad experimental, según el bloque y tratamiento. Como cada unidad experimental tenía cuatro surcos, las plantas marbeteadas estaban en los dos surcos internos, en cada surco tres plantas.

El conteo de número de ramas por planta se ha realizado cuando todas las plantas han definido su número de ramas, en la etapa de envainado, a sus 150 días.

- Numero de vainas por rama y planta

En la parcela experimental se efectuó el conteo de vainas por rama y planta, de las seis plantas marbeteadas al azar de los dos surcos internos de cada unidad

experimental. Primeramente se ha contado todas las vainas maduras de la planta y luego fue dividida las vainas de acuerdo al número de ramas.

Este trabajo se realizó cuando todas las plantas han llegado de llenar los granos en sus vainas, es decir cuando sean definido completamente las vainas, esto se ha efectuado a sus 200 días desde la siembra.

- **Número de granos por vaina**

Para realizar la evaluación de número de granos por vaina, fue definido contando de las seis plantas marbeteadas, por cada unidad experimental de los dos surcos internos. Primeramente se realizó el conteo de granos por vaina de todas las plantas marbeteadas, luego se ha dividido a los granos al número de vainas por planta. Esto se determinó en la cosecha a sus 210 días desde la siembra.

- **Altura de la planta**

Se determinó desde el nivel del suelo (cuello de la planta) hasta la punta del ápice de la planta, se llevó las lecturas en todo el ciclo vegetativo con un intervalo de tiempo de 14 días. Las plantas medidas por cada unidad experimental, son de las seis plantas marbeteadas. La unidad usada para medir fue los centímetros (cm) expresado, para esto se usó el flexómetro de tres metros.

- **Rendimiento de vaina verde (kg/ha)**

Para definir el rendimiento de vaina verde (kg/ha), se calculó según el peso total de las vainas verdes cosechadas de un surco interno útil por cada unidad experimental, esta superficie del surco cosechado que ocupaban las plantas se han transformado a kilogramos por hectárea (kg/ha)

Se cosechó de forma escalonada por dos veces, según la madurez de las vainas, primero se cosechó a 180 días y segundo a sus 200 días. Se pesó en balanza de reloj en un lugar adecuado, y fueron registrados los resultados en el cuaderno de campo.

- **Rendimiento de grano seco (kg/ha)**

Para determinar el rendimiento de grano seco en (kg/ha), se calculó a partir del peso total de cada unidad experimental útil, de uno de los surcos internos y luego fue expresado en kilogramos por hectárea (kg/ha).

Se cosechó por cada unidad experimental útil, luego se hizo secar en parbas o conos durante dos meses en campo abierto, posteriormente trillado según la unidad de cada tratamiento y bloque. El grano fue levantado en bolsas de plástico y pesado en una balanza de reloj, el resultado fue registrado en cuaderno de campo.

- **Peso de 100 granos secos en (gramos)**

Se determinó en el laboratorio, con balanzas precisas. Las bolsas con grano seco fueron trasladadas de campo a laboratorio de Oficina Regional de Semillas La Paz (ORS-LP), donde se determinó el tamaño de los granos según el peso. Fue determinado por cada unidad experimental y dividida por grupos según el calibre del tamaño por peso de la tabla de IBTA que se selecciona por número de granos por onza.

Separados por grupos según el peso de granos, luego expresamos en porcentaje por grupo y unidad experimental, posteriormente se expresó los porcentajes en peso de 100 grano secas en gramo.

- **Determinación del *Trichoderma sp* sobre los agentes causantes de manchas foliares**

Para determinar el efecto de *Trichoderma sp* sobre los hongos fungosos que causan manchas foliares en el cultivo de haba.

Después de cada aplicación con *Trichoderma sp* al tratamiento T4, pasado los 48 horas se han sacado las muestras de las partes afectadas con hongos fungosos en el follaje y solo se sacó un foliolo por planta marbeteada, por cada unidad experimental de las seis plantas marbeteadas. También se recolectaron un foliolo por planta marbeteada de cada unidad experimental de tratamiento con *Trichoderma sp* T4, fueron tomados las muestras antes de cada aplicación.

Estas muestras fueron analizadas en el laboratorio, de forma muy cuidadosa, que si tenía la presencia de *Trichoderma sp* o no. En caso de presencia del hongo sobre los agentes causantes de enfermedades fungosas foliares que provocan las manchas foliares se determinó el efecto antagónico del hongo.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Condiciones Meteorológicas

Los datos de precipitación, temperatura y humedad relativa registradas en Estación Meteorológica de Chirapaca, de los meses de agosto de 2004 hasta abril de 2005, todo el tiempo de trabajo en el campo experimental, como muestra la Figura 5. La temperatura media en agosto está 5.7 °C es más baja, pero en noviembre ascendió hasta 9.9 °C registró la más alta, mientras en los siguientes cuatro meses se mantiene por encima de 9 °C la temperatura media, en mes de abril comienza a descender.

La precipitación pluvial por mes nos muestra, en agosto se registra 25,9 mm con las nevadas caídas, en septiembre y octubre la precipitación 0,0 mm, en noviembre comienza a caer algunas lluvias, en los meses siguientes aumenta las precipitaciones, en el mes de febrero se registra 126,3 mm el máximo, en los posteriores meses comienza a descender rápidamente las precipitaciones.

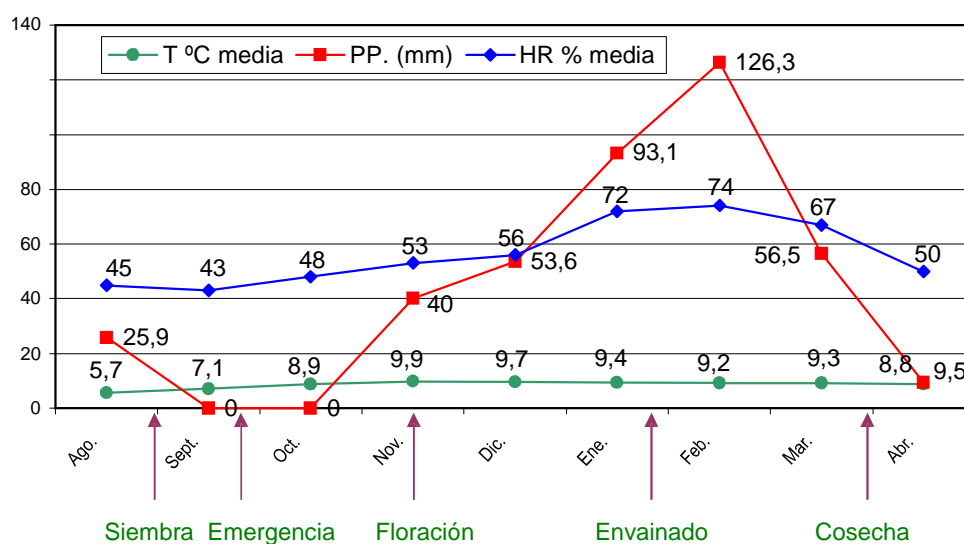


Figura 5. Datos climáticos registrados durante el trabajo experimental en la localidad de Chirapaca, en el periodo agrícola de 2004/2005.

En los registros de humedad relativa en porcentaje se observó que la curva de comportamiento que en meses de pocas o nada de precipitaciones fue bajo, mientras en los meses de alta precipitación la humedad es alta.

En el Cuadro 5 podemos observar, los datos del comportamiento de temperatura durante el periodo vegetativo del cultivo de 2004/2005, en el registro de SENAMHI de Estación Meteorológico de Chirapaca muestra que la temperatura °C promedio fue baja, en comparación con el registro propio de temperatura °C promedio en el cultivo fue mayor. Se podía decir que el registro de SENAMHI como se realiza a 2 metros de altura, mientras el registro en el cultivo se realizó a nivel de las plantas, por el follaje que tiene el cultivo de haba tiene el efecto de formar un microclima diferente.

Cuadro 5. Registro de datos de temperatura en la localidad de Chirapaca.

| Mes | Est. Meteor. Chirapaca | | | Temperatura dentro del cultivo | | |
|-----|------------------------|----------|--------|--------------------------------|----------|--------|
| | T min °C | T max °C | T x °C | T min °C | T max °C | T x °C |
| S | -1.1 | 15.4 | 7.1 | -- | -- | -- |
| O | 1.0 | 16.9 | 9.0 | 2.0 | 26.1 | 14.1 |
| N | 2.0 | 17.8 | 9.9 | 1.8 | 24.7 | 13.3 |
| D | 2.5 | 17.1 | 9.8 | 1.8 | 24.2 | 13.0 |
| E | 3.6 | 15.1 | 9.4 | 3.4 | 23.5 | 13.4 |
| F | 3.7 | 14.6 | 9.2 | 4.0 | 22.4 | 13.2 |
| M | 2.4 | 16.2 | 9.3 | 1.5 | 25.6 | 13.5 |

Fuente: SENAMHI 2005 y propio registro

4.2 Identificación de las enfermedades fúngicas foliares y del suelo.

4.2.1 Enfermedades fúngicas foliares

Se han identificado diferentes hongos fitopatógenos en la parte foliar de la planta que son: *Botrytis fabae* de mayor presencia; *Alternaria sp.*, *Ascochyta fabae*, *Uromyces fabae* de menor presencia; *Phoma sp.* y *Leptosphaerulina sp.* estas dos últimas son nuevas enfermedades poca presencia en el campo experimental.

4.2.1.1 Mancha chocolate (*Botrytis fabae* Sard.)

En el campo experimental se presentó desde el inicio en forma de manchas circulares irregulares sobre las hojas (fase no agresiva) después fue avanzando a los tallos, flores y vainas. Cuando entró en fase agresiva la enfermedad (formación y maduración de vainas), las partes afectadas se pudieron observarse como manchas

necrosadas de color gris marrón (secando), luego las flores y hojas caen, por consecuencia de la infección, vainas verdes se pudren desde la punta hacia la base, en los granos secos afectados se manifestó manchas de color marrón oscuro sobre el tegumento (cáscara).



Elaboración: propia

Foto 7. Síntomas de la enfermedad de mancha chocolate en las hojas.



Elaboración: propia

Foto 8. Conidioforo y conidias de aislamiento *Botrytis fabae* de hoja, 400X.

El agente causal de la enfermedad fue *Botrytis fabae* S., en los aislamientos realizados de las hojas, tallos y vainas han mostrado una morfología en los características en conidioforos y conidias como se puede observar en el Foto 8.

En primer instancia, se observa manchas de color chocolate sobre las hojas, posteriormente se van necrosando (secando), luego las flores y las hojas se caen; las vainas se pudren, los granos secos presentan manchas en la cáscara (FODUR, *et al.* 2005).

Ramos (1996), menciona que mancha chocolate también “kasahui”, los daños causados por esta enfermedad se caracterizan por la presencia de manchas de color oscuro principalmente en las hojas, pecíolos, tallos, eventualmente aborto de flores y pudrición de frutos, en condiciones de alta humedad.

El agente causal de mancha chocolate es *Botrytis fabae*, los aislamientos de hoja y vaina muestran las características de conidióforos y conidias, con septas en la parte terminal de los conidioforos es un carácter morfológico (Coca-Morante, 2004).

4.2.1.2 Mancha negra o concéntrica (*Alternaria sp*)

Esta enfermedad en el campo se observó con los síntomas de mancha negra y circulares irregulares anillos concéntricos formados sobre la lesión, fue mejor visto con la ayuda de una lupa o estereoscopio, se presentó conjuntamente con otras manchas foliares.

En la cámara húmeda sobre las lesiones se desarrolló un micelio blanco y después se transforma en micelios de color blanco gris donde se desarrollan sus conidias del hongo. La conidias de *Alternaria* son de color marrón oscuro, presenta un pico alargado, como se muestra en el Foto 10.



Elaboración: propia



Elaboración: propia

Foto 9. Síntomas en las hojas de la enfermedad mancha concéntrica o negra.

Foto 10. Las conidias de *Alternaria sp*, a 400X.

La mancha concéntrica causado por *Alternaria sp*, tiene menor importancia relativa respecto de las otras enfermedades. Afecta únicamente a las hojas y se presenta

conjuntamente con otras manchas foliares. Las manchas son características, con anillos concéntricos irregularmente formados sobre la lesión. En la cámara húmeda sobre las lesiones se desarrolla abundante micelio blanco, lugar donde desarrollan las conidias del hongo (Coca-Morante, 2004).

Mancha negra o *Alternaria*, afecta la función vital de fotosíntesis, daños que causan lesiones necróticas con anillos concéntricos al inicio de la infección (M. Quitón, 1995).

4.2.1.3 Antracnosis (*Ascochyta fabae*)

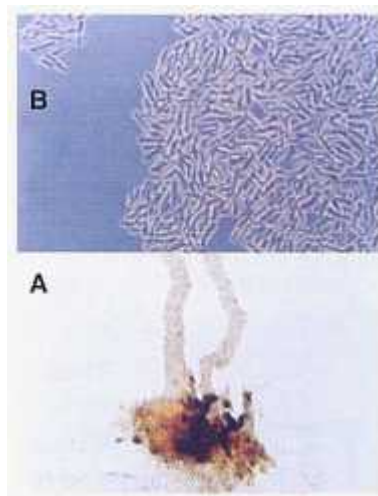
En el campo esta enfermedad se ha presentado con sintomatología principalmente en las vainas y ligeramente en las hojas y tallos. En las vainas inicialmente se presentaron a manera de lesiones irregulares levemente hundidas y de color marrón oscura a negrusco (Foto11).

Antracnosis, en la etapa de floración afectó a las hojas del ápice de la planta, comienza con el enrollamiento, luego inicia el ennegrecimiento de las hojas, posteriormente se secó y provocó la muerte descendente de las hojas desde arriba hacia abajo, la defoliación de las hojas y por último la muerte de la planta.



Elaboración propia

Foto 11. Síntomas en las vainas de la enfermedad de Antracnosis.



Fuente: Coca-Morante, (2005)

Foto 12. La picnidia y las conidias de *Ascochyta fabae*. A. picnidia soltando cirro de conidias. B. Las conidias.

En la cámara húmeda se evidenció la presencia de las picnidias en las lesiones de las vainas, fueron visibles y son de color pardo oscuro. Las picnidias presentaron ostiolo, en un corte transversal de la picnidia en el microscopio mostró una capa delgada que cubre, tiene la forma circular de color oscuro, la parte central es translucido de una masa de conidias. En condiciones favorables del medioambiente, las conidias fueron expulsadas a través del ostiolo formando cirros, las conidias son hialinas, rectas o semicurvadas como podemos observar en el Foto 12.

La antracnosis es una enfermedad de importancia mundial, por sus efectos destructivos en la producción de haba. Normalmente afecta hojas, tallos, vainas y granos. La enfermedad es reconocible en el campo a partir del mes de febrero. Esta afecta principalmente a vainas y ligeramente hojas y tallos. Los síntomas iniciales se presentan en las vainas de la primera floración (tercio inferior), formando lesiones circulares a irregulares y hundidas, con bordes definidos de color pardo negrusco con la parte central de color claro-pajiso, donde se encuentran distribuidas las picnidias del patógeno (Coca-Morante, 2005).

Esta enfermedad de antracnosis es muy destructiva, ocasiona muerte en las hojas desde arriba hacia abajo, también ataca los tallos y vainas, provocando una reducción severa en la producción en vaina verde y en la calidad de grano. Se presenta luego de la floración afectando hojas y vainas. Si los granos son afectados al ser sembrados, las nuevas plantas morirán al germinar (FODUR, *et al.* 2005).

4.2.1.4 Mancha foliar causado por *Phoma sp*

Esta enfermedad fue nueva en caso de cultivo de haba, se presentó en la fase de formación y maduración de vainas, la presencia fue en las hojas y vainas de la planta. La sintomatología inicial ha presentado fue pequeños puntos necróticos de color pardo oscuro sobre el haz y envés de las hojas, paulatinamente las lesiones son de forma circular a irregular, con bordes bien definidos de color pardo intenso, la parte central de color café claro (Foto 13), en el centro se encontraron las pequeñas picnidias del hongo, que apenas se pueden ver a simple vista.



Elaboración: propia

Foto 13. Síntomas en el foliolo de la hoja causado por *Phoma sp.*



Elaboración: propia

Foto 14. Corte transversal de picnidia donde están las conidias de *Phoma sp.*, 400X

Las picnidias tienen la forma globosa, presenta un ostiolo, es de color marrón oscuro, en corte transversal muestra una capa de células que cubre la masa de conidias pequeñas hialinas de forma elipsoidal como en el Foto 14.

Esta es una enfermedad que se encuentra afectando aisladamente a hojas y vainas en la fase de llenado de granos. Los síntomas iniciales se presentan como pequeños puntos necróticos de color pardo oscuro sobre el haz y envés de las hojas medias y basales. Gradualmente las lesiones alcanzan tamaños hasta 5 mm, de forma circular a irregular, con bordes definidos de color pardo intenso y una parte central de color claro pajizo. Sobre la parte central se encuentran las pequeñas picnidias del patógeno (Coca-Morante, 2005).

4.2.1.5 Mancha foliar ocasionado por *Leptosphaerulina sp*

Se evidenció la presencia de este patógeno principalmente en las hojas, es nueva enfermedad en el altiplano Norte de La Paz. Los síntomas que presentaron inicialmente fue puntos aislados de color café claro, gradualmente se transforma en manchas circulares irregulares con bordes anillados de color marrón intenso, la parte

central fue de color plomo café blanquecino, donde se encontraron distribuidos las peritecas del hongo se muestra en el Foto 15.

Las estructuras fructíferas del hongo, las peritecas vistos en microscopio son de color marrón oscuro, de forma globosa, presentaron un poro apical de color pardo oscuro. Se realizó el corte transversal, se ha evidenciado que el peritecio muestra una capa, en parte central están las ascas que son bitunicadas y hialinas, dentro de cada asca se encuentra ocho ascosporas de forma irregularmente elipsoidal, como la muestra el Foto 16.



Elaboración: propia

Foto 15. Síntomas en el foliolo de la hoja causado por *Leptosphaerulina* sp.



Elaboración: propia

Foto 16. Cuerpos fructíferos de periteca, ascas y ascosporas de *Leptosphaerulina* sp. 400X.

Esta enfermedad afecta principalmente hojas. Las lesiones inicialmente son puntos aislados de color marrón, que gradualmente adquieren formas circulares a irregulares, en algunos casos coalescen, presentan borde definidos de color marrón intenso y la parte central de color ceniza, donde se encuentran distribuidas las peritecas del patógeno (Coca-Morante, 2005).

4.2.1.6 Roya (*Uromyces fabae*)

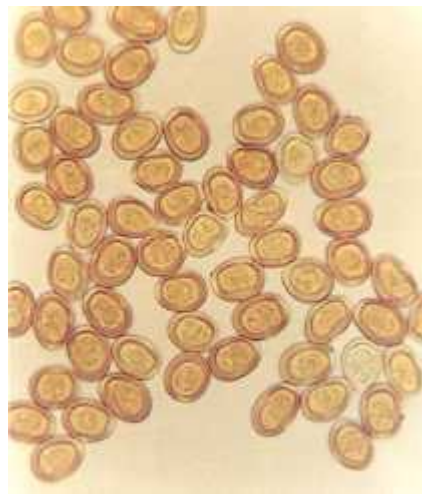
La roya afectó en la fase de madurez de las vainas, los síntomas que mostró en las hojas como puntos amarillos que son pústulas como polvillos de color café marrón (conformadas por las masas de las uredosporas del hongo). Las pústulas se encontraron en el centro de un halo clorótico presentes en el haz y envés de las hojas.

El agente causal de la roya de haba fue identificado como *Uromyces fabae*. Las uredosporas fueron de forma circular irregular con pared gruesa, de color marrón hasta amarillento, como en el Foto 18. Pero no se ha registrado el estado telial, ni en hojas ni en otras partes vegetales.



Elaboración: propia

Foto 17. Síntomas en las hojas de la enfermedad roya.



Elaboración: propia

Foto 18. Uredosporas de *Uromyces fabae*. 400X.

Según Coca-Morante, (2004), la roya es una enfermedad no muy conocida y aparentemente, poco difundida en el Altiplano y área circunlacustre. Afecta únicamente a las hojas de las partes medias y basales de la planta (entre la canopia). Las pústulas son características de las royas, vistas como polvillos de color café marrón (conformadas por las masas de las uredosporas del hongo). El agente causal de la roya del haba ha sido identificado como *Uromyces fabae*.

Roya ataca la parte aérea de la planta, aparece como puntos amarillentos y según que madura el hongo se torna de color café, en los tallos las póstulas son alargados de color café marrón, las esporas una vez maduras revientan y se deseminan o se quedan adheridos en los restos vegetales para germinar el año siguiente (ORS-P, 2003).

4.2.2 Enfermedades fungosas del suelo

Las principales enfermedades del suelo que afecta las raíces y el cuello de la planta son causados por los hongos fitopatógenos de *Rhizoctonia sp* y *Fusarium sp*.

4.2.2.1 *Rhizoctonia sp*

Esta enfermedad se presentó con agresividad, síntomas presentó marchites ocasionado por la pudrición de la raíz, cuando la raíz fue afectada por el hongo, muestra el color negro oscuro que provoca la muerte rápida de la planta.

Generalmente afectó durante las fases de emergencia, macollamiento, prefloración, floración y hasta en fase envainado, cuando existe bastante humedad en el suelo se proliferó.

En cámara húmeda la parte afectada formó los micelios blancos con el tiempo cambió a color blanco gris. No se observó la parte sexual del hongo, pero si la parte asexual que sus hifas al ramificarse crecen en forma perpendicular, solamente de esta forma se identificó.

4.2.2.2 *Fusarium sp*

Esta enfermedad radicular causó el amarillamiento, enanismo y el marchitamiento de la parte foliar de la planta, ocasionó en el cuello del tallo lesiones superficiales de coloración café rojizo hasta negrusco y en la raíz las lesiones fueron de color marrón oscuro.

La cámara húmeda sobre las lesiones se formó micelio lanoso de color blanco, formando micro conidias que son pequeñas esferas hialinas y mientras las macro conidias tienen la forma de luna menguante con uno, dos y tres septas, son de color transparente.

4.3 Comportamientos Epidemiológicos

4.3.1 Incidencia

En la Figura 6 se muestra la evolución de las curvas del progreso de las enfermedades foliares en el ecotipo usnayo, con diferentes tratamientos de químicos y biológico. A 68 días después de la siembra (primera lectura 7 de noviembre), las manchas foliares se presentaron en todos los tratamientos, en niveles bajos de incidencia.

Los tratamientos de químicos y biológico mantuvieron un efecto de protección al cultivo, de forma similares entre si hasta la cuarta lectura (19 de diciembre), después gradualmente van perdiendo su capacidad de protección, llegando en 42 días aproximadamente (séptima lectura, 30 de enero) a cubrir el 100 % de incidencia de las enfermedades foliares, así mostraron el carácter preventivo de los fungicidas utilizadas y producto biológico.

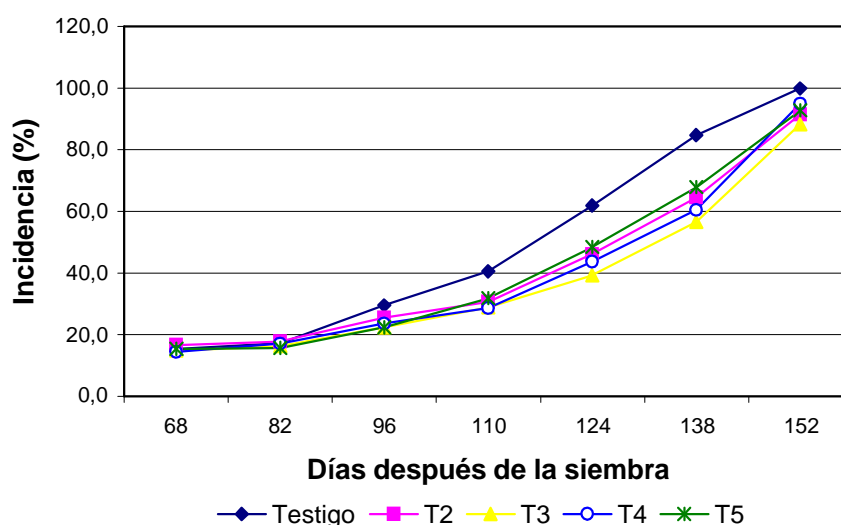


Figura 6. Curvas de progreso de las manchas foliares, causados por enfermedades foliares, en el Altiplano Norte de La Paz.

El comportamiento en incidencia del tratamiento T4 (*Trichoderma sp*) un controlador biológico, a mostrado que fue similar a los productos químicos preventivos, pero dependió de las condiciones del medio climático.

Mientras el tratamiento T3 (químico curativo) ha tenido menor incidencia por que el producto químico fungicida Benlate controló mejor por su mayor eficiencia para los hongos. Según Coca-Morante (2004), menciona que los productos que tienen ingrediente activo de mancozeb son preventivos mientras, benomil son erradicantes.

La mancha chocolate causada por *Botrytis fabae* se presenta desde inicios de la emergencia del cultivo; en cambio la mancha concéntrica, antracnosis y roya, se presentan generalmente, a partir de la fase de floración hasta la maduración del cultivo. Las características de desarrollo de las enfermedades mancha chocolate, muestran un comportamiento de una enfermedad policíclica con un valor de tasa de infección aparente de $r = 0.1$ (Coca-Morante, 2004).

4.3.2 Severidad

El comportamiento epidemiológico de las enfermedades fungosas foliares, de acuerdo a grado de severidad avanzada, se puede observar en esta figura.

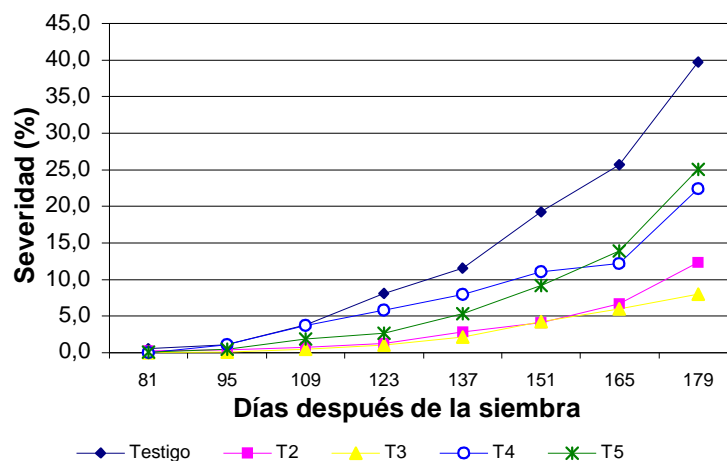


Figura 7. Curvas de progreso de grados de severidad de las manchas foliares, causados por enfermedades fungosas foliares, en el Altiplano Norte de La Paz.

En la Figura 7 se muestra la evolución de las curvas de progreso de severidad de las enfermedades fungosas foliares en el ecotipo usnayo, con diferentes tratamientos de

químicos y biológico. A 81 días después de la siembra (primera lectura 20 de noviembre), las manchas foliares se presentaron en todos los tratamientos, en niveles bajos de severidad.

Pero se ha comprobado que gradualmente el área foliar afectada por manchas fungosas va aumentando, en la última lectura a 179 días, se observó tres grupos agrupados, el primero solo forma testigo con 40 % de severidad, en el segundo estuvieron los tratamientos con producto químico preventivo y *Trichoderma sp* (biológico) por 25% de severidad y en el tercer grupo fueron los tratamientos con productos químicos curativos que tuvieron menor daño en la área foliar por 10% de severidad.

En comparación a *Trichoderma sp* un producto biológico, con respecto a los productos químicos, en el control de las enfermedades fungosas foliares, se ha comportado como preventivo, dependiendo de las condiciones medio ambiente.

Al observar el comportamiento de la curva, en los primeros días se comprobó la severidad fue aumentando por el tamaño de plantas, pero a 151 y 165 días que las plantas tenían buena altura y gran follaje formando un microclima, el hongo se ha multiplicado, pero la última lectura aumentó la severidad debido al cambio de temperatura y precipitación.

4.4 Variables de Respuestas

4.4.1 Número de ramas por planta

En el Cuadro 6 nos muestra, el análisis de varianza en número de ramas por bloques no significativo. Entre los tratamientos también fue no significativo, por que no existió diferencia en número de ramas por planta, que probablemente podría ser atribuido a varios factores como la genética de ecotipo de haba, la densidad de siembra, la fertilidad y labores culturales. Según UCCH (2003) citado por Coca-Morante (2004), menciona el número de ramas mucho depende fundamentalmente de la densidad de población, fertilidad del suelo y fecha de siembra.

El coeficiente de variación fue 4.21 % nos indica que la variabilidad debido a errores experimentales, fue pequeño.

Cuadro 6. Análisis de varianza para el número de ramas por planta.

| Fuente de Variación | G. L. | S. C. | C. M. | F Cal. | Pr. > F |
|---------------------|-------|---------|---------|--------|-----------|
| Bloque | 3 | 0.25174 | 0.08391 | 1.28 | 0.3250 NS |
| Tratamiento | 4 | 0.49505 | 0.12376 | 1.89 | 0.1768 NS |
| Error | 12 | 0.78531 | 0.06544 | | |
| Total | 19 | 1.53210 | | | |

GL = Grado de Libertad; SC = Sumatoria de Cuadrado; CM =Cuadrado Medio; F Cal. = F Calculada; Pr. F = Probabilidad de F; NS = No Significativo; * = Significativo; ** = Altamente Significativo.

C.V. = 4.21 %

Entre los tratamientos en promedio en número de ramas por planta, solamente existen diferencias mínimas, ni siquiera una rama entre el mejor y el peor. Menciona Choque 2005, el número de ramas por plantas puede ser una característica propia de los ecotipos, que puede ser afectado por el factor ambiental.

Heredía 1996, reporta que en parcelas experimentales de ensayos regionales de rendimiento de haba de altura (que fueron objeto de manejo fitosanitario) la variedad Usnayo -1, alcanza un promedio de cinco ramas por planta. Según los reportes de Coca-Morante (2004), las variables fenotípicas del ecotipo "Gigante de Copacabana", en número de ramas por planta con diferentes tratamientos químico (Taspa EC500, testigo, mancozeb, Bravo 500 y Curathane) y los resultados son 5.53 el mayor y el menor es 3.94 unidades.

Cuadro 7. Promedios de número de ramas por planta, tratamiento y prueba de Tukey al (P 5%)

| Tratamientos | Promedios | Tukey (P 5 %) |
|--------------|-----------|---------------|
| T3 | 6.34 | A |
| T4 | 6.12 | A |
| T2 | 6.08 | A |
| T1 | 5.96 | A |
| T5 | 5.87 | A |

En comparación, al tratamiento T4 con *Trichoderma sp* no causó ningún efecto en el número de ramas por planta, por esta razón se puede decir que el resultado registrado depende de la fertilidad del suelo y genética del ecotipo.

4.4.2 Número de vainas por rama y planta

En el Cuadro 8 se puede ver que el análisis de varianza en bloques es altamente significativo, esto podría atribuirse al suelo y el pendiente del terreno. Mientras entre los tratamientos es altamente significativo, probablemente debido al control de las enfermedades foliares fungosas con diferentes productos químicos y biológico, en la incidencia y severidad de las enfermedades fungosas.

El coeficiente de variación fue de 5.35 % lo que señala que el diseño es adecuado para este variable.

Cuadro 8. Análisis de varianza de número de vainas por rama y planta

| Fuente de Variación | G. L. | S. C. | C. M. | F Cal. | Pr. >F |
|---------------------|-------|----------|---------|--------|-----------|
| Bloque | 3 | 181.8506 | 60.6169 | 6.68 | 0.0067 ** |
| Tratamiento | 4 | 300.5173 | 75.1293 | 8.28 | 0.0019 ** |
| Error | 12 | 108.8219 | 9.0685 | | |
| Total | 19 | 591.1899 | | | |

GL = Grado de Libertad; SC = Sumatoria de Cuadrado; CM =Cuadrado Medio; F Cal. = F Calculada; Pr. F = Probabilidad de F; NS = No Significativo; * = Significativo; ** = Altamente Significativo.

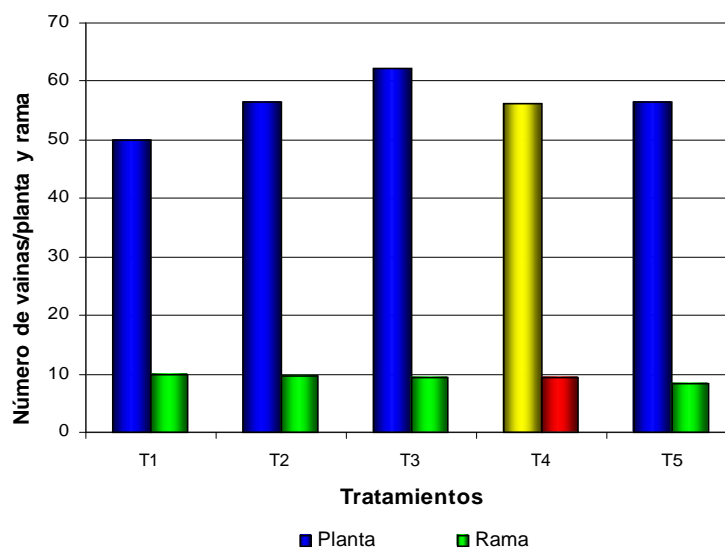


Figura 8. Número de vainas por rama y planta

En la Figura 8 se observa la representación gráfica de número de vainas por rama y planta, que el tratamiento T3 registró 62,29 vainas fue la mejor por el control eficiente del producto químico a las enfermedades fungosas foliares, mientras los tratamientos T4, T2 y T5 son casi similares por encima de 56 vainas, pero el testigo T1 solo alcanzó 50,04 vainas por planta. Mamani (2007), menciona que la accesión 27 Usnayo tiene en promedio 61,7 números de vainas por planta, a condiciones del Altiplano Norte de La Paz

Según Coca-Morante (2004), estima un promedio de vainas por planta que fluctúa entre 40 – 50 vainas/planta. Los factores que afectaron fueron también la densidad, la fertilidad del suelo y el riego.

Según la prueba de comparación de Tukey, como se muestra en el Cuadro 9, agrupa en tres grupos, en cual el T3 es diferente a otros, mientras T4, T2 y T5 son similares los resultados, mientras que el testigo T1 registró menor número de vainas en comparación a los otros tratamientos.

Cuadro 9. Promedios de vainas por rama y planta por tratamiento y prueba de Tukey al (P 5%)

| Tratamientos | | Promedios (unidades) | | Tukey (P 5 %) | |
|--------------|--------|----------------------|--------|---------------|--------|
| Rama | Planta | Rama | Planta | Rama | Planta |
| T3 | T3 | 9.82 | 62.29 | A | A |
| T5 | T4 | 9.59 | 56.58 | A | AB |
| T2 | T2 | 9.27 | 56.42 | AB | AB |
| T4 | T5 | 9.26 | 56.25 | AB | AB |
| T1 | T1 | 8.41 | 50.04 | B | B |

En comparación, el tratamiento T4 con *Trichoderma sp* fue superior al testigo, esto nos indica que el hongo estaba controlando a los patógenos de las manchas foliares fungosas, con respecto a los preventivos fue similar, mientras los productos curativos superaron debido a su control eficiente a los patógenos.

4.4.3 Número granos por vaina

En los resultados del Cuadro 10 se puede decir que el análisis de varianza en bloques fue no significativo, no hay diferencia en número de grano por vaina. Mientras fue significativo entre los tratamientos en número de grano por vaina, esto podía ser

debido a la incidencia y severidad de las enfermedades que se han controlado con diferente producto químico y biológico por tratamientos en el experimento.

El coeficiente de variación fue 3.13 % nos indica que el diseño fue adecuado para este variable.

Cuadro 10. Análisis de varianza de número de granos por vaina.

| Fuente de Variación | G. L. | S.C. | C.M. | F Cal. | Pr. > F |
|---------------------|-------|---------|---------|--------|----------|
| Bloque | 3 | 0.02320 | 0.00773 | 1.61 | 0.239 NS |
| Tratamiento | 4 | 0.07023 | 0.01756 | 3.65 | 0.036 * |
| Error | 12 | 0.05765 | 0.00480 | | |
| Total | 19 | 0.15108 | | | |

GL = Grado de Libertad; SC = Sumatoria de Cuadrado; CM = Cuadrado Medio; F Cal. = F Calculada; Pr. F = Probabilidad de F; NS = No Significativo; * = Significativo; ** = Altamente Significativo.

CV = 3.13 %

Cuadro 11 se observan los promedios de número de granos por vaina y la prueba de Duncan (5%) donde el tratamiento T3 que alcanzó mayor número de granos por vaina de 2.30 unidades, los tratamientos T4 y T2 están con 2.40 y 2.35, que por penúltimo esta el tratamiento T5 con 2.157 y por último esta el tratamiento T1 (Testigo) que solo alcanzó a 2.137 unidades. Cultivares de haba de zonas altas, solo tienen de 1 a 4 granos por vaina, pero sus granos son grandes (IBTA, 1996).

Cuadro 11. Promedios de número de granos por vaina y prueba de Duncan al (5%)

| Tratamiento | Promedio | Duncan (P 5%) |
|-------------|----------|---------------|
| T3 | 2.300 | A |
| T4 | 2.240 | AB |
| T2 | 2.235 | AB |
| T5 | 2.157 | B |
| T1 | 2.137 | B |

Entre los tratamiento la diferencia fue de 0.163 entre el mejor y el peor. El T3 es la mejor en número de granos por vaina, fue debido al control eficiente del producto químico a las enfermedades foliares fungosas, mientras el peor es el testigo que solamente se ha aplicado agua. Menciona Mamani (2007), el usnayo de Chirapaca en

promedio tiene 2.5 granos por vaina. El número de granos por vaina mucho depende de fertilidad del suelo, disponibilidad de agua en el llenado de grano (Choque, 2005).

El tratamiento T4 *Trichoderma sp* (biológico) en comparación al testigo fue superior y también a los productos químicos preventivos, mientras a productos curativos es inferior, por que ellos superan. El efecto del hongo se manifiesta en el control de patógenos de enfermedades fungosas foliares.

4.4.4 Altura de la planta (cm)

Según el Cuadro 12 se puede evidenciar, la altura de la planta entre bloques en el experimento fue altamente significativa, se observó en el terreno de experimento dos tipos de suelo, en suelo franco arenoso el crecimiento de plantas fue menor, mientras en suelo franco el crecimiento fue mayor.

Mientras en los tratamientos la altura de las plantas fue no significativa, que podemos inferir que no hay tanta diferencia en el crecimiento de las plantas entre los tratamientos, debido que las unidades experimentales fueron bien distribuidas y por efecto de distancia entre los surcos de 80 cm.

El coeficiente de variación fue de 4.07% que nos indica que la factibilidad del diseño para este variable fue adecuado.

Cuadro 12. Análisis de varianza por altura de planta (cm) entre los tratamientos y bloques.

| Fuente de Variación | G. L. | S.C. | C.M. | F Cal. | Pr. > F |
|---------------------|-------|-----------|----------|--------|-----------|
| Bloque | 3 | 1565.1239 | 521.7080 | 16.51 | 0.0001 ** |
| Tratamiento | 4 | 188.5488 | 47.1372 | 1.49 | 0.2656 NS |
| Error | 12 | 379.1873 | 31.5989 | | |
| Total | 19 | 2132.8601 | | | |

GL = Grado de Libertad; SC = Sumatoria de Cuadrado; CM =Cuadrado Medio; F Cal. = F Calculada; Pr. F = Probabilidad de F; NS = No Significativo; * = Significativo; ** = Altamente Significativo.

CV = 4.07%

La representación gráfica de altura de las planta en fase de madurez fisiológica, se muestra en la última lectura en la Figura 9 donde la mayor altura alcanzada está

representada por el T3, seguidos por T2 y T4, por último los T5 y T1, pero la diferencia entre los tratamiento fue muy pequeña, por este motivo fue no significativo. Menciona Heredia (1996), de promedio de altura de planta de la variedad Usnayo –1 en condiciones del Altiplano Norte 1.3 metros.

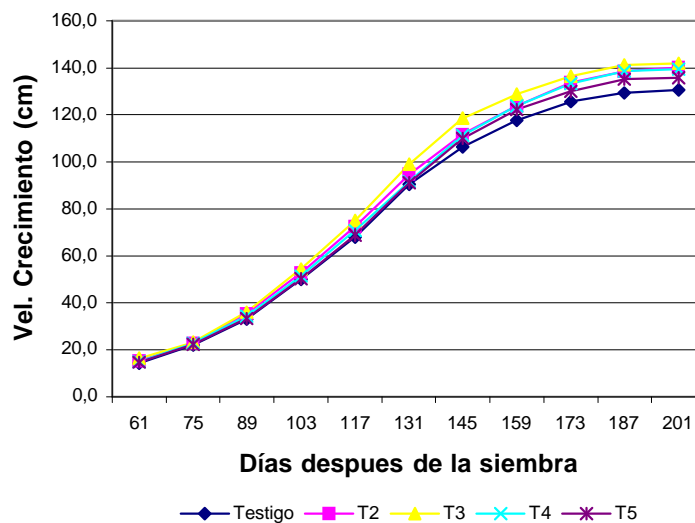


Figura 9. Curva de velocidad de crecimiento en altura de planta por tratamiento.

Las curvas de crecimiento de altura de planta por tratamiento, al principio de la emergencia de las plántulas casi todos son iguales, en floración los tratamientos comienzan a diferenciarse, en la fase de envainado la diferencia es notoria y en la fase de madurez se evidencia hasta que altura crecieron las plantas por tratamiento, que T3 alcanzó la mayor altura, seguido de T2 y T4, posteriormente está T5 y por último T1. Cultivares de haba para zonas altas, cuyas plantas son de porte variables con alturas entre 90 cm y 2 m (IBTA, 1996)

Esta diferencia es debido a los tipos de control en las enfermedades, en el comportamiento de incidencia y severidad. Es evidente algún efecto interactivo de protección de diferentes tratamientos químicos para enfermedades foliares, sobre el desarrollo de la planta (altura) de 1.3 a 1.19 metros en ecotipo Gigante de Copacabana (Coca-Morante, 2004).

4.4.5 Rendimiento de vaina verde (kg/ha)

Los resultados del Cuadro 13 muestra el análisis de varianza en el rendimiento de vaina verde dentro de los bloques fue no significativo, mientras entre los tratamientos fue altamente significativo, esto debido a la incidencia y la severidad de las enfermedades que fueron controlados con diferentes tratamientos de control biológico y químicos.

El coeficiente de variación alcanzó un valor aceptable de 8.83 % por cuál se consideran confiables.

Cuadro 13. Análisis de varianza en rendimiento de vaina verde

| Fuente de Variación | G. L. | S.C. | C.M. | F Cal. | Pr > F |
|---------------------|-------|-------------|-------------|--------|-----------|
| Bloque | 3 | 47660746.1 | 15886915.4 | 2.07 | 0.1581 NS |
| Tratamiento | 4 | 598397614.9 | 149599403.7 | 19.47 | 0.0001 ** |
| Error | 12 | 92192701.9 | 7682725.2 | | |
| Total | 19 | 738251062.9 | | | |

GL = Grado de Libertad; SC = Sumatoria de Cuadrado; CM =Cuadrado Medio; F Cal. = F Calculada; Pr. F = Probabilidad de F; NS = No Significativo; * = Significativo; ** = Altamente Significativo.

CV = 8.83 %

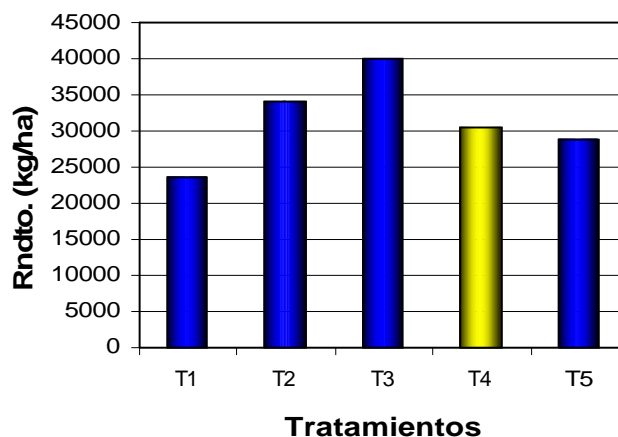


Figura 10. Rendimiento de vaina verde (kg/ha)

Podemos destacar en la Figura 10 y Cuadro 14 se observan los promedios de rendimiento de vaina verde y la prueba Tukey (5%), donde el tratamiento T3 que tiene

mayor rendimiento de 40021 Kg/ha, los tratamientos de T2, T4 y T5 que alcanzaron de 34008, 30582 y 28829 Kg/ha, que por último esta el tratamiento T1 (testigo) con 23577 kg/ha. Según Coca-Morante (2004), los rendimientos de los cuatro tratamientos químicos funguicidas (Manzate, Taspas, Bravo 500 y Curathane) se tiene de 38.3 – 40.6 tn/ha y el testigo 24.0 tn/ha, con el ecotipo de Gigante de Copacabana. Heredia (1996), reporta un promedio de 17.8 tn/ha para la variedad de Usnayo –1.

El rendimiento de vaina verde fue alto según los tratamientos, esto debido que el ecotipo ha expresado toda su potencial genética en productividad, todas las condiciones favorables a lo máximo se ha facilitado en densidad de siembra, labores culturales, riego, fertilidad del suelo, etc. Pero existe también reportes de otros ecotipos como Quellu C'kocha en Potosí se obtuvieron los rendimientos superiores en vaina verde, se dio con los cultivares Banana Chejchi y Pairumani 1, con 30 y 25 tn/ha (Crespo 1995 citado por Waaijenberg y Caro, 2000).

Cuadro 14. Promedios de rendimiento de vaina verde y la prueba de Tukey al (5%)

| Tratamiento | Promedio (Kg/ha) | Duncan (P 5%) |
|-------------|------------------|---------------|
| T3 | 40021 | A |
| T2 | 34008 | AB |
| T4 | 30582 | B |
| T5 | 28829 | BC |
| T1 | 23577 | C |

En comparación del tratamiento T4 *Trichoderma sp* se ha visto que los tratamientos de T3 y T2 de productos químicos curativos son superiores, mientras el T5 con producto químico preventivo fue casi similar, pero el testigo T1 fue inferior.

4.4.6 Rendimiento de Grano Seco (kg/ha)

Los datos de rendimientos de grano seco sometidos al análisis de varianza, se puede observar en el Cuadro 15 que entre los bloques fue no significativo a ($P < 0.05$). Que entre los tratamientos fue altamente significativo, lo que refleja los diferentes tratamientos para el control de enfermedades foliares.

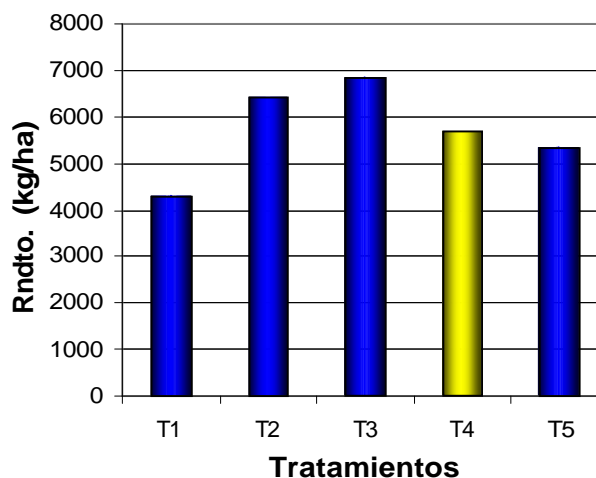
El coeficiente de variación de 8.42 % que nos indica que el diseño fue adecuado para este variable.

Cuadro 15. Análisis de varianza en rendimiento de grano seco.

| Fuente de variación | G. L. | S.C. | C.M. | F Cal. | Pr. > F |
|---------------------|-------|-------------|------------|--------|-----------|
| Bloque | 3 | 1442386.39 | 480795.46 | 2.07 | 0.1573 NS |
| Tratamiento | 4 | 15742227.76 | 3935556.94 | 16.98 | 0.0001 ** |
| Error | 12 | 2782107.81 | 231842.32 | | |
| Total | 19 | 19966721.96 | | | |

GL = Grado de Libertad; SC = Sumatoria de Cuadrado; CM =Cuadrado Medio; F Cal. = F Calculada; Pr. F = Probabilidad de F; NS = No Significativo; * = Significativo; ** = Altamente Significativo.

CV = 8.42 %

**Figura 11.** Rendimiento de grano seco (kg/ha).

En la Figura 11 observamos de los rendimientos de grano seco del ecotipo Usnayo según los tratamientos T3 y T2 de químicos funguicidas sistémicos son superiores al respecto del tratamiento T4 biológico, mientras los tratamientos T5 químico preventivo y testigo T1 son inferiores. Según Choque (2005), reporta que los ecotipos de Cumana y Usnayo tuvieron el rendimiento de grano seco de 5070.96 y 3643.22 kg/ha, el estudio fue realizado a orillas de Lago Titicaca, de Cumana, provincia Los Andes.

En el Cuadro 16 según la prueba de comparación múltiple de Tukey aplicado a los valores promedios del rendimiento de grano seco muestran que T3 y T2 existe poca diferencia, T2 y T4 la diferencia fue grande, T4 y T5 la diferencia fue mínima, mientras T1 (testigo) fue bajo.

El tratamiento T3 tiene el mejor rendimiento, por que el producto químico curativo fue efectivo, en controlar las enfermedades foliares.

Cuadro 16. Promedios y pruebas de Tukey para el rendimiento de grano seco (kg/ha).

| Tratamiento | Promedio (kg/ha) | Duncan (P 5%) |
|-------------|------------------|---------------|
| T3 | 6843.4 | A |
| T2 | 6430.2 | AB |
| T4 | 5671.1 | BC |
| T5 | 5339.5 | CD |
| T1 | 4298.0 | D |

Comparando el tratamiento T4 *Trichoderma sp* con otros tratamientos se semeja el rendimiento con el T5 químico preventivo, mientras el tratamiento T3 fue superior, pero el testigo fue inferior en rendimiento.

El rendimiento de grano seco fue alto según los tratamientos, esto debido que se ha facilitado todas las condiciones favorables en densidad de siembra, labores culturales, riego, fertilidad del suelo, etc. para que el ecotipo se exprese toda su potencial genética en la producción. Que mayor rendimiento de grano seco, se obtuvo con el cultivar Usnayo-1 con 3.6 ton/ha (Heredia, 1996).

Mientras con otras variedades han llegado en el rendimiento como reportan Crespo (1995) citado por Waaijenberg y Caro (2000), en alturas de Tarija en Campanario los cultivares Pairumani 4, Habilla y Pairumani 5 dieron rendimientos de 6.0, 5.7 y 5.6 t/ha de grano seco.

4.4.7 Peso de 100 granos secos (gramos)

Las características del grano seco fueron registradas de los tratamientos en estudio, siendo el principal el peso de 100 granos secos por tratamiento y luego por último por categorías de grano según el tamaño (clasificado).

Se puede observar en el Cuadro 17 de análisis de varianza, que entre los bloques del experimento fue no significativo, pero entre los tratamientos fue significativo por que existe una diferencia, debido que los tratamientos del control tienen un efecto diferente ante las enfermedades foliares.

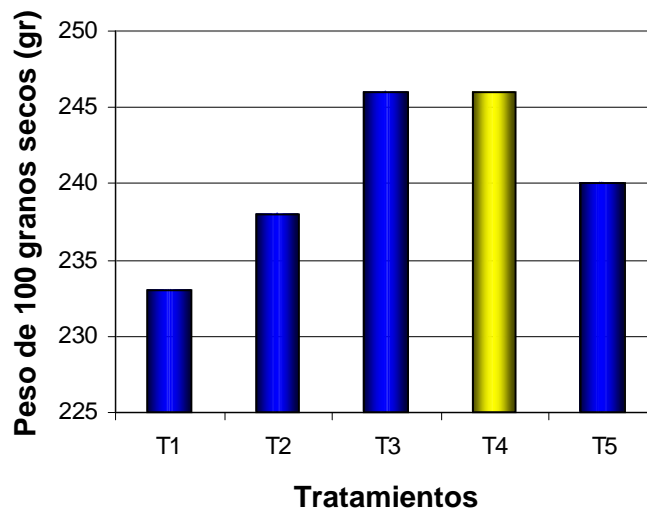
Cuadro 17. Análisis de varianza de 100 granos secos (gramo)

| Fuente de variación | G. L. | S.C. | C.M. | F Cal. | Pr. > F |
|---------------------|-------|----------|----------|--------|----------|
| Bloque | 3 | 130.6600 | 43.5533 | 1.63 | 0.234 NS |
| Tratamiento | 4 | 497.1570 | 124.2892 | 4.65 | 0.016 * |
| Error | 12 | 320.6750 | 26.7229 | | |
| Total | 19 | 948.4920 | | | |

GL = Grado de Libertad; SC = Sumatoria de Cuadrado; CM =Cuadrado Medio; F Cal. = F Calculada; Pr. F = Probabilidad de F; NS = No Significativo; * = Significativo; ** = Altamente Significativo.

CV = 2.15 %

El coeficiente de variación calculado de 2.15 % fue un valor que muestra buen grado de confiabilidad en el manejo de datos del experimento.

**Figura 12.** Peso de 100 granos secos (gramos)

En la Figura 12 podemos ver que el peso de 100 granos secos en gramos con respecto del tratamiento T4 biológico, los químicos están con que T3 fue similar, mientras los T5, T2 y T1 son inferiores. Reporta Mamani (2007), con accesión usnayo obtuvieron 263.1 gramos por peso de cien semillas, en el Altiplano Norte de La Paz. En la región de Cumana, a orillas de Lago Titicaca, se ha observado el peso de 100 granos secos comerciales en gramos, del ecotipo Usnayo se obtuvo el peso de 273.53 gramos (Choque, 2005).

Respecto al peso de grano de los diferentes cultivares de haba, se puede observar que en localidad de Chirapaca se tiene los siguientes resultados: PLG-201 con 240 gramos, Usnayo con 195 gramos, Pairumani 1 con 185 gramos, PLG 101 con 182 gramos y Pairumani 5 con 170 gramos. (CORDEP, 1994).

Cuadro 18. Promedios de peso 100 de granos secos (gramos) y la prueba de Duncan al (5%)

| Tratamiento | Promedio (Gramos) | Duncan (P 5%) |
|-------------|-------------------|---------------|
| T4 | 246.45 | A |
| T3 | 246.42 | A |
| T5 | 240.65 | AB |
| T2 | 238.10 | AB |
| T1 | 233.48 | B |

El tratamiento T4 *Trichoderma sp* en comparación con T3 no existe diferencia, mientras con el tratamiento preventivo de químicos la diferencia que existe fue pequeño, pero con los tratamientos T2 y T1 la diferencia fue mayor. Este efecto se debe probablemente al hongo.

Según IBTA-PNLG (1996), indica que el peso de 100 semillas guarda estrecha relación con el tamaño de grano, en consecuencia existe un efecto compensatorio entre el tamaño de grano y su peso; es decir, mayor tamaño y peso de grano existe menos número de granos y viceversa.

Clasificación de calidad de grano seco en porcentual

Cuadro 19. Clasificación de los calibres de granos secos según el peso

| Tratamientos | Total % | Clasificación de grano seco por calibre en % | | | | | |
|--------------|---------|--|---------|---------|---------|--------|----------|
| | | Extra | Primera | Segunda | Tercera | Cuarta | Descarte |
| T1 | 100 | 12.0 | 36.0 | 29.5 | 15.4 | 4.40 | 2.7 |
| T2 | 100 | 16.2 | 37.3 | 26.0 | 15.7 | 3.7 | 1.1 |
| T3 | 100 | 18.8 | 39.2 | 25.1 | 13.1 | 2.7 | 1.1 |
| T4 | 100 | 21.4 | 37.9 | 23.3 | 12.3 | 3.7 | 1.4 |
| T5 | 100 | 20.4 | 37.2 | 23.4 | 14.6 | 3.1 | 1.2 |

La clasificación de grano seco por calibre en porcentaje que muestra el Cuadro 19, de las frecuencias relativas para la producción de grano seco de los diferentes tratamientos en estudio, que tiene efectos en el tamaño de grano. Que el T4 y T5 tienen mayor porcentaje de extra, mientras en tamaño primera todos los tratamientos son similares. El tamaño segunda tiene mayor porcentaje el T1, seguido por los T2 y T3, menor porcentaje tiene los T4 y T5. En tamaño tercera las diferencias no son significativas entre los tratamientos.

Los resultados de los calibres son similares al reporte de Milán (1994) citado por CORDEP (1994), al cultivar PLG 201, mientras al cultivar Usnayo tampoco existe mucha diferencia, tal vez la adaptabilidad, el mejoramiento natural y el manejo del cultivo, ha llevado mejorar los calibres del ecotipo.

Frecuencias relativas de calidad de grano de haba de exportación en el cultivar Usnayo es lo siguiente: Primera 10%, segunda 35 %, tercera 32 % y cuarta 23 %. El cultivar PLG 201 tiene extra 22%, primera 31%, segunda 23%, tercera 19% y cuarta 6%. (Milán 1994 citado por CORDEP 1994)

Cardona (2000), indica que la calidad de la producción de haba seca en Copacabana tiene siguientes calibres en porcentaje: extra 20%, primera 50%, segunda 15 %, tercera 14 % y cuarta o descarte 1 %.

La proporción de haba seca de calibres grandes (extra y primera), puede deberse a características varietales y también a la capacitación informal o inducción de las empresas exportadoras (Balderrama *et al.* 2001).

4.4.8 Determinación de *Trichoderma sp* sobre los agentes causantes de manchas foliares.

El crecimiento de la población del hongo de *Trichoderma sp* sobre los agentes causantes de enfermedades fungosas foliares, podemos observar en la Figura 13 la curva de comportamiento del hongo antagonico, que después de 48 horas de la primera aplicación, de los foliolos recolectados del tratamiento T4, se observa que el 4.2 % de plantas tienen la presencia del hongo *Trichoderma sp*. (72 días).

Antes de la segunda aplicación la presencia del hongo es 0.0%, y después de 48 horas de la segunda aplicación, la presencia fue 20.8 %, antes de tercera aplicación la presencia fue de 8.3 % después aumentó a 66.7 %, antes de cuarta aplicación se ha registrado 58.3 % después alcanza la presencia de 79.2, antes de quinta aplicación que existe una caída de la presencia del hongo que 41.7 % luego a los 48 horas de inoculación se obtiene la presencia de 62.5 %, antes de sexta aplicación se tiene de 58.3%, después aumenta a 79.2 %.

En séptima aplicación, pero más antes se observa la presencia de hongo donde existe en 75.0 % de plantas, después se muestra que aumenta a 91.7 %, antes de octava aplicación se ha registrado la presencia de 75.0 % después se observa la presencia en 79.2 % y por último antes de novena aplicación se ha contabilizado la presencia de 54.2 % con este se termina la evaluación, por la novena aplicación ya no se realiza debido que las vainas maduraron.

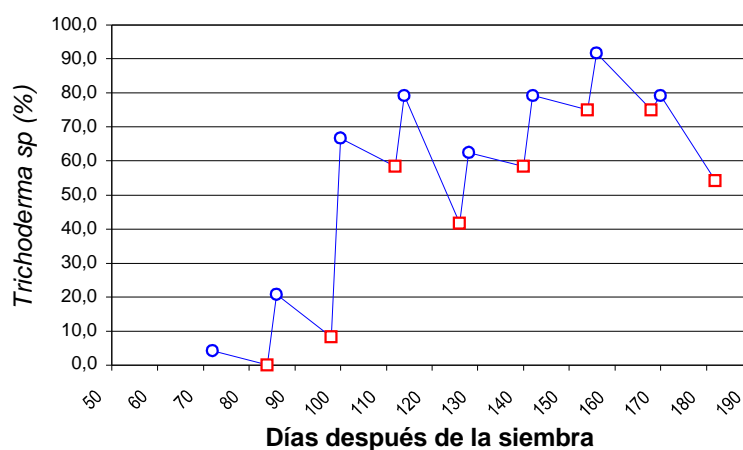


Figura 13. El comportamiento de presencia de *Trichoderma sp* sobre los agentes causantes de manchas foliares.

Al observar el comportamiento de la curva podemos inferir, después de aplicar el hongo siempre tiene la tendencia de bajar, esto podría atribuirse a las condiciones del medio ambiente (temperatura, humedad y otros), pero también existe períodos donde el hongo se desarrolla rápidamente y se adapta.

Al principio de las primeras aplicaciones se puede ver que la población del hongo es muy baja, por que las plantas son pequeñas, no forma dentro de los follajes un microclima, los rayos del sol caen con su mayor intensidad, llueve poco.

En la tercera y cuarta inoculación existe mayor adaptación del hongo sobre las manchas foliares, las condiciones ambientales fueron mejores, buena humedad, temperatura adecuada, pero antes de quinta aplicación existe una caída considerable por que el día 126 en la madrugada llegó la temperatura en bajo cero, lo que afecto la reducción de la población.

En la quinta, sexta y séptima aplicación del hongo se registra un crecimiento de población del hongo, debido a las buenas condiciones de clima (humedad, temperatura y otros factores) existe bastante follaje que forma un microclima especial en el interior de cultivo dando buenas condiciones para el hongo.

En las últimas lecturas podemos observar que la población hongos se va disminuyendo, las temperaturas van bajando considerable y cae poca precipitación, por que se aproximaba la estación de otoño.

El hongo antagónico cuando existen buenas condiciones medio ambientales, se desarrolla sobre los hongos fitopatógenos por competencia por el espacio y nutrientes va controlando el crecimiento. *Trichoderma sp* controla las enfermedades del follaje: Botrytis, Mildeu Polvoso, Mildeu Lanoso, entre otros. Si se aplica foliarmente se debe usar adherente el cual es indispensable con el uso de este producto. El *Trichoderma sp* es un producto para usarlo de manera preventiva y no curativa (CDA 1999, citado por Quispe 2006).

4.4.9 Correlación entre los variables.

Esta correlación se realizó para mostrar los pares de asociaciones de variables, para seleccionar y comparar las relaciones y influencias que existen entre ellas.

En el Cuadro 20, la relación entre los variables de NRP y NVP existe alta relación. En rendimiento RVV, RGS con NVP existe alta relación. El número de vainas por planta con respecto al rendimiento existe la correlación de Pearson de 0,67, mientras en la

asociación de ramas por planta a vainas por planta existe la relación de 0,62, pero ramas por planta con el rendimiento existe la relación de 0,53. (PNS, 2006).

El valor de correlación entre el rendimiento de grano seco y vaina verde es la más alta, porque existe mucha dependencia entre las variables.

Cuadro 20. Correlación entre las variables.

| | NRP | NVP | NGV | ALP | RVV | RGS | P100S |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|
| NRP | 1 | | | | | | |
| NVP | 0,945 | 1 | | | | | |
| NGV | 0,798 | 0,736 | 1 | | | | |
| ALP | 0,602 | 0,701 | 0,679 | 1 | | | |
| RVV | 0,897 | 0,976 | 0,849 | 0,629 | 1 | | |
| RGS | 0,889 | 0,965 | 0,866 | 0,658 | 0,973 | 1 | |
| P100S | 0,819 | 0,847 | 0,805 | 0,584 | 0,852 | 0,836 | 1 |

NRP = Número de Ramas por Planta; NVP = Número de Vainas por planta; NGV = Número de Granos por Vaina; ALP = Altura de la Planta; RVV = Rendimiento de Vaina Verde; RGS = Rendimiento de Grano Seco; P100S = Peso de 100 Semillas.

Podemos observar las relaciones de ALP con NVP, NVP con NGV, NRP y NGV, fueron significativas. Mientras ALP Y P100S fue aceptable, en razón de altura de planta al peso de 100 semillas a condiciones de altura. La altura de la planta con relación a vainas por planta es 0,10, al ramas por planta 0,25, y al longitud del vaina de 0.16 (PNS, 2006).

4.5 En laboratorio

4.5.1 Velocidad de crecimiento

Se ha probado en dos medios de cultivo, en cual se confirmó que los hongos se desarrollaron mejor en medio de cultivo de HDA (Haba Dextrosa Agar) y en PDA (Papa Dextrosa Agar) también se desarrollo pero de menor tamaño.

- Foliar

En el medio de cultivo de HDA, como muestra la Figura 14 podemos observar las curvas de velocidad de crecimiento de hongos fitopatógenos foliares y de referencia

el hongo antagonístico de *Trichoderma sp*, que gradualmente creció en 96 horas los patógenos alcanzaron los siguientes diámetros como *Trichoderma sp* que llenó la placa de 9 cm de diámetro, *Botrytis fabae* alcanzó 5.8 cm de diámetro, *Ascochyta fabae* obtuvo 3.6 cm de diámetro, *Alternaria sp* solo creció 2.6 cm de diámetro y por último tenemos a *Phoma sp* con 1.9 cm de diámetro.

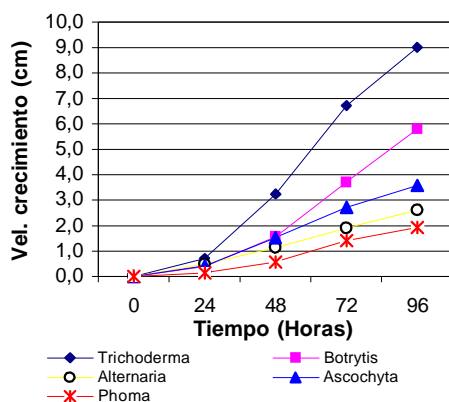


Figura 14. Curvas de velocidad de crecimiento en hongos fitopatógenos foliares y *Trichoderma sp*, en medio de cultivo de HDA.

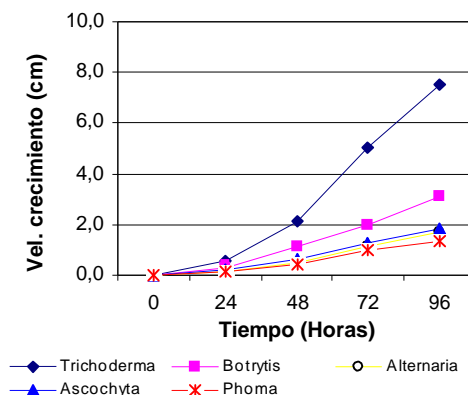


Figura 15. Curvas de velocidad de crecimiento en hongos fitopatógenos foliares y *Trichoderma sp*, en medio de cultivo de PDA.

En medio de cultivo de PDA, las curvas de velocidad de crecimiento como se observa en la Figura 15, se pudo evidenciar que en 96 horas, *Trichoderma sp* obtuvo 7.5 cm de diámetro, *Botrytis fabae* con 3.2 cm diámetro, seguidos de *Ascochyta fabae* y *Alternaria sp* con 1.9 y 1.7 cm de diámetro, por último tenemos a *Phoma sp* tan solo con 1.4 cm de diámetro.

- Suelo.

En la Figura 16, se puede observar las curvas de crecimiento de los diferentes fitopatógenos del suelo y de referencia el hongo antagonístico de *Trichoderma sp*, en el medio de cultivo de HDA, que en 96 horas existió los siguientes resultados. *Trichoderma sp* registró 9 cm de diámetro de crecimiento, *Fusarium sp* y *Rhizoctonia sp* tan solo alcanzaron 2.0 y 1.9 cm de diámetro respectivamente.

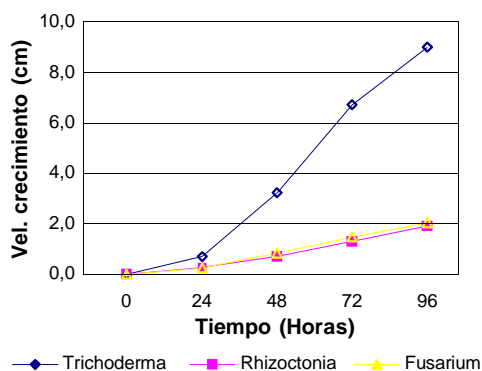


Figura 16. Curvas de velocidad de crecimiento en hongos fitopatógenos del suelo y *Trichoderma sp* en medio de cultivo de HDA.

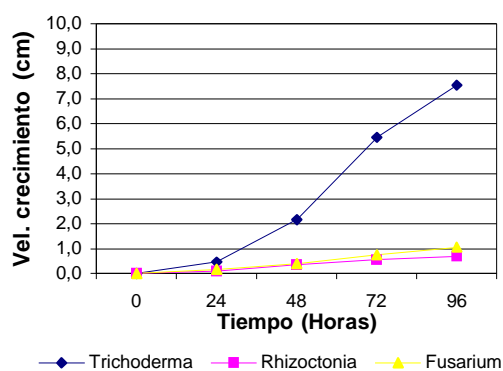


Figura 17. Curvas de velocidad de crecimiento en hongos fitopatógenos del suelo y *Trichoderma sp* en medio de cultivo de PDA.

En el medio de cultivo de PDA que nos sirve para determinar la velocidad de crecimiento que se puede observar en la Figura 17, podemos evidenciar que en 96 horas *Trichoderma sp* obtuvo 7.6 cm de diámetro, mientras *Fusarium sp* y *Rhizoctonia sp* solo registraron de 1.1 y 0.7 cm de diámetro.

4.5.2 Enfrentamiento de los hongos

a) *Botrytis fabae* Sard. vs. *Trichoderma sp*

El enfrentamiento de los hongos, se observó cuando ambos micelios de crecimiento entran en contacto (chocan), después de 60 horas de siembra, existe la competencia de nutrientes y por el espacio, *Trichoderma sp* gracias a su velocidad de crecimiento lo cierra al *Botrytis fabae* y no deja crecer, que al principio estaba defendiendo su espacio el fitopatógeno, después fue cubierto por encima totalmente con el micelio de hongo antagónico a 125 horas. Como podemos observar en el Foto 19, el enfrentamiento.

b) *Ascochyta fabae* vs. *Trichoderma sp*

El choque de micelios ocurrió a los 69 horas después de la siembra, el hongo *Trichoderma sp* a bloqueado y a encerrado rápidamente con su velocidad de crecimiento, en competencia por nutrientes y el espacio, no ha dejado crecer al

Ascochyta fabae, luego cubrió por encima con su micelio en 120 horas y ahoga al fitopatógeno lentamente, pero el *Ascochyta fabae* libera un antibiosis antes que sea cubierto, en su propia defensa del otro hongo. El Foto 21 muestra el enfrentamiento.

c) *Alternaria sp* vs. *Trichoderma sp*

Desde la siembra de los inóculos hasta el enfrentamiento tardó 70 horas, después del contacto *Alternaria sp* emitió una antibiosis, para protegerse del micelio de *Trichoderma sp* pero lentamente fue debilitando su resistencia hasta que los micelios de *Trichoderma sp* le cubrieron rápidamente en 120 horas. El Foto 20 se puede ver el enfrentamiento entre los hongos.

d) *Phoma sp* vs. *Trichoderma sp*

El enfrentamiento de los micelios de los hongos ocurre a 75 horas después de la siembra, como en la Foto 22, *Trichoderma sp* con sus micelio le cierra y bloquea el crecimiento del *Phoma sp*, el crecimiento de fitopatógeno es lento, mientras el *Trichoderma* tiene una velocidad crecimiento fue rápida, que hasta cubrir totalmente con su micelio tardó 105 horas.

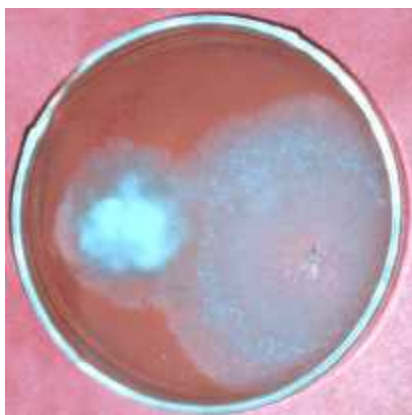
e) *Fusarium sp* vs. *Trichoderma sp*

Los micelios se encuentran a 72 horas, para cual el patógeno *Fusarium sp* al principio emitió una antibiosis para protegerse de los micelio del otro hongo, la resistencia fue debilitandose, cuando lentamente *Trichoderma sp* le ganó y después cubrió rápidamente por encima tapó y bloqueó el crecimiento del fitopatógeno, en el tiempo de 118 horas. La competencia fue por el espacio y el alimento de los nutrientes.

f) *Rhizoctonia sp* vs. *Trichoderma sp*

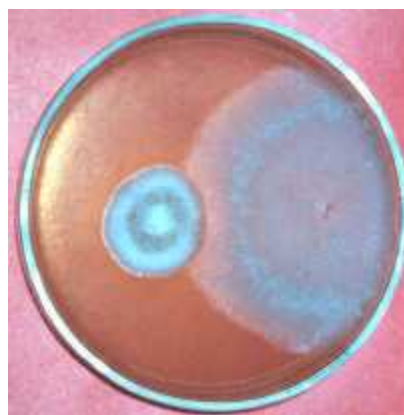
Se pudo evidenciar el enfrentamiento ocurrió a 70 horas, cuando existe el encuentro entre micelios de los hongos, al principio existe una resistencia de *Rhizoctonia sp*, posteriormente *Trichoderma* le gana cubriendo por encima, de esta forma va quitando el espacio por la competencia de nutrientes, en cubrir totalmente en 120 horas. Se puede observar en el Foto 24.

Enfrentamiento *Trichoderma* sp con hongos fitopatógenos en in vitro a 80 horas



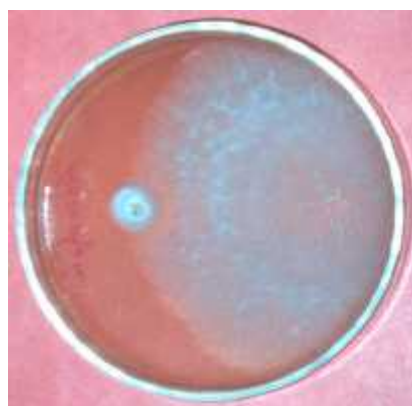
Elaboración: propia

Foto 19. *Trichoderma* sp vs *Botrytis fabae*



Elaboración: propia

Foto 20. *Trichoderma* sp vs *Alternaria* sp



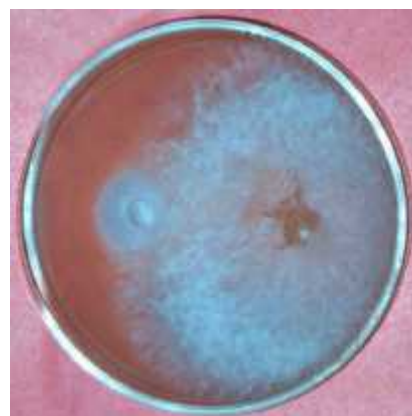
Elaboración: propia

Foto 21. *Trichoderma* sp vs *Ascochyta fabae*



Elaboración: propia

Foto 22. *Trichoderma* sp vs *Phoma* sp



Elaboración: propia

Foto 23. *Trichoderma* sp vs *Fusarium* sp



Elaboración: propia

Foto 24. *Trichoderma* sp vs *Rhizoctonia* sp

4.5.3 Parasitismo en el campo de *Trichoderma sp*

En las hojas recolectada del tratamiento T4 del campo experimental, en donde se observó el parasitismo de *Trichoderma sp* sobre los hongos fitopatógenos del cultivo, con la ayuda de estereoscopio y microscopio.

En lugares de manchas foliares causados por enfermedades fungosas, comienza a desarrollarse *Trichoderma sp*, primero comienza a germinar, se fija votando austorios, luego comienza a crecer sus micelios lanosos rápidamente hasta cubrir al fitopatógeno de esta forma controla su crecimiento ocupando el espacio, por último va formando sus estructuras fructíferos de color verde oscuro hasta esporular sus conidias, pero mucho ha dependido de factores del medio ambiente (temperatura, humedad y otros).

Al observar el parasitismo sobre los agentes causantes de las manchas fungosas foliares, colonizando hasta cubrir al fitopatógeno. Que las hifas de *Trichoderma sp* van degradando y un crecimiento en busca de espacio y de los nutrientes, lo asfixian, de esta manera controlan el crecimiento del otro.

El micoparasitismo es el fenómeno por lo cual un hongo coloniza a otro, cubriendo una gran cantidad de eventos en este tipo de interacción. Este proceso puede ser dividido en cuatro sucesos principales: a) Crecimiento quimiotrófico, b) Reconocimiento, c) Adhesión y d) Degradación (BIOCONTROL, 2002).

4.6 Costos.

4.6.1 Análisis Económico en producción de vaina verde

En rendimiento total en vaina verde, según cada tratamiento existe la diferencia, pero en la rentabilidad de producción es excelente, se hizo que el ecotipo usnayo que exprese toda su potencialidad productiva genética.

En el Cuadro 21, se muestran los resultados del análisis económico para la producción de vaina verde.

Cuadro 21. Análisis económico de vaina verde

| Tratamientos | Costo Total (Bs/ha) | Beneficio Bruto (Bs/ha) | Beneficio Neto (Bs/ha) | Beneficio Costo |
|--------------|---------------------|-------------------------|------------------------|-----------------|
| T1 | 7705.5 | 18861.60 | 11156.10 | 1.45 |
| T2 | 9005.5 | 32307.60 | 23302.10 | 2.59 |
| T3 | 9245.5 | 38019.95 | 28774.45 | 3.11 |
| T4 | 8875.5 | 29052.90 | 20177.40 | 2.27 |
| T5 | 8525.5 | 27387.55 | 18862.05 | 2.21 |

El tratamiento T3 de producto químico curativo, tiene mayor Beneficio Costo, debido que se ha controlado las enfermedades foliares fungosas con mayor eficiencia. El testigo alcanzó menor Beneficio Costo, pero todavía tiene ganancia, esto probablemente se ha tenido algún efecto con densidad de siembra en distancia de surco de 0.8 cm, buen manejo en labores culturales y el riego.

En comparación al costo de producción tenemos mayor egreso y también se tiene mayor ingreso. Según Choque (2005), reporta el análisis económico para vaina verde, que el costo de producción para el cultivo de haba en el altiplano Norte, de ecotipo Usnayo es 4674.81 Bs/ha, en B/C se tiene 2.53 en condición secano.

El tratamiento T4 de *Trichoderma sp* en comparación al tratamiento mejor T3, existe la diferencia con excepto este tratamiento tiene consecuencias colaterales, mientras del testigo es el peor en el rendimiento a nuestro rentabilidad. Lo que nos indica este tratamiento es rentable, y además no tiene ninguna consecuencia.

4.6.2 Análisis económico en producción de grano seco

Se muestra en el Cuadro 22 el análisis económico para el grano seco, el costo de producción para el cultivo de haba en el Altiplano Norte, según cada tratamiento existe diferencia y la rentabilidad de la producción fue satisfactoria, por que facilitamos todos los requerimientos que se puede dar al cultivo, el resultado es la expresión genética de toda la potencialidad productivo del ecotipo Usnayo.

Cuadro 22. Análisis económico de grano seco

| Tratamientos | Costo Total (Bs/ha) | Beneficio Bruto (Bs/ha) | Beneficio Neto (Bs/ha) | Beneficio Costo |
|--------------|---------------------|-------------------------|------------------------|-----------------|
| T1 | 6980.50 | 19068.17 | 12087.67 | 1.73 |
| T2 | 8055.50 | 29599.05 | 21543.55 | 2.67 |
| T3 | 8060.50 | 32366.01 | 24305.51 | 3.02 |
| T4 | 8068.00 | 26838.11 | 18770.11 | 2.33 |
| T5 | 7725.50 | 25101.22 | 17375.72 | 2.25 |

El tratamiento T3 tiene mayor Beneficio Costo, es debido al control eficiente de las enfermedades foliares fungosas. Mientras el testigo tiene menor Beneficio Costo, pero tiene algo de rentabilidad, probablemente a buen manejo del cultivo en labores culturales, riego, densidad de siembra.

En costos de producción en lo general tenemos mayor egreso y mayor ingreso, esto se muestra en el Cuadro 22, en comparación de los reportes existentes señalan, en el análisis de costos de producción de haba en grano seco en la localidad de Cumana, del ecotipo Usnayo es de 4.598,81 Bs/ha, con B/C de 1,88 bajo las condiciones de sin riego (Choque, 2005). Reporta PROATEC (1995) citado por Balderrama *et al.* (2001), el costo de producción de haba seca en el departamento de La Paz, en la comunidad de Pariri, a valor total de 622,6 \$us/ha.

En comparación al tratamiento T4 de *Trichoderma sp*, con T3 le supera, pero este tratamiento tiene consecuencias colaterales, mientras el testigo es inferior en ganancias. Este tratamiento es rentable, y además no tiene ninguna consecuencia.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados y resultados obtenidos, en el presente trabajo de campo y laboratorio, se llegó a las siguientes conclusiones:

- Las condiciones edafo-climáticas de precipitación, temperatura, humedad relativamente en promedio fueron favorables para el cultivo de haba *Vicia faba* L., durante su desarrollo, influyendo significativamente en el comportamiento epidemiológico de las enfermedades fungosas foliares.
- El uso de *Trichoderma sp* para el control de las enfermedades fungosas foliares es significativamente eficiente, como biocontrolador preventivo, pero depende de las condiciones de temperatura, humedad y otros.
- Las principales manchas foliares fungosas que se presentaron en el Altiplano Norte de La Paz, en la localidad Chirapaca, son la mancha chocolate causado por *Botrytis fabae*, antracnosis provocado por *Ascochyta fabae*, mancha negra o concéntrica causada por *Alternaria sp*, la roya ocasionado por *Uromyces fabae*, también se presentaron *Phoma sp* y *Leptosphaerulina sp*.
- Los principales enfermedades fungosas identificadas que causan las pudriciones radiculares en el suelo son *Rhizoctonia sp* y *Fusarium sp*.
- La velocidad de crecimiento en condiciones controladas in vitro en el laboratorio, a 96 horas los hongos alcanzaron significativamente diferentes diámetros, el hongo antagónico *Trichoderma sp* alcanzó mayor desarrollo, mientras los hongos fitopatógenos menor desarrollo como *Botrytis fabae*, *Ascochyta fabae*, *Alternaria sp* y por último *Phoma sp*.
- A condiciones controladas in vitro en el laboratorio, el enfrentamiento entre el hongo antagónico *Trichoderma sp* y los hongos fitopatógenos, todos fueron cubiertos por competencia de espacio y nutrientes, por la velocidad del crecimiento mas rápida de *Trichoderma sp*, con diferencia que los otros son lentos en su crecimiento.

- El comportamiento epidemiológico de las enfermedades foliares fungosas, en la incidencia al inicio fue significativa, con respecto al T1 fue mayor, de T4 y T5, mientras T2 y T3 fue menor, pero al final de 152 días casi todos los tratamientos llegaron al 100% de incidencia. La severidad evaluado desde 81 a 179 días, que al final se agrupan en tres grupos, el testigo alcanzó 40%, *Trichoderma sp* y químico preventivo están en 25 %, y los químicos curativos están por debajo de 13%.
- En el campo se ha determinado, que *Trichoderma sp* sobre los agentes causantes de manchas foliares, que el crecimiento poblacional aumentó cada vez que se inoculaba hasta llegar en 90 %, los factores limitantes para que baje la población es la temperatura, humedad y otros.
- Los rendimientos de vaina verde y grano seco son altos entre los tratamientos, obteniendo mayores rendimientos por hectárea en los tratamientos T3 y T2 (químicos curativos), mientras T4 (*Trichoderma sp*) y T5 (químicos preventivos) lo siguen y con menor rendimiento está el testigo T1.
- El análisis económico representado por el B/C para el tratamiento T4 *Trichoderma sp* fue satisfactorio en comparación a los otros que fueron mayores y menores.

6. RECOMENDACIONES

Sobre la base de los resultados obtenidos del presente trabajo, se recomienda lo siguiente:

- Realizar la réplica del ensayo en diferentes localidades, el uso del hongo *Trichoderma sp* para el control de enfermedades fungosas, para tener respuestas con un amplio rango de condiciones climáticas.
- Es necesario determinar la dosis más eficiente de esporas por centímetro cúbico, a partir de la dosis usada en el trabajo, para la aplicación en la parte foliar.
- Efectuar una cuantificación sobre la proliferación del hongo *Trichoderma sp* al final del ciclo de cultivo de haba.
- Se recomienda tener un termómetro en la parcela, para controlar la temperatura, si en caso que existe un descenso de temperatura existe mayor probabilidad que las poblaciones de *Trichoderma sp* mueran.

7. BIBLIOGRAFIA

- AGRIOS, G. 1996. Fitopatología: Efecto del ambiente en la producción de las enfermedades infecciosas. Editorial Limusa, S. A. Grupo Noriega Editores. México. 149 – 154 Págs.
- ARTEAGA, Y. 2001. Métodos de investigación Agropecuaria y utilización del Software Estadístico MSTATC. La Paz – Bolivia. 42 Págs.
- AWAD, R. 1993. Secado y Formulación de *Trichoderma harzianum*, Para el Control Biológico de la Pudrición gris. Tesis Magíster en Ciencias de la Ingeniería. Pontificia Universidad Católica de Chile 163 Págs.
- BALDERRAMA, F., IRIARTE V., BAREA O., IPORRE, G., CARRASCO, E. 2001. Cadena Alimentaria del Haba de Altura para Exportación (Estudio Preliminar). Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. 48 Pág.
- BARNETT, H. Y HUNTER, B. 1972. Illustrated genera of Imperfect Fungi: Descriptions and illustrations of genera. Third Edition Burgess Publishing Company. California, USA. 242 pags.
- BIOCONTROL. 2002. Monografía *Trichoderma spp.* Agencia de Control Biológico. Candelaria – Colombia.
- CARDONA, C. 2000. Estudio Integral sobre el producto haba en el departamento de Potosí. Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca. Servicio Holandés de Cooperación y Desarrollo. Sucre, Bolivia 94 Págs.
- CATACORA, C. J. 2000 Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades del Cultivo de Haba (Vicia faba) en el Altiplano Norte y Central. Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Fac. Agronomía, UMSA La Paz, Bolivia.
- CHOQUE, E. 2005. Comportamiento Agronómico de tres variedades y tres ecotipos de haba (Vicia faba L.) en la comunidad Cumana, Provincia Los Andes, La Paz. Tesis de grado para obtener el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Católica Boliviana “San Pablo” Unidad Académica Campesina Tiahuanaco Ingeniería Agronómica. La Paz, Bolivia. pag.110.
- COCA-MORANTE, M. 2003. Manchas foliares en el Cultivo de la Alfalfa en el Altiplano Norte de La Paz, Bolivia. Boletín Técnico N° 1. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz Bolivia. 4 Pág.

- _____ 2004, Efecto de la densidad de siembra en la incidencia de enfermedades foliares causadas por hongos y rendimiento potencial del cultivo del haba (*Vicia faba* L.) en el Altiplano Norte de La Paz. Facultad de Agronomía, UMSA, La Paz, Bolivia.
- _____ 2004, Primer reporte en Bolivia: Hongos parásitos y saprofitos foliares en pino de cerro (*Podocarpus parlatorei*). Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz –Bolivia.
- _____ 2004. Enfermedades foliares del haba (*Vicia faba* L.) en el Altiplano de La Paz y su manejo. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. Boletín Técnico. La Paz, Bolivia. 4 Pág.
- _____ 2005. Enfermedades foliares del haba (*Vicia faba* L.): Nuevas y emergentes enfermedades de haba en el Altiplano de La Paz. Oficina Regional de Semillas La Paz. Boletín Técnico 1. La Paz, Bolivia. 4 Pág.
- CORDEP. 1994 Seminario Taller sobre Haba de Exportación (memorias). Cochabamba Bolivia.
- CRESPO, M. 1996. Haba (*Vicia faba* L.). En las leguminosas en la agricultura boliviana. Cochabamba, Bolivia. Págs. 175 –192.
- CRUZ, D. 2001. Apuntes de Fitopatología. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 168 Págs.
- FALCONI-BORJA, C. 2001 Control Biológico de plagas, enfermedades y malezas de las plantas cultivadas- CD Multimedia (Biosoftware – Alemania).
- FERNÁNDEZ-LARREA, O. 2000 Principales Grupos de Microorganismos Entomopatógenos y Antagonistas: Antagonistas. Ed. rev. Bol. II. Habana, Cuba, Pág. 10
- _____. 2001, Microorganismos antagonistas para el Control fitosanitario: Producción de Bacterias y Hongos Antagonistas. (En línea). Habana, Cuba. Consultado 30 de octubre de 2005. Disponible en <http://www.inisav.larea/controlfitosanitario/trichoderma.ha.htm>
- FLORES, M. Y GONZALES E. 2006 Diseños Experimentales – Modelos Estadísticos. Efectos Fijos vs. Efectos Aleatorios. Revista de Agricultura. N° 37 Cochabamba. 40 - 42 Págs.
- FODUR, ORS-LP, FDTA, y FUNDACIÓN BOLINVEST. 2005. Haba: Preparación del terreno, siembra y riego. Cartilla N° 1 Maya. La Paz, Bolivia. 18 Pág.

- _____. 2005. Haba: Labores culturales, Manejo Integrado de plagas y enfermedades. Cartilla N° 2 Paya. La Paz, Bolivia. 18 Págs.
- _____. 2005. Haba: Cosecha y Postcosecha. Cartilla N° 3 Kimsa. La Paz, Bolivia. 18 Págs.
- _____. 2005. Haba: Mercado, Precio; Características del vendedor y Transformación. Cartilla N° 4 Pusi. La Paz, Bolivia. 18 Págs.
- FRENCH, E. R. Y HEBERT, T. T. 1982. Métodos de Investigación Fitopatológica. IICA San José, Costa Rica. 282 Pág.
- FUNDACIÓN BOLINVEST, 2005. Costos de Producción, Comercialización y Mercadeo. Cartilla Técnica. La Paz, Bolivia. 28 Págs.
- HERBAS A., R. 1983. Introducción a la Investigación Fitopatológica. Universidad Mayor de San Simón. La Paz, Bolivia. 209 Pág.
- HEREDIA, G. 1996. Enfermedades fúngicas foliares en zona de altura: métodos de control en haba. Informe anual 1995-1996. Programa Nacional de Leguminosas de grano. Altiplano Norte, La Paz (IBTA), La Paz, Bolivia. Pág. 30 – 38.
- IBTA – PNLG. (Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria – Programa Nacional de Leguminosas de Grano). 1996. Haba de Exportación. Tríptico. Cochabamba – Bolivia.
- _____. (Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria – Programa Nacional de Leguminosas de Grano). 1996. Manejo agronómico del haba. Tríptico Cochabamba – Bolivia.
- _____. (Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria – Programa Nacional de Leguminosas de Grano). 1996. Variedades de Haba. Tríptico. Cochabamba – Bolivia.
- INE (Instituto Nacional de Estadística). 2006. Estadística Socio – Económicas. Müller & Asociados. La Paz, Bolivia. 57 y 59 Págs.
- _____. 2005. Bolivia Atlas Estadístico de Municipios. La Paz, Bolivia. 198 y 199 Págs.
- INFOAGRO. (Información Agronómica) 2006. Plagas y Enfermedades de Cultivos Hortícola. www.infoagro.com.
- JICA (Agencia de Cooperación Internacional del Japón). 2006. El Haba: Manual de Producción. La Paz, Bolivia. 65 Págs.

- LIMACHI, Y. L. 2003. Contabilidad Agropecuaria: Naturaleza de los Costos Agropecuarios. Sucre, Bolivia. Pág. 51 – 55.
- MACA (Ministerio de Asuntos Campesino y Agricultura).2005. El Cultivo de Haba. Boletín Técnico. La Paz – Bolivia. Pags 34.
- MAGDR. (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural) 1998. Actividades Agrícolas de Altiplano. Calendario. La Paz, Bolivia.
- MAMANI, J. E. 2007. Variabilidad Genotípica de 180 Acciones de Germoplasma de Haba. Tesis de grado para obtener el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Andres, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. pag.100.
- MATTOS, G. 2000. Fisiología Vegetal. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. Pág. 147.
- MEMORIAS. 1997. 3ra. Reunión Nacional en Leguminosas y 4ta. Reunión Boliviana de Rhizobiología. La Paz, Bolivia.
- MENESES, R., WAAIJENBERG, H. Y PIÉROLA, L. 1996. Las Leguminosas en la agricultura boliviana Proyecto Rhizobiología Bolivia. Cochabamba, Bolivia. 434 pags.
- MILÁN A. MAX. 1994. Avances en el Mejoramiento Genético de Variedades de Haba para Exportación. Memoria de Seminario Taller sobre Haba de Exportación. Cochabamba, Bolivia. Pág. 10 – 118.
- NOYD, R. 2000. Mycology Reference Cards. Minnesota, USA. P.18. Reimpreso de: The American Phytopathological Society.
- OFICINA REGIONAL DE SEMILLAS POTOSÍ. 2003. Labores Culturales y control de plagas. Cultivo del haba II. Potosí, Bolivia. 18 Pág.
- OFICINA REGIONAL DE SEMILLA –LA PAZ, PROYECTO ACHACACHI, PREFECTURA LA PAZ Y JICA. 2005. Producción de Haba para consumo y semilla. La Paz, Bolivia. 48 Pág.
- PLAGBOL. 2004. Manejo Integrado de Plagas “Manual MIP”: Control con agentes Microbiológicos. Cartilla N° 6. La Paz, Bolivia. 56 - 59 Págs.
- POZO VILA, M. 1997. Memorias: III Reunión Nacional en Leguminosas, IV Reunión Boliviana de Rhizobiología, La Paz – Bolivia.
- PROBIOMA (Productividad Biosfera y Medio Ambiente, BO) 2004. Uso y Manejo de Agentes de Control Biológico: Trichoderma spp. Ed. rev. Santa Cruz, Bolivia. Pág. 20

- PROCIANDINO.1990. Estudio, identificación y control de principales enfermedades y plagas de haba (*Vicia faba* L.) en la Subregión Andino Boletín Técnico. N° 5 Bolivia. Pags. 17.
- PNS (Programa Nacional de Semilla). 2006. Guía Técnica para el Mejoramiento de Variedades Vegetales de Haba. Bolivia. Págs. 31.
- DE QUITON, H. M. 1994. Principales Enfermedades de haba. Memoria de Seminario Taller sobre Haba de Exportación. Cochabamba, Bolivia. Pág. 23 – 24.
- RAMOS A., S. 1996. Cultivo de Haba (*Vicia fabae*). Compendio de Alternativas Tecnológicas. Vol.1. Estación Experimental Illpa-Puno, Perú Pág. 31-34.
- REYES, P. 1978. Diseños de experimentos agrícolas. Ed. Trillas-México, 218 –296 Págs.
- ROJA P., F. 2001. Catálogo de Plantas. Universidad de Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 78 pág.
- ROJAS M., F. A., 2003. Dosis de (*Trichoderma spp*) para el control de la pudrición gris de la lechuga causada por (*Botrytis cinerea*) en carpa solar en la localidad de Achocalla, La Paz. Fac. Agronomía, UMSA. Tesis para optar el título de Ing. Agr. La Paz – Bolivia.
- ROJAS, F. 2004. Aplicación del Programa de S.A.S. (System Analysis Statistica) en la Investigación Agropecuaria. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 108 Pág.
- TROSNO, A., GORDON, L. 1998. Biológica control with *Trichoderma* species. Pp. 111-126. Boland, G.; kuykendall, L. D. 1998. Plant-microbe interactions and biological control. Ed. Marcel Dekker, pp. 442.
- WAAIJENBER, H. Y CARO, M. 2000. Programa Nacional de Leguminosas de Grano: Resultados de Investigación, 1991 – 1998. Publicación 108. Proyecto Rhizobiología Bolivia (CIAT-IF-NLG-UAW/DHV). Ediciones Cochabamba, Bolivia. 214 Págs.
- WAAIJENBER, H. 1996. Las Leguminosas en la agricultura boliviana. Proyecto de Rhizobiología de Bolivia, Cochabamba, Bolivia pág. 1.

ANEXOS

Anexo 1. Registro de datos de incidencia expresado en porcentaje (%)

| Días | 68 | 82 | 96 | 110 | 124 | 138 | 152 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| N° Lectura | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| T1 | 15,35 | 17,21 | 29,53 | 40,58 | 61,87 | 84,74 | 100,00 |
| T2 | 16,67 | 17,88 | 25,48 | 30,55 | 46,22 | 64,48 | 91,45 |
| T3 | 14,91 | 16,35 | 22,34 | 28,93 | 39,30 | 56,58 | 88,24 |
| T4 | 14,47 | 17,15 | 23,70 | 28,56 | 43,62 | 60,50 | 95,03 |
| T5 | 15,35 | 15,64 | 22,41 | 31,81 | 48,42 | 67,88 | 92,84 |

Anexo 2. Registro de datos de severidad expresado en porcentaje (%)

| Días | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
|------|--------|--------|-------|--------|--------|
| 81 | 0,583 | 0,218 | 0,028 | 0,035 | 0,083 |
| 95 | 1,125 | 0,418 | 0,106 | 1,063 | 0,505 |
| 109 | 3,809 | 0,713 | 0,492 | 3,696 | 1,866 |
| 123 | 8,050 | 1,219 | 1,041 | 5,793 | 2,699 |
| 137 | 11,511 | 2,832 | 2,137 | 7,968 | 5,356 |
| 151 | 19,273 | 4,067 | 4,277 | 11,054 | 9,161 |
| 165 | 25,676 | 6,691 | 6,002 | 12,183 | 13,917 |
| 179 | 39,726 | 12,342 | 8,021 | 22,408 | 25,076 |

Anexo 3. Registro de datos de número de ramas

| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Bloque I | 5,83 | 6,17 | 6,67 | 6,33 | 6,00 |
| Bloque II | 6,33 | 6,17 | 6,17 | 6,00 | 6,17 |
| Bloque III | 5,67 | 6,00 | 6,33 | 6,33 | 5,33 |
| Bloque IV | 6,00 | 6,00 | 6,17 | 5,83 | 6,00 |
| Promedio | 5,96 | 6,08 | 6,34 | 6,12 | 5,87 |

Anexo 4. Registro de datos de vainas por rama y planta**Vainas por rama**

| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Bloque I | 8,00 | 8,86 | 9,07 | 8,50 | 8,36 |
| Bloque II | 7,76 | 9,21 | 8,87 | 8,44 | 9,40 |
| Bloque III | 9,02 | 9,44 | 10,37 | 9,21 | 10,26 |
| Bloque IV | 8,86 | 9,58 | 10,97 | 10,89 | 10,36 |
| Promedio | 8,41 | 9,27 | 9,82 | 9,26 | 9,59 |

Vainas por planta

| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Bloque I | 46,67 | 54,67 | 60,50 | 53,83 | 50,17 |
| Bloque II | 49,17 | 56,83 | 55,33 | 50,67 | 58,00 |
| Bloque III | 51,17 | 56,67 | 65,67 | 58,33 | 54,67 |
| Bloque IV | 53,17 | 57,50 | 67,67 | 63,50 | 62,17 |
| Promedio | 50,04 | 56,42 | 62,29 | 56,25 | 56,58 |

Anexo 5. Registro de datos de granos por vaina

| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Bloque I | 2,20 | 2,25 | 2,21 | 2,27 | 2,16 |
| Bloque II | 2,17 | 2,31 | 2,33 | 2,27 | 2,28 |
| Bloque III | 2,20 | 2,29 | 2,37 | 2,25 | 2,22 |
| Bloque IV | 2,23 | 2,28 | 2,37 | 2,39 | 2,28 |
| Promedio | 2,14 | 2,24 | 2,30 | 2,24 | 2,16 |

Anexo 6. Registro de datos de Altura de la planta (cm)

| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Bloque I | 125,33 | 132,83 | 137,33 | 135,33 | 128,50 |
| Bloque II | 127,83 | 127,50 | 124,17 | 128,17 | 131,17 |
| Bloque III | 132,67 | 150,83 | 154,33 | 146,00 | 131,67 |
| Bloque IV | 148,50 | 149,33 | 152,17 | 148,50 | 151,67 |
| Promedio | 133,58 | 140,12 | 142,00 | 139,50 | 135,75 |

Anexo 7. Registro de datos de Rendimiento de vaina verde (kg/ha)

| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Bloque I | 24813,30 | 36572,10 | 39141,65 | 32190,28 | 29757,71 |
| Bloque II | 26186,99 | 29331,97 | 40726,68 | 25365,54 | 23610,71 |
| Bloque III | 22831,10 | 36087,48 | 40929,27 | 31895,14 | 33408,75 |
| Bloque IV | 20477,24 | 34039,69 | 39287,40 | 32878,95 | 28540,70 |
| Promedio | 23577,16 | 34008,81 | 40021,25 | 30582,48 | 28829,47 |

Anexo 8. Registro de datos de Rendimiento de grano seco (kg/ha)

| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Bloque I | 4510,00 | 6870,00 | 6755,00 | 5946,88 | 5498,75 |
| Bloque II | 4745,63 | 5628,13 | 7026,88 | 4776,25 | 4444,38 |
| Bloque III | 4170,00 | 6786,88 | 7061,63 | 5896,25 | 6125,00 |
| Bloque IV | 3766,25 | 6435,63 | 6530,00 | 6065,00 | 5290,00 |
| Promedio | 4297,97 | 6430,16 | 6843,38 | 5671,09 | 5339,53 |

Anexo 9. Registro de datos de Peso de 100 granos secos (gramos)

| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Bloque I | 235,1 | 245,4 | 244,2 | 247,5 | 241,3 |
| Bloque II | 240,9 | 229,8 | 248,3 | 242,2 | 234,0 |
| Bloque III | 231,5 | 243,2 | 250,7 | 247,6 | 248,4 |
| Bloque IV | 226,4 | 234,0 | 242,5 | 248,5 | 238,9 |
| Promedio | 233,48 | 238,10 | 246,42 | 246,45 | 240,65 |

Anexo 10. Registro de datos de clasificación por calibre de grano seco

| T1 (Testigo) | | | | |
|--|----------|--------------|--------------|-----------|
| Tamaño | % | kg/ha | kg/ha | qq |
| Extra | 12,00 | 4298,00 | 515,76 | 11,21 |
| Primera | 36,00 | 4298,00 | 1547,28 | 33,64 |
| Segunda | 29,50 | 4298,00 | 1267,91 | 27,56 |
| Tercera | 15,40 | 4298,00 | 661,89 | 14,39 |
| Cuarta | 4,40 | 4298,00 | 189,11 | 4,11 |
| Descarte | 2,70 | 4298,00 | 116,05 | 2,52 |
| | 100,00 | | | |
| T2 (Químico curativo) | | | | |
| Extra | 16,15 | 6430,20 | 1038,48 | 22,58 |
| Primera | 37,31 | 6430,20 | 2399,11 | 52,15 |
| Segunda | 25,98 | 6430,20 | 1670,57 | 36,32 |
| Tercera | 15,74 | 6430,20 | 1012,11 | 22,00 |
| Cuarta | 3,73 | 6430,20 | 239,85 | 5,21 |
| Descarte | 1,10 | 6430,20 | 70,73 | 1,54 |
| | 100,00 | | | |
| T3 (Químico curativo) | | | | |
| Extra | 18,85 | 6843,4 | 1289,98 | 28,04 |
| Primera | 39,20 | 6843,4 | 2682,61 | 58,32 |
| Segunda | 25,10 | 6843,4 | 1717,69 | 37,34 |
| Tercera | 13,11 | 6843,4 | 897,17 | 19,50 |
| Cuarta | 2,68 | 6843,4 | 183,40 | 3,99 |
| Descarte | 1,06 | 6843,4 | 72,54 | 1,58 |
| | 100,00 | | | |
| T4 (Biológico: <i>Trichoderma sp</i>) | | | | |
| Extra | 21,44 | 5671,1 | 1215,88 | 26,43 |
| Primera | 37,88 | 5671,1 | 2148,21 | 46,70 |
| Segunda | 23,32 | 5671,1 | 1322,50 | 28,75 |
| Tercera | 12,26 | 5671,1 | 695,28 | 15,11 |
| Cuarta | 3,68 | 5671,1 | 208,70 | 4,54 |
| Descarte | 1,41 | 5671,1 | 79,96 | 1,74 |
| | 100,00 | | | |
| T5 (Químico preventivo) | | | | |
| Extra | 20,42 | 5339,50 | 1090,33 | 23,70 |
| Primera | 37,18 | 5339,50 | 1985,23 | 43,16 |
| Segunda | 23,43 | 5339,50 | 1251,04 | 27,20 |
| Tercera | 14,62 | 5339,50 | 780,63 | 16,97 |
| Cuarta | 3,14 | 5339,50 | 167,66 | 3,64 |
| Descarte | 1,22 | 5339,50 | 65,14 | 1,42 |
| % | 100,00 | | | |

Anexo 11. Registro de datos de Velocidad de Crecimiento

| Horas | | 0 | 24 | 48 | 72 | 96 |
|--------------------------------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <i>Trichoderma sp</i> | HDA 1 | 0,00 | 0,30 | 2,80 | 6,60 | 9,00 |
| | HDA 2 | 0,00 | 0,30 | 2,80 | 6,70 | 9,00 |
| | HDA 3 | 0,00 | 1,20 | 3,50 | 7,10 | 9,00 |
| | HDA 4 | 0,00 | 0,80 | 3,20 | 6,90 | 9,00 |
| | HDA 5 | 0,00 | 1,00 | 3,70 | 7,20 | 9,00 |
| | HDA 6 | 0,00 | 0,80 | 3,10 | 6,40 | 9,00 |
| | HDA 7 | 0,00 | 0,70 | 3,10 | 6,30 | 9,00 |
| | HDA 8 | 0,00 | 0,50 | 3,60 | 6,60 | 9,00 |
| | Promedio | 0,00 | 0,70 | 3,23 | 6,73 | 9,00 |
| PDA 1 | 0,00 | 0,50 | 2,00 | 4,90 | 7,20 | |
| PDA 2 | 0,00 | 0,60 | 2,30 | 5,20 | 7,90 | |
| Promedio | 0,00 | 0,55 | 2,15 | 5,05 | 7,55 | |
| HONGOS FITOPATÓGENOS FOLIARES | | | | | | |
| <i>Botrytis fabae</i> | HDA 1 | 0,00 | 0,50 | 2,60 | 5,10 | 7,50 |
| | HDA 2 | 0,00 | 0,30 | 1,30 | 3,50 | 5,80 |
| | HDA 3 | 0,00 | 0,40 | 1,60 | 5,00 | 6,20 |
| | HDA 4 | 0,00 | 0,30 | 1,40 | 3,60 | 6,00 |
| | HDA 5 | 0,00 | 0,40 | 1,20 | 2,60 | 4,80 |
| | HDA 6 | 0,00 | 0,40 | 1,40 | 3,20 | 5,20 |
| | HDA 7 | 0,00 | 0,50 | 1,60 | 3,50 | 5,80 |
| | HDA 8 | 0,00 | 0,30 | 1,40 | 3,20 | 5,10 |
| | Promedio | 0,00 | 0,39 | 1,56 | 3,71 | 5,80 |
| PDA 1 | 0,00 | 0,20 | 1,00 | 1,80 | 2,80 | |
| PDA 2 | 0,00 | 0,40 | 1,30 | 2,20 | 3,50 | |
| Promedio | 0,00 | 0,30 | 1,15 | 2,00 | 3,15 | |
| <i>Alternaria sp</i> | HDA 1 | 0,00 | 0,50 | 1,30 | 2,20 | 3,10 |
| | HDA 2 | 0,00 | 0,50 | 1,20 | 2,10 | 3,00 |
| | HDA 3 | 0,00 | 0,40 | 1,00 | 1,80 | 2,50 |
| | HDA 4 | 0,00 | 0,60 | 1,10 | 2,00 | 2,70 |
| | HDA 5 | 0,00 | 0,60 | 1,10 | 1,80 | 2,50 |
| | HDA 6 | 0,00 | 0,40 | 1,20 | 1,90 | 2,50 |
| | HDA 7 | 0,00 | 0,40 | 1,00 | 1,70 | 2,30 |
| | HDA 8 | 0,00 | 0,30 | 1,10 | 1,70 | 2,40 |
| | Promedio | 0,00 | 0,46 | 1,13 | 1,90 | 2,63 |
| PDA 1 | 0,00 | 0,20 | 0,40 | 1,10 | 1,80 | |
| PDA 2 | 0,00 | 0,10 | 0,50 | 1,00 | 1,50 | |
| PDA 3 | 0,00 | 0,20 | 0,60 | 1,30 | 1,90 | |
| Promedio | 0,00 | 0,17 | 0,50 | 1,13 | 1,73 | |
| <i>Ascochyta fabae</i> | HDA 1 | 0,00 | 0,30 | 1,20 | 2,80 | 3,50 |
| | HDA 2 | 0,00 | 0,40 | 1,90 | 3,10 | 3,90 |
| | HDA 3 | 0,00 | 0,40 | 1,70 | 2,80 | 3,70 |
| | HDA 4 | 0,00 | 0,60 | 1,60 | 2,90 | 4,10 |
| | HDA 5 | 0,00 | 0,50 | 2,00 | 3,60 | 5,00 |
| | HDA 6 | 0,00 | 0,30 | 1,00 | 2,20 | 2,60 |
| | HDA 7 | 0,00 | 0,40 | 1,20 | 1,60 | 2,20 |

| | | | | | | |
|---|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | Promedio | 0,00 | 0,41 | 1,51 | 2,71 | 3,57 |
| | PDA 1 | 0,00 | 0,20 | 0,80 | 1,40 | 1,90 |
| | PDA 2 | 0,00 | 0,20 | 0,50 | 1,20 | 1,80 |
| | Promedio | 0,00 | 0,20 | 0,65 | 1,30 | 1,85 |
| <i>Phoma sp</i> | HDA 1 | 0,00 | 0,10 | 0,60 | 1,30 | 1,80 |
| | HDA 2 | 0,00 | 0,10 | 0,40 | 1,40 | 2,00 |
| | HDA 3 | 0,00 | 0,20 | 0,70 | 1,70 | 2,40 |
| | HDA 4 | 0,00 | 0,10 | 0,50 | 1,10 | 1,50 |
| | HDA 5 | 0,00 | 0,20 | 0,60 | 1,50 | 1,90 |
| | Promedio | 0,00 | 0,14 | 0,56 | 1,40 | 1,92 |
| | PDA 1 | 0,00 | 0,20 | 0,50 | 1,10 | 1,50 |
| | PDA 2 | 0,00 | 0,10 | 0,40 | 0,90 | 1,20 |
| | Promedio | 0,00 | 0,15 | 0,45 | 1,00 | 1,35 |
| HONGOS FITOPATÓGENOS RADICULARES | | | | | | |
| <i>Rhizoctonia sp</i> | HDA 1 | 0,00 | 0,20 | 0,80 | 1,80 | 2,80 |
| | HDA 2 | 0,00 | 0,30 | 1,00 | 1,90 | 2,90 |
| | HDA 3 | 0,00 | 0,20 | 0,40 | 0,60 | 0,90 |
| | HDA 4 | 0,00 | 0,50 | 1,20 | 1,90 | 2,90 |
| | HDA 5 | 0,00 | 0,30 | 0,80 | 1,60 | 2,40 |
| | HDA 6 | 0,00 | 0,20 | 0,50 | 0,90 | 1,20 |
| | HDA 7 | 0,00 | 0,20 | 0,70 | 0,90 | 1,20 |
| | HDA 8 | 0,00 | 0,30 | 0,40 | 1,00 | 1,40 |
| | HDA 9 | 0,00 | 0,30 | 0,70 | 1,40 | 1,80 |
| | HDA 10 | 0,00 | 0,20 | 0,60 | 1,00 | 1,60 |
| | Promedio | 0,00 | 0,27 | 0,71 | 1,30 | 1,91 |
| | PDA 1 | 0,00 | 0,10 | 0,30 | 0,50 | 0,60 |
| | PDA 2 | 0,00 | 0,10 | 0,40 | 0,60 | 0,80 |
| | Promedio | 0,00 | 0,10 | 0,35 | 0,55 | 0,70 |
| <i>Fusarium sp</i> | HDA 1 | 0,00 | 0,20 | 0,40 | 0,90 | 1,50 |
| | HDA 2 | 0,00 | 0,20 | 1,00 | 1,60 | 2,50 |
| | HDA 3 | 0,00 | 0,30 | 0,70 | 1,00 | 1,50 |
| | HDA 4 | 0,00 | 0,20 | 0,60 | 1,00 | 1,30 |
| | HDA 5 | 0,00 | 0,20 | 0,90 | 1,80 | 2,30 |
| | HDA 6 | 0,00 | 0,30 | 0,90 | 1,20 | 1,60 |
| | HDA 7 | 0,00 | 0,30 | 0,80 | 1,50 | 2,30 |
| | HDA 8 | 0,00 | 0,20 | 0,90 | 1,90 | 2,50 |
| | HDA 9 | 0,00 | 0,20 | 0,90 | 1,40 | 1,80 |
| | HDA 10 | 0,00 | 0,30 | 1,30 | 2,50 | 3,10 |
| | Promedio | 0,00 | 0,24 | 0,84 | 1,48 | 2,04 |
| | PDA 1 | 0,00 | 0,20 | 0,50 | 0,90 | 1,30 |
| | PDA 2 | 0,00 | 0,10 | 0,30 | 0,60 | 0,90 |
| | Promedio | 0,00 | 0,15 | 0,40 | 0,75 | 1,10 |

Anexo 12. Registro de datos de Enfrentamiento de los hongos fitopatógenos vs. *Trichoderma sp*

| Hongo | N° de Repetición | Hora de choque | Hora de cubierto total |
|----------------------------------|------------------|----------------|------------------------|
| FITOPATOGENOS FOLIARES | | | |
| <i>Botrytis fabae</i> | 1 | 62 | 125 |
| | 2 | 61 | 130 |
| | 3 | 57 | 120 |
| | Promedio | 60 | 125 |
| <i>Alternaria sp</i> | 1 | 70 | 122 |
| | 2 | 72 | 123 |
| | 3 | 68 | 115 |
| | Promedio | 70 | 120 |
| <i>Ascochyta fabae</i> | 1 | 68 | 120 |
| | 2 | 71 | 124 |
| | 3 | 69 | 116 |
| | Promedio | 69 | 120 |
| <i>Phoma sp</i> | 1 | 78 | 110 |
| | 2 | 73 | 103 |
| | 3 | 74 | 102 |
| | Promedio | 75 | 105 |
| FITOPATOGENOS RADICULARES | | | |
| <i>Fusarium sp</i> | 1 | 73 | 120 |
| | 2 | 70 | 115 |
| | 3 | 73 | 119 |
| | Promedio | 72 | 118 |
| <i>Rhizoctonia sp</i> | 1 | 71 | 124 |
| | 2 | 71 | 121 |
| | 3 | 68 | 115 |
| | Promedio | 70 | 120 |

Anexo 13. Análisis económico de vaina verde

| Tratamientos | Costo Total (Bs./ha) | Beneficio Bruto Bs. | Beneficio Neto | Beneficio/Costo |
|--------------|----------------------|---------------------|----------------|-----------------|
| T1 | 7705,5 | 18861,60 | 11156,10 | 1,45 |
| T2 | 9005,5 | 32307,60 | 23302,10 | 2,59 |
| T3 | 9245,5 | 38019,95 | 28774,45 | 3,11 |
| T4 | 8875,5 | 29052,90 | 20177,40 | 2,27 |
| T5 | 8525,5 | 27387,55 | 18862,05 | 2,21 |

Anexo 14. Análisis económico de grano seco

| Tratamientos | Costo Total (Bs./ha) | Beneficio Bruto Bs. | Beneficio Neto | Beneficio/Costo |
|--------------|----------------------|---------------------|----------------|-----------------|
| T1 | 6980,50 | 19068,17 | 12087,67 | 1,73 |
| T2 | 8055,50 | 29599,05 | 21543,55 | 2,67 |
| T3 | 8060,50 | 32366,01 | 24305,51 | 3,02 |
| T4 | 8068,00 | 26838,11 | 18770,11 | 2,33 |

| | | | | |
|----|---------|----------|----------|------|
| T5 | 7725,50 | 25101,22 | 17375,72 | 2,25 |
|----|---------|----------|----------|------|

Anexo 15. El grado de avance de las manchas foliares fungosas en las hojas.



Anexo 16. Campo experimental del estudio, en el Altiplano Norte, La Paz



Anexo 17. Secado de los granos en las callchas en el campo abierto.

