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



TESIS DE GRADO

**“EVALUACIÓN DE MANCHAS FUNGOSAS FOLIARES DEL HABA (*Vicia faba* L.)
CON RELACIÓN A LOS CAMBIOS CLIMÁTICOS EN LA COMUNIDAD DE
CHIRAPACA PROVINCIA LOS ANDES - DEPARTAMENTO DE LA PAZ”**

MARIO CONDORI MOLLINEDO

**LA PAZ – BOLIVIA
2010**

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

**EVALUACIÓN DE MANCHAS FUNGOSAS FOLIARES DEL HABA (*Vicia faba L.*) CON
RELACIÓN A LOS CAMBIOS CLIMÁTICOS EN LA COMUNIDAD DE CHIRAPACA
PROVINCIA LOS ANDES - DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

Tesis de grado presentado como requisito
para optar el título de
Ingeniero agrónomo

Mario Condori Mollinedo

ASESORES:

Ing. Agr. Msc. Mario Coca Morante

Ing. Ph. D. David Cruz Choque

Ing. Agr. Álvaro Castro Nuñez

COMITE REVISOR:

Ing. Agr. Msc. Teresa Ruiz Diaz

Ing. Agr. Freddy Porco

Ing. Agr. Msc. Jorge Cusicanqui Giles

APROBADA

Presidente:

DEDICATORIA

A Dios Padre celestial por su amor y
Misericordia infinita.

A mis amados padres Freddy Mauricio Condori Perez y Marianela Mollinedo de Condori, por su constante sacrificio amor y comprensión, porque me indujeron al camino de la superación.
Al Ing. Víctor Castañon Rivera, que es como mi segundo padre, por el apoyo incondicional, comprensión y fortalecimiento de mis debilidades que tuve para elaborar este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

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 Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF – La Paz) , a su directora Ing. Agr. Brígida Tintaya Bautista y a todos los integrantes de la institución, por el apoyo desinteresado y por la facilitación del laboratorio para la investigación, con cuyo trabajo fue posible este documento.

Un reconocimiento especial al Ing. Ph. D. David Cruz Choque y al Ing. Agr. Víctor Castañón Rivera, docentes de la Facultad de Agronomía de la Carrera Ingeniería Agronómica, por la contribución con las correcciones y sugerencias para la edición final al presente documento.

Agradezco al Ing. Agr. Alvaro Castro Nuñez 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 Ing. Msc. Teresa Ruíz Pizarro y el Ing. Agr. Freddy Porco Chiri.

A mis padres Freddy y Marianela; a mi hermana Paola, y a todos mis familiares por el apoyo incondicional al presente trabajo de investigación.

También 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.

CONTENIDO GENERAL

1	INTRODUCCION.....	1
1.1	ANTECEDENTES.....	2
1.2	JUSTIFICACION.....	4
2	OBJETIVOS	5
3	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	6
3.1	ORIGEN DEL CULTIVO DE HABA.....	6
3.2	NOMBRES VERNACULARES	7
3.3	IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE HABA	7
3.4	CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO DE HABA	8
3.4.1	<i>Aspectos taxonómicos.....</i>	8
3.4.2	<i>Características Botánicas.....</i>	9
3.4.3	<i>Etapas fenológicas</i>	10
3.5	VARIETADES DE HABA.....	11
3.5.1	<i>Varietas Nacionales.....</i>	12
3.5.1.1	Habilla.....	12
3.5.1.2	Haba mediana.....	13
3.6	CONDICIONES AGROECOLÓGICAS PARA EL CULTIVO	13
3.7	PRINCIPALES ENFERMEDADES FOLIARES.....	14
3.7.1	<i>Mancha Chocolate.....</i>	14
3.7.1.1	<i>Botrytis fabae Sard.....</i>	14
3.7.1.2	<i>Botrytis cinerea</i>	17
3.7.2	<i>Mancha concéntrica, mancha negra (Alternaria alternata)</i>	18
3.7.3	<i>Antracnosis del haba (Ascochyta fabae Speg.)</i>	20
3.7.4	<i>Roya (Uromyces fabae).....</i>	22
3.7.5	<i>Mancha foliar causada por Phoma sp.....</i>	24
3.7.6	<i>Mancha foliar causada por Leptosphaerulina</i>	26
3.7.7	<i>Mancha foliar causada por Cercospora zonata.....</i>	26
3.8	LA IMPORTANCIA DE LAS ENFERMEDADES	28
3.9	FACTORES QUE FAVORECEN EL DESARROLLO DE LAS ENFERMEDADES	29
3.10	CAMBIOS CLIMÁTICOS	31
3.10.1	<i>Conceptos generales.....</i>	31
3.10.1.1	Cambio climático.....	31
3.10.1.2	Variabilidad Climática	31
3.10.2	<i>Causas del Cambio Climático.....</i>	32
3.10.2.1	Efecto Antropogénico.....	32
3.10.3	<i>Efectos del Cambio climático.....</i>	33
3.10.3.1	Efectos del cambio climático en el Clima.....	33
3.10.3.2	Efectos del cambio climático en la Salud.....	34
3.10.3.3	Efectos sobre los recursos hídricos	34
3.10.3.4	Efecto en la Seguridad alimentaría.....	34
4	MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
4.1	LOCALIZACIÓN	37
4.1.1	<i>Ubicación Geográfica</i>	37
4.1.2	<i>Características edafo-climáticas.....</i>	37
4.1.3	<i>Vegetación.....</i>	38
4.1.3.1	Especies Forestales y pastos Nativos	38
4.1.3.2	Agricultura.....	38
4.1.3.3	Ganadería.....	39
4.2	MATERIALES.....	39
4.2.1	<i>Materiales de Laboratorio.....</i>	39
4.2.2	<i>Materiales de campo</i>	39

4.2.3	<i>Material genético</i>	41
4.2.4	<i>Materiales de gabinete</i>	41
4.3	MÉTODOS.....	41
4.3.1	<i>Siembra</i>	41
4.3.2	<i>Labores Culturales</i>	42
4.3.3	<i>Evaluación del cambio climático</i>	43
4.3.4	<i>Identificación de Patógenos</i>	44
4.3.5	<i>Comportamiento epidemiológico de las enfermedades foliares</i>	46
4.3.5.1	<i>Incidencia</i>	46
4.3.5.2	<i>Severidad</i>	47
4.3.6	<i>Relación entre las condiciones climáticas y la intensidad de las enfermedades fungosas foliares</i>	49
4.3.7	<i>Análisis Estadístico</i>	49
4.3.8	<i>Variables de Respuesta</i>	50
5	RESULTADOS Y CONCLUSIONES	52
5.1	EVALUACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	52
5.1.1	<i>Datos climáticos de la gestión Agrícola 2008 -2009</i>	52
5.1.2	<i>Temperatura media</i>	54
5.1.3	<i>Precipitación</i>	55
5.1.4	<i>Humedad relativa</i>	57
5.2	IDENTIFICACIÓN DE ENFERMEDADES FUNGOSAS FOLIARES	58
5.2.1	<i>Mancha chocolate (Botrytis fabae Sard.)</i>	58
5.2.2	<i>Mancha negra o concéntrica (Alternaria alternata)</i>	60
5.2.3	<i>Mancha concéntrica ocasionada por Cercospora zonata</i>	62
5.3	COMPORTAMIENTO EPIDEMIOLÓGICO	64
5.3.1	<i>Incidencia</i>	64
5.3.2	<i>Severidad</i>	67
5.4	EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO	70
5.4.1	<i>Evaluación de Numero de Ramas por planta</i>	70
5.4.2	<i>Evaluación de Número de Vainas por planta</i>	71
5.4.3	<i>Evaluación de rendimiento de Grano seco</i>	72
6	CONCLUSIONES	73
7	RECOMENDACIONES	75
8	BIBLIOGRAFÍA	76

INDICE DE CUADROS

CUADRO 1. TAXONOMÍA DEL HABA.....	9
CUADRO 2 LÍMITES PROPUESTOS PARA DEFINIR LAS VARIEDADES BOTÁNICAS	11
CUADRO 3. CLASIFICACIÓN DEL GÉNERO BOTRYTIS.....	15
CUADRO 4. CLASIFICACIÓN DEL GÉNERO ALTERNATA.....	18
CUADRO 5. CLASIFICACIÓN DEL GÉNERO ASCOCHYTA	21
CUADRO 6 CLASIFICACIÓN DEL GÉNERO UROMYCES	23
CUADRO 7. CLASIFICACIÓN DEL GÉNERO PHOMA.....	24
CUADRO 8. DATOS CLIMÁTICOS EN GENERAL DURANTE EL DESARROLLO DEL CULTIVO	52
CUADRO 9. TEMPERATURAS MEDIAS DESDE LA GESTIÓN 2003 -2004 HASTA LA GESTIÓN 2008 – 2009	54
CUADRO 10. PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE TEMPERATURAS MEDIAS REGISTRADAS Y CALCULO DE T DE STUDENT	55
CUADRO 11. PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LAS PRECIPITACIONES REGISTRADAS Y CALCULO DE T DE STUDENT	57
CUADRO 12. REGISTRO DE HUMEDAD RELATIVA DESDE LA GESTIÓN 2003 -2004 HASTA LA GESTIÓN 2008 – 2009	57
CUADRO 13. PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE HUMEDAD RELATIVA REGISTRADAS Y CALCULO DE T DE STUDENT DE LAS MISMAS	58
CUADRO 14. DIFERENCIA ENTRE CERCOSPORA Y ALTERNARIA	63

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Desarrollo de las enfermedades producidas por <i>Botrytis</i> sp	16
Figura 2. <i>Botrytis</i> sp. (A,B) Conidioforos y conidias; (C,D) Parte superior de los conidioforos; (E) Conidias	17
Figura 3. Ciclo de desarrollo del Hongo <i>Alternaria</i> sp.....	19
Figura 4. <i>Alternaria</i> sp. (A) Conidioforo y cadenas de conidias (B) Conidioforo con desarrollo de espora apical (C) Proliferación de la conidia (D) Conidias (E) Conidias esporulantes	20
Figura 5. <i>Ascochyta</i> sp. (A) Infestacion de Picnidas (B, C) Vista superior y transversal de las Picnidas.....	22
Figura 6. <i>Uromyces Basidospora</i> (bs) Teliosporo (ts) Uredia (u) Telio(t).....	24
Figura 7. <i>Phoma</i> sp. (A) Base de las Picnidas (B) Vista superior de la picnidia (C) Conidia (D) Picnida y conidias	25
Figura 8. Dibujo de Ascospora o asca de <i>Lepthosphaerulina</i> sp.....	26
Figura 9. Fascículos de Conidioforos, células conidiogenas y conidios de <i>Cercospora</i>	28
Figura 10. Localización del área de estudio	37
Figura 11. Terreno preparado para siembra.....	42
Figura 12. Proceso de riego en la parcela experimental.....	43
Figura 13. Muestras remojadas en agua.....	44
Figura 14. Preparación de la muestra para ser colocada en cámara húmeda.....	45
Figura 15. Planta seleccionada para evaluación de severidad.....	48
Figura 16. Calculo del área afectada por mínimos cuadrados.....	49
Figura 17. Temperaturas registradas durante el ciclo de cultivo.....	53
Figura 18. Precipitación registrada durante el ciclo de cultivo.....	53
Figura 19. Humedad relativa registrada durante el ciclo de cultivo	54
Figura 20. Precipitación registrada desde la gestión 2003- 2004 hasta la gestión 2007 -2008.....	56
Figura 21. Síntomas de <i>Botrytis Fabae</i>	59
Figura 22. Conidióforos y Conidias 400 x	59
Figura 23. Síntomas de <i>Alternaria alternata</i>	60
Figura 24. Conidias de <i>Alternaria alternata</i> a 400 X.....	60
Figura 25. Síntomas de <i>Cercospora</i> sp.....	62
Figura 26. Conidioforos de <i>Cercospora</i> 400X	62
Figura 27. Incidencia de las manchas fungosas foliares.....	64
Figura 28. Temperaturas máximas entre la 5ta a 7ma lectura de incidencia	65
Figura 29. Temperaturas mínimas registradas entre la 5ta a 7ma lectura de incidencia.....	65
Figura 30. Humedades Relativas obtenidas entre la 5 a 7 lectura de incidencia	66
Figura 31. Desarrollo de la Severidad durante las 8 tomas de lectura	67
Figura 32. Temperaturas máximas registradas en la 6ta toma de muestra de severidad.....	68
Figura 33. Temperaturas mínimas registradas en la 6 toma de muestra de severidad	69
Figura 34. Humedad Relativa registrada en la 6 toma de muestra de severidad.....	69

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. RENDIMIENTO DEL CULTIVO RESPECTO DE RAMAS Y VAINAS	82
ANEXO 2 PLANILLA DE COSECHA CULTIVO DE HABA (CHIRAPACA)	83
ANEXO 3 DATOS CLIMATICOS DE LOS MESES DE AGOSTO 2008 A NOVIEMBRE 2008.....	84
ANEXO 4. DATOS CLIMATICOS DE LOS MESES DE DICIEMBRE 2008 A MARZO 2008	85
ANEXO 5.DATOS DE HUMEDAD RELATIVA DE LOS MESES EN ESTUDIO	86
ANEXO 6. TASA DE CRECIMIENTO DE SEVERIDAD	87
ANEXO 7 PARÁMETROS PARA MEDIR SEVERIDAD	88
ANEXO 8 CARACTERÍSTICAS DEL GEI.....	89

Resumen

El presente estudio se realizó en la comunidad de Chirapaca (Provincia Los Andes – La Paz), con el objetivo de evaluar el efecto de los cambios climáticos sobre la intensidad de las diferentes enfermedades fungosas foliares que se presentaron en el cultivo de haba.

La enfermedad con mayor incidencia y severidad en el cultivo fue la Mancha de Chocolate (*B. cinera* o *B. fabae*.) con 99% de presencia, por otra parte, se encontraron otros agentes patógenos fungosos como la Mancha Foliar ocasionada por *Cercospora* (*Cercospora zonata*), Antracnosis (*Ascohyta fabae*) y Mancha Negra o Concéntrica (*Alternaria alternata*) pero en forma aislada. Las curvas de desarrollo de incidencia y severidad indican que las enfermedades fungosas son de desarrollo policíclico dentro el cultivo de haba.

La evaluación de incidencia se realizó a partir de 8 lecturas, el mayor incremento de la tasa de incidencia se dio durante la 7ma lectura (48.2% en un periodo de 14 días), periodo en el cual las temperaturas máximas registradas oscilaron entre 11.5 C y 17.5°C, y las temperaturas mínimas de 2 a 6.5°C y donde la humedad relativa oscilo entre 59.9% y 76.2%, el porcentaje de incidencia llego al 100 %

La evaluación de severidad en el cultivo se realizó mediante la toma de muestras de los foliolos, en total se realizaron 8 muestreos, la mayor severidad se observó en el sexto muestreo, donde se registraron temperaturas máximas de 13.5°C y 17°C y temperaturas mínimas de 1 a 6° C, donde la humedad relativa fluctuó entre 57 y 67%, dando como resultado 9 % de severidad

Como conclusión podemos indicar que en el presente estudio, el efecto del cambio climático en el desarrollo de enfermedades potenciales, nuevas y presentes en la comunidad no fue relevante y no afectó de manera económica a la producción del cultivo de haba.

1 INTRODUCCION

Las enfermedades de los cultivos es un problema que provoco calamidades en el mundo desde la edad antigua; un ejemplo fue la destrucción de cultivos de papa ocasionada por el tizón tardío en Irlanda en los años 1845 y 1846, que causó la muerte de cientos de miles de personas y la emigración de más de un millón y medio de irlandeses a los Estados Unidos, esta experiencia reafirmo la importancia de las enfermedades de las plantas y estimulo de manera significativa la investigación de sus causas.(Agrios, 1996)

En la actualidad, a pesar de haberse desarrollado un conocimiento bastante avanzado acerca de las enfermedades de las plantas, se sigue teniendo problemas debido a la variabilidad de factores que influyen sobre el patógeno. Según Agrios (1996), existen 5 factores que afectan el desarrollo de la enfermedad: el patógeno, el hospedante, el ambiente, el clima y el hombre, la interacción de los estos determinaran el grado de intensidad de la enfermedad sobre la planta.

Según Mamani (2007), en el cultivo del haba se presentan generalmente enfermedades de origen fungoso, y que pueden afectar hasta en un 80% la producción de grano de haba; por lo que es muy importante saber el comportamiento de estas. Según Coca (2004), las enfermedades más conocidas del haba a nivel mundial son las que afectan al área foliar, tal es el caso de la mancha chocolate (*Botrytis fabae*), la mancha concéntrica (*Alternaria alternata*).

En los últimos años el desarrollo de las enfermedades está siendo influenciado por el cambio climático y que favorece en el desarrollo de nuevos patógenos que no se presentaban anteriormente, tal es el caso en la región circunlacustre del lago Titicaca de la *Cercospora zonata*, *Leptosphaerulina* sp y *Phoma* sp en el cultivo del haba (Coca, 2005).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la intensidad de las manchas foliares de origen fungoso del cultivo de haba en la localidad de Chirapaca y relacionar los resultados con las condiciones climáticas (temperatura, humedad relativa y precipitación) que se presentaron durante el desarrollo del cultivo. La investigación se realizó mediante muestreos de incidencia y severidad en una parcela experimental establecida; se identificó a los patógenos causantes mediante reportes anteriores o análisis de laboratorio (uso del microscopio para ver las estructuras de los patógenos causantes), se comparo las condiciones climáticas de la gestión agrícola respecto a las 5 gestiones anteriores, por último, se correlaciono la incidencia y severidad con los datos de temperatura, humedad relativa y precipitación obtenidos del SENAMHI durante el ciclo de desarrollo del cultivo.

Durante el periodo de investigación se encontró como la principal enfermedad la mancha chocolate (*Botrytis fabae*), y de forma aislada se encontraron otros patógenos tales como *Alternaria alternata* y *Cercospora zonata* por lo que todavía el alcance de las nuevas y emergentes enfermedades reportadas en anteriores años no llega a tener un impacto de nivel económico.

1.1 ANTECEDENTES

Entre los principales patógenos que afectan el área foliar del cultivo de haba a nivel mundial están: *Alternaria alternata*, *Botrytis cineria*, *Botrytis fabae* y *Uromyces fabae* las cuales pueden causar hasta una pérdida de 100 % de la producción (Chavez et al, 2006).

Según Calderon (1984), entre las principales enfermedades fungosas foliares que atacan al cultivo de haba a nivel Bolivia se encuentran: la mancha Chocolate (*Botrytis fabae*, *Botrytis cineria*), mancha circular de la hoja (*Cercospora sp.*), antracnosis (*Ascochyta fabae*).

Según Céspedes (2008), las enfermedades foliares del haba que mas proliferan en las comunidades de Tiquipa, Chiluyo, Achachicala y Lucurmata (Comunidades cercanas al lago) son la mancha chocolate y la mancha negra o antracnosis.

Según JICA (2006), entre las principales enfermedades fungosas foliares reportadas en las zonas productoras de haba en la provincia Omasuyos fueron la mancha chocolate (*Botrytis fabae*), mancha concéntrica (*Alternaria alternata*), la roya (*Uromyces fabae*) y la antracnosis (*Ascochyta fabae*).

Para Coca (2004), las principales enfermedades fungosas foliares que afectan en las zonas productoras de haba en regiones cercanas al lago Titicaca son la mancha chocolate (*Botrytis fabae*), la roya (*Uromyces fabae*) y la macha concéntrica (*Alternaria alternata*.)

En otro reporte, Coca (2005), identificó nuevas enfermedades en el cultivo de haba causadas por otros agentes patógenos, estas son la *Lentosphaerulina sp*, *Phoma sp*, y *Cercospora sp* en la localidad de Chirapaca.

Mamani (2007), identifico en la localidad de Chirapaca a los siguientes agentes causales de manchas fungosas foliares: *Ascochyta fabae*, *Alternaria sp*, *Uromyces fabae*, *Leptosphaerulina sp* y *Phoma sp*.

Uno de los factores que afectan al desarrollo de los cultivos es el clima; en las ultimas décadas se observa un cambio en el clima de cada región (aumento de temperatura, sequías y inundaciones), en Bolivia podemos ver que este cambio climático esta afectando de manera significativa al cultivo de la papa, debido a la elevación de temperatura le hace menos vulnerable a heladas. Pero también tiene su parte negativa, en los últimos años se reportaron enfermedades nuevas y emergentes de los cultivos andinos y un mayor crecimiento o desarrollo virulento

de las enfermedades ya existentes debido a que la región andina es una de los sitios mas susceptible al cambio climático (Arana,2007).

1.2 JUSTIFICACION

Según Poy (2006), el cambio climático está modificando la distribución de las plagas y enfermedades de los animales y las plantas; las modificaciones de temperatura, humedad y gases atmosféricos están alterando en la interacción entre plagas o enfermedades, enemigos naturales y huéspedes, por lo que pueden afectar de manera indirecta en el ganado o los cultivos.

Uno de los principales problemas en el cultivo de haba son las enfermedades, las cuales según Mamani (2007), pueden ocasionar la perdida entre el 20 al 80% de la producción de grano.

El presente trabajo será un aporte para pronosticar el desarrollo de las enfermedades fungosas de origen foliar en el cultivo de haba, ya que los criterios básicos del pronóstico tienden a apoyarse inicialmente en la recopilación de observaciones sobre la incidencia de la enfermedad y su correlación con los registros meteorológicos. Cuanto más larga sea la serie de registros meteorológicos, mayor la información de enfermedades en las distintas fases fenológicas del cultivo, más firme serán los fundamentos del pronóstico.

2 OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- Evaluar las manchas fungosas foliares del haba (*Vicia faba L.*) y su relación a los cambios climáticos en la comunidad de Chirapaca.

2.2. Objetivos Específicos

- Identificar los agentes causales que provocan las distintas manchas foliares
- Determinar la intensidad de las manchas fungosas foliares.
- Determinar la relación entre intensidad de las manchas fungosas foliares y las condiciones climáticas como temperatura, humedad relativa y precipitación
- Comparar las condiciones climáticas (temperatura, humedad relativa y precipitación) de las últimas 5 gestiones agrícolas con el periodo de estudio.

3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 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 y Norte de África, Río Nilo a Etiopía y de Mesopotamia hasta la India (Infoaserca 2004, citado por Choque 2005).

Según Zahorí (1977) citado por Crespo (1996), no se tiene claro el origen del haba, pero sin embargo esta fue difundida ampliamente en el año 3000 A.C. estimándose su domesticación aproximadamente el año 5000 A.C; al respecto Hanlet (1972) citado por Crespo (1996) concluye que el origen data del área situada entre Afganistán y el este del Mar Mediterráneo durante el periodo 7000 – 4000 A.C.

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.

Para Jansen (1989) citado por Crespo (1996), la introducción del cultivo de haba en el continente americano data desde la llegada de los españoles, la persona que introdujo las semillas de haba fue el segundo gobernador de Colombia en el año 1543.

Con respecto a la diversidad genética del haba Crespo (1996), 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.

3.2 Nombres Vernaculares

Cansen (1989) citado por Crespo (1996), indica que el haba se cultiva en diferentes regiones del mundo, bajo diferentes nominaciones; en los países de habla inglesa adquiere los nombres de *broad bean*, *field bean*, *horse bean* o *faba bean*. En Francia lo denominan féve, en Italia fava, en Indonesia kacang babi y en Tailandia.

3.3 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).

Para Crespo (1996), el haba es esencial para la subsistencia de pequeños agricultores, los cuales usan al haba como principal fuente de proteína en su dieta alimentaria; el boliviano en general acepta esta legumbre en estado seco y este producto es encontrado en todos los mercados locales.

Debido a su rusticidad, es uno de los cultivares mejor adaptados al altiplano y cabeceras de valle, las alturas de la región andina son los únicos lugares donde se produce haba de grano grande (JICA, 2006).

Una de las características de este cultivo es su conservación como grano seco durante el invierno y puede ser almacenada por varios años garantizando la seguridad alimentaria del campesino en malos años agrícolas (Crespo, 1996).

Actualmente el haba tiene mucha demanda en el mercado internacional más que todo los cultivares de grano grande (ORS, 2007); el potencial de exportación se encuentra en los mercados de Asia y Europa, particular interés y mejor precio brindan a los granos de tamaño grande, características obtenidas en las zonas productoras de haba de las regiones altas (Crespo, 1996).

Uno de los importantes eslabones dentro de la cadena productiva del haba es la producción en campos semilleros, la evaluación de estos campos lo realiza el INIAF – LP, el cual certifica la semilla en uso, este proceso es muy importante ya que garantiza la utilidad y rendimiento de la semilla de haba en otros sitios que solo producen para consumo.

3.4 Características del cultivo de haba

3.4.1 Aspectos taxonómicos

Según Crespo (1996) el haba (*Vicia faba* L.), es la especie más aislada del género *Vicia*, entre sus parientes más cercanos se encuentran la *V. narbonensis*, *V. galilea* y *V. hyaeniscyamus*, el cruce entre estas especies con la *V. faba* no a sido satisfactorio por lo que algunas características deseables de las otras especies es difícil adecuarlas al haba.

El haba forma parte del grupo de las leguminosas o fabaceae y su taxonomía se observa en el cuadro 1:

Cuadro 1. Taxonomía del Haba

Familia	Fabaceae o Leguminosae
Sub familia	Faboideae
Tribu	Vicieae
Género	Vicia
Especie	faba

Fuente: JICA, 2006

3.4.2 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 (0.5a 2 m de alto), de abundante follaje.

La raíz es pivotante, profunda y penetrante, las raíces laterales muy desarrolladas, abundantes y fuertes Crespo (1996), por su parte JICA (2006) indica que su sistema radicular presenta nódulos que permiten la fijación del nitrógeno atmosférico; el sistema radicular es vigoroso, que puede alcanzar hasta una profundidad de 1 m, pero lo normal es que su profundidad sea de 1 m.

El tallo según Crespo (1996), 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. Por su parte JICA (2006) indica que su tallo puede llegar hasta una altura de 1.5 m, es de coloración verde, fuerte, anguloso y hueco, según su ahijamiento de la planta varía el número de 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 (Crespo, 1996). Son alternas, compuestas, con foliolos anchos ovales redondeados, de color verde (JICA, 2006).

Las flores para Crespo (1996), 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 (Crespo, 1996).

Las semillas según Crespo (1996), 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.

3.4.3 Etapas fenológicas

Las fases fenológicas de haba (*Vicia faba* L.) 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.

Para JICA (2006), el periodo de desarrollo del haba comprende entre los meses de agosto hasta marzo de los cuales se observa las siguientes fases de desarrollo:

- Pre – emergencia, en esta fase el desarrollo es subterráneo
- Crecimiento inicial, se caracteriza por ser el crecimiento lento.
- Pleno crecimiento, la planta alcanza su máximo desarrollo
- Madurez, las hojas inferiores se amarilla el follaje sufre acame.

3.5 Variedades de haba

Según Karsai (1972) y Kifman(1942) citados por Crespo (1996), proponen los limites de clasificación de las variedades botánicas del haba que se presentan en el cuadro2.

Cuadro 2 Límites propuestos para definir las variedades botánicas

REFERENCIA	DIMENSION DE SEMILLA	VARIEDAD BOTANICA		
		MINOR	EQUINA	MAJOR
Karsai (1974)	Longitud (mm)	8 a 10	12 a 14	20 a 24
	Ancho (mm)	7a 8	9 a 10	15 a 17
Kiffman (1952)	Longitud (mm)	8 a 12		20 a 22
	Ancho (mm)	8 a 9		12 a 14
	Espesor (mm)	7 a 8		4.5 a 8.5

Fuente: Crespo, 1996

3.5.1 Variedades Nacionales

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 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.

Según Chavarria (2000) citado por CONIN (s.f), en Bolivia podemos distinguir dos grupos de variedades de haba que son los siguientes:

3.5.1.1 Habilla

Son granos grandes de los cuales los mas conocidos son la Gigante de Copacabana y la Usnayo pesa alrededor de 1.8 g y la habilla se cultiva principalmente para grano seco y su rendimiento oscila entre 1 a 2.5 tn/ha; esta variedad es la de mejor preferencia para el mercado externo por su tamaño grande, consistencia harinosa y suave, (CONIN, s.f.).

Las variedades Usnayo y Gigante de Copacabana son mas cultivadas en el area circunlacustre, las plantas llegan a una altura entre 1.5 a 2 m, forman abundante follaje, con 7 a 9 ramas o macollos. Son más susceptibles a sequías heladas y enfermedades (JICA, 2006).

3.5.1.2 Haba mediana

Dentro este grupo se encuentran las variedades denominadas chaleco, haba chaupi, haba blanca y la viuda; son granos que pesan entre 1.2 a 1.8 g. Estas variedades son cultivadas por la mayoría de los agricultores y se cosechan tanto en vaina fresca como grano seco, su rendimiento por lo general oscila entre 0.8 a 1.5 tn/Ha. Estas variedades son utilizadas principalmente para su comercialización en estado fresco y son cultivadas en áreas cercanas a los centros urbanos de consumo como Colomí en Cochabamba, Río Chico en Sucre y Río abajo en La Paz.

3.6 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, 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).

Crespo (1996) menciona que 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).

El clima que favorece en el crecimiento del haba es el templado frígido, tolera heladas ligeras y requiere de una provisión permanente de humedad, necesita temperaturas de 8 a 20 °C, alta luminosidad y humedad relativa moderada (ORS, 2007).

La temperatura óptima para desarrollo es 20 °C, la temperatura mínima necesaria oscila entre los 3 a 4 °C y la temperatura máxima es de 20 a 25 °C; en suelo es poco exigente aunque prefiere los suelos arcillosos ricos en humus y frescos, le perjudica los suelos húmedos mal drenados. El pH óptimo oscila entre 7.3 y 8.2. Necesita de riego en cualquier etapa fenológica; el haba también necesita de 12 horas luz (Haches, 2003).

3.7 Principales enfermedades foliares

3.7.1 Mancha Chocolate

3.7.1.1 *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, 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

Cuadro 3. Clasificación del Género *Botrytis*

Clase	Hypomycetes
Orden	Moniliales
Familia	Moniliaceae
Género	<i>Botrytis</i>
Especie	<i>Botrytis fabae</i>
	<i>Botrytis cineria</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).

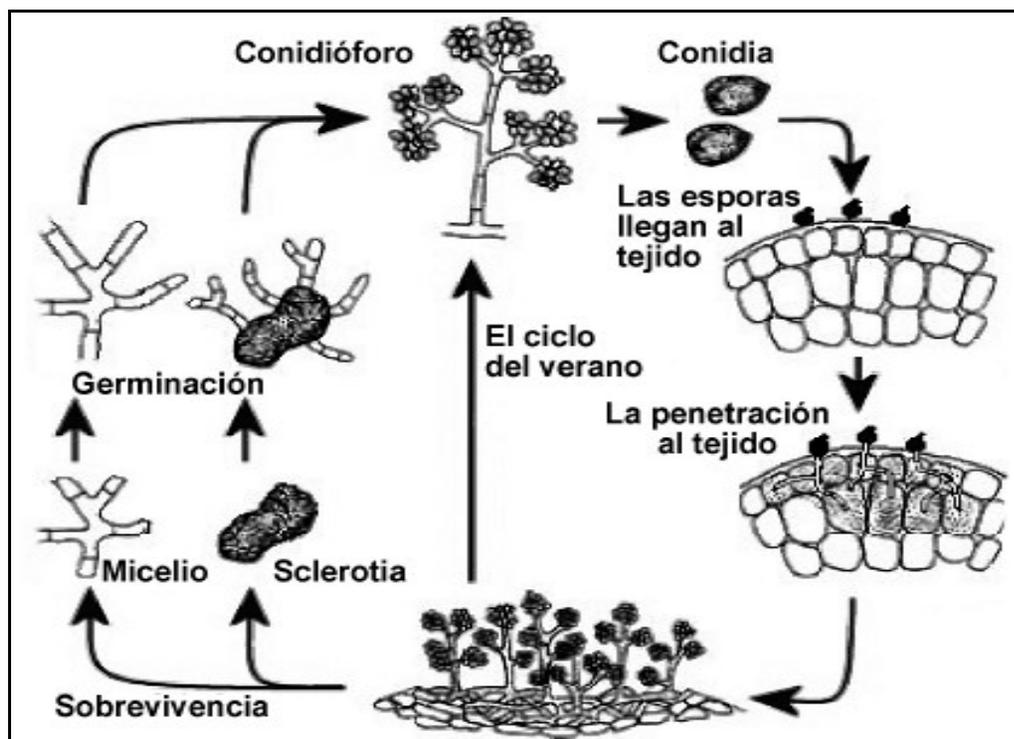


Figura 1. Desarrollo de las enfermedades producidas por *Botrytis sp* (Fuente: Mamani, 2007)

Sintomatología

En la fase inicial del desarrollo 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, 2004).

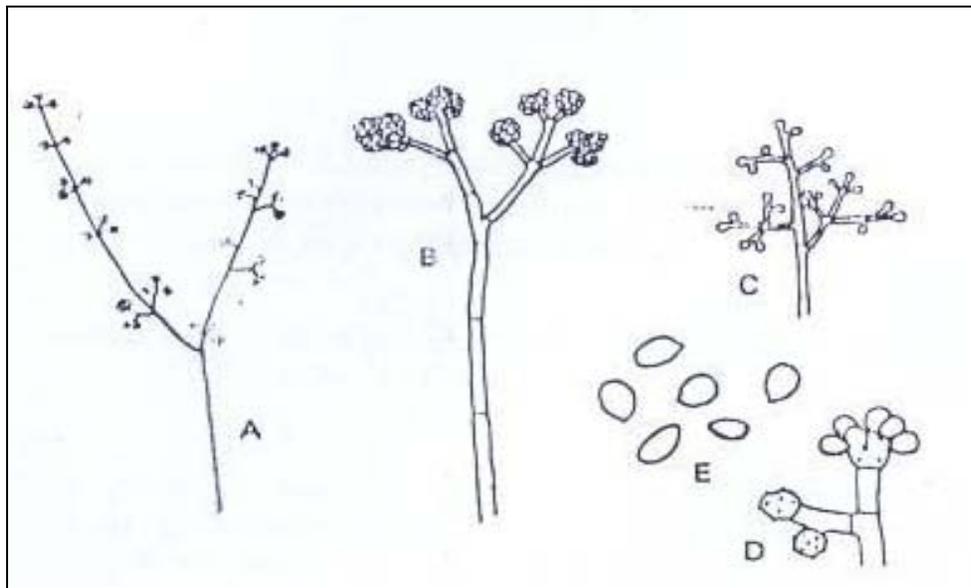


Figura 2. *Botrytis* sp. (A,B) Conidioforos y conidias; (C,D) Parte superior de los conidioforos; (E) Conidias (**Fuente: Barnett et al, 1976**)

3.7.1.2 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.(INFOAGRO, 2006)

El hongo a menudo produce esclerocios irregulares, planos, duros y de color negro (INFOAGRO, 2006).

3.7.2 Mancha concéntrica, mancha negra (*Alternaria alternata*)

La mancha concéntrica, causada por *Alternaria alternata* 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 favorece su desarrollo (Coca, 2004).

Taxonomía

Cuadro 4. Clasificación del Género *Alternata*

Clase	Deuteromycetes
Orden	Moniliales
Familia	Moniliaceae
Género	<i>Alternaria</i>
Especie	<i>Alternaria alternata</i>

Fuente: *Agrios, 1996*

Etiología

La mancha concéntrica, causada por *Alternaria alternata* en la cámara húmeda desarrolla abundante micelio blanquecino sobre las lesiones, lugar donde se desarrollan las conidias del hongo. Estas conidias son de color marrón oscuro, presenta un pico ligeramente alargada (Coca, 2004).

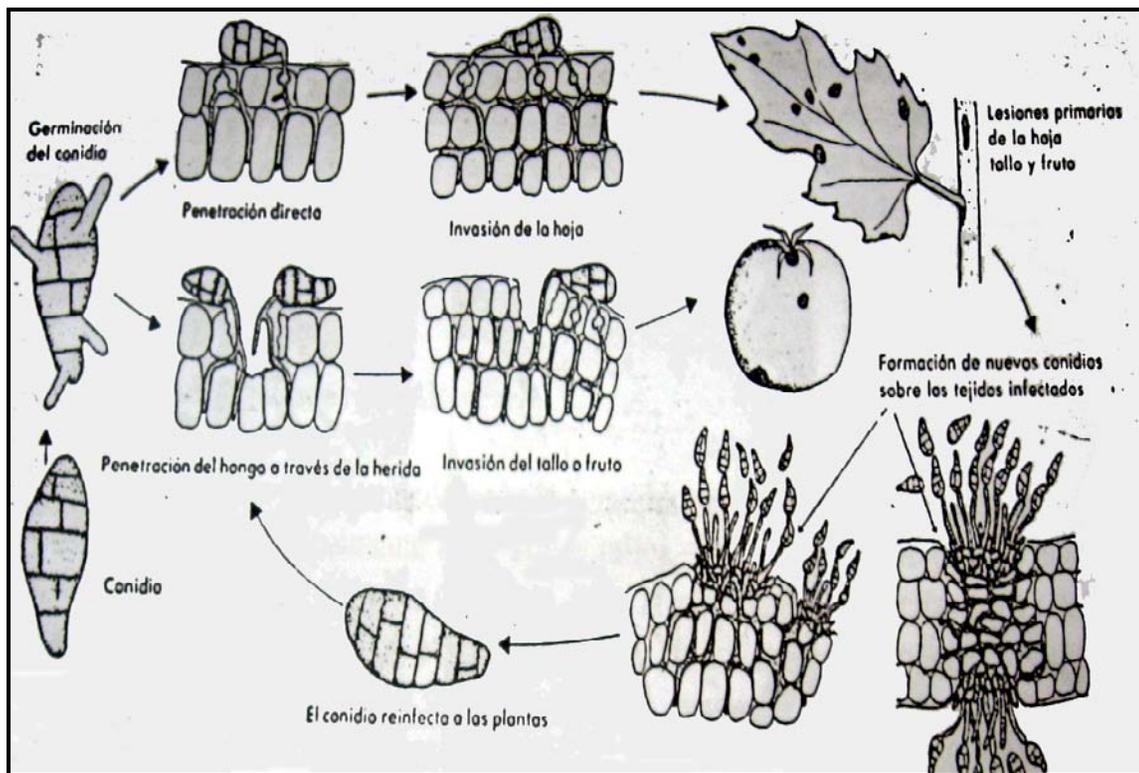


Figura 3. Ciclo de desarrollo del Hongo *Alternaria sp.* (Fuente: Agrios 1996)

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 Quitón 1995, citado por Meneses *et al.* 1996).

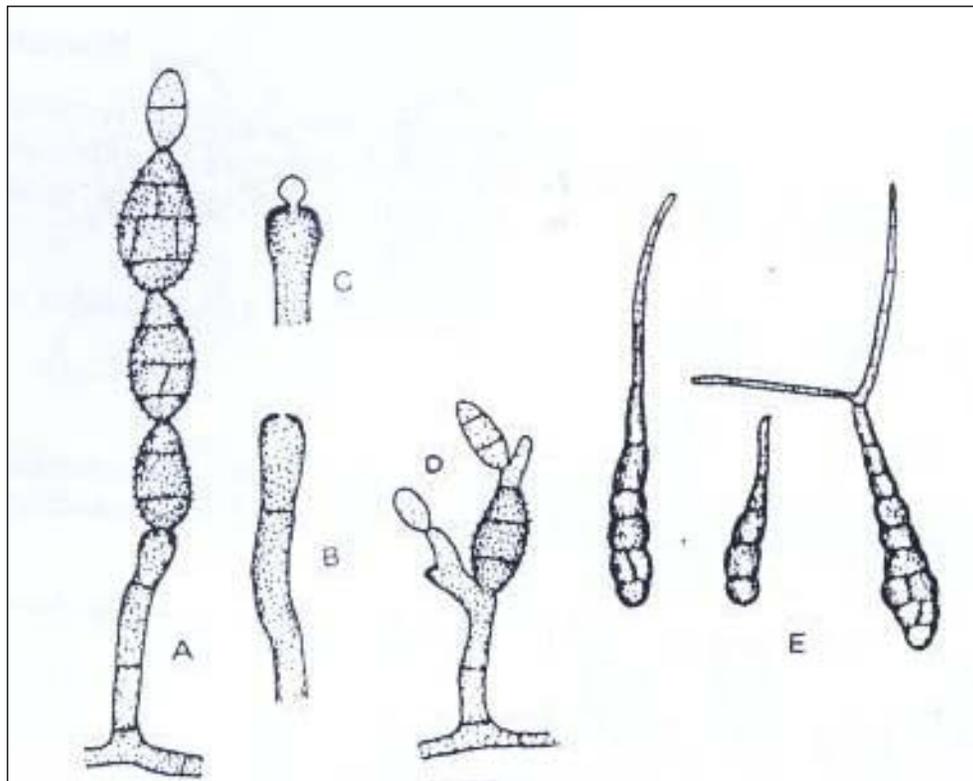


Figura 4. *Alternaria* sp. (A) Conidioforo y cadenas de conidias (B) Conidioforo con desarrollo de espora apical (C) Proliferación de la conidia (D) Conidias (E) Conidias esporulantes (Fuente: Barnett et al, 1976).

3.7.3 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 se presenta en campo a partir del mes de febrero. Esta afecta principalmente a vainas y ligeramente hojas y tallos (Coca, 2005).

Taxonomía

Cuadro 5. Clasificación del Género *Ascochyta*

Clase	Coelomycetes
Orden	Sphaeropsidales
Familia	Sphaeropsidaceae
Género	<i>Ascochyta</i>
Especie	<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, 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).

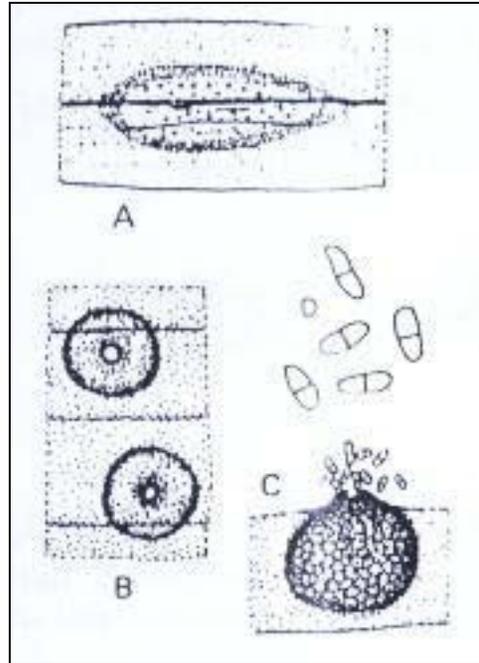


Figura 5. *Ascochyta* sp. (A) Infestacion de Picnidas (B, C) Vista superior y transversal de las Picnidas. (Fuente: Barnett et al, 1976)

3.7.4 Roya (*Uromyces fabae*)

Coca (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

Cuadro 6 Clasificación del Género *Uromyces*

Clase	Basidiomycetes
Orden	Uredinales
Familia	Uredinaceae
Género	<i>Uromyces</i>
Especie	<i>Uromyces fabae</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-LP, 2003).

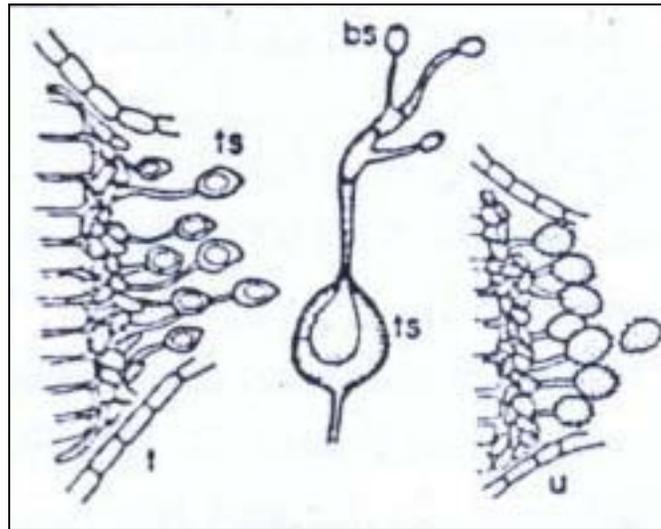


Figura 6. *Uromyces Basidospora (bs) Teliosporo (ts) Uredia (u) Telio(t)*(Fuente: Agrios, 1996).

3.7.5 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

Cuadro 7. Clasificación del Género *Phoma*

Clase	Coelomycetes
Orden	Sphaeropsidales
Familia	Sphaeropsidaceae
Género	<i>Phoma</i>
Especie	<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, 2005).

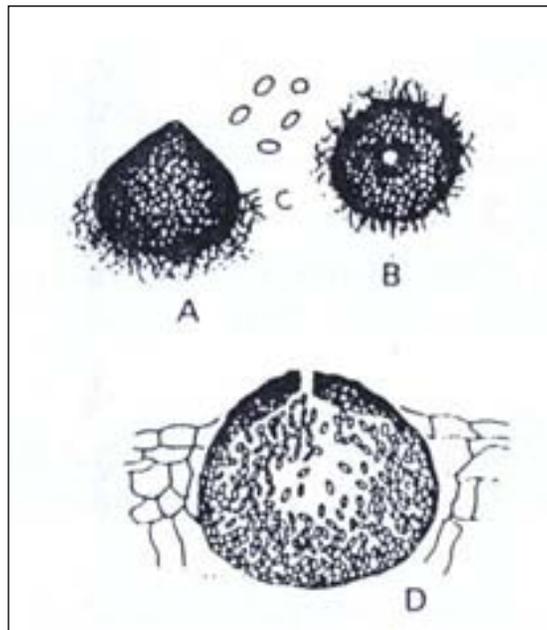


Figura 7. *Phoma* sp. (A) Base de las Picnidias (B) Vista superior de la picnidia (C) Conidia (D) Picnida y conidias (Fuente: Barnett et al, 1976).

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, 2005).

3.7.6 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, 2005).

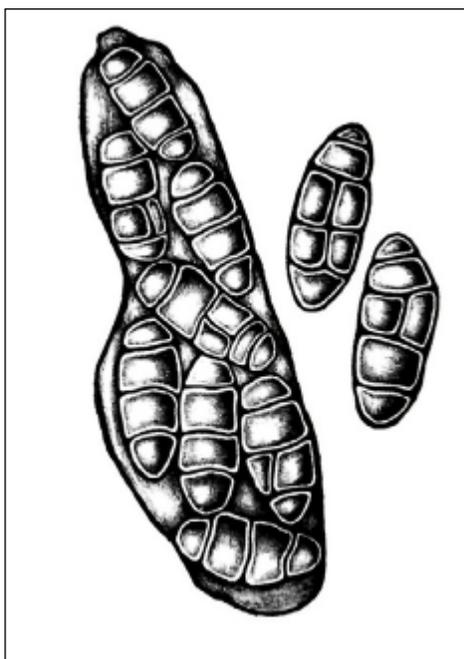


Figura 8. Dibujo de Ascospora o asca de *Leptosphaerulina* sp. (**Fuente: Del Moral, 1994**)

3.7.7 Mancha foliar causada por *Cercospora zonata*.

Las enfermedades causadas por *Cercospora zonata* son manchas foliares que se mantienen relativamente pequeñas y aisladas que pueden extenderse y coalescerse dando como resultados tizones foliares. (Agrios, 1996)

Es una enfermedad que se presenta aisladamente en los meses de febrero – marzo, en la fase de maduración de granos en el cultivo de haba (Coca, 2005)

Sintomatología

Las manchas foliares de algunas plantas, son pequeñas, cafés, de un diámetro de 3 a 5 mm. e irregularmente circulares con márgenes de color rojizo, mas tarde su parte central adquiere un color gris ceniciento, se adelgaza, toma un aspecto quebradizo (como el papel) y puede desprenderse dejando un hueco irregular. (Agrios, 1996).

Para Coca (2005), los síntomas se observan en las hojas, se encuentran formando lesiones circulares a irregulares definidas de color pardo oscuro, visibles sobre el haz y el envés, dentro de las lesiones presentan anulaciones irregulares visibles ligeramente. Sobre la parte central se encuentra escasamente distribuidas las estructuras del hongo.

Etiología

Las estructuras del hongo se encuentran escasamente distribuidas en la parte central del hongo; estas consisten en pequeños cuerpos estromáticos de color marrón oscuro, sobre el que se encuentran los conidioforos dispuestos en fascículos, geniculados y color pardo oliváceo; las conidias son aciculares solitarias, hilvanadas y septadas (Coca, 2005).

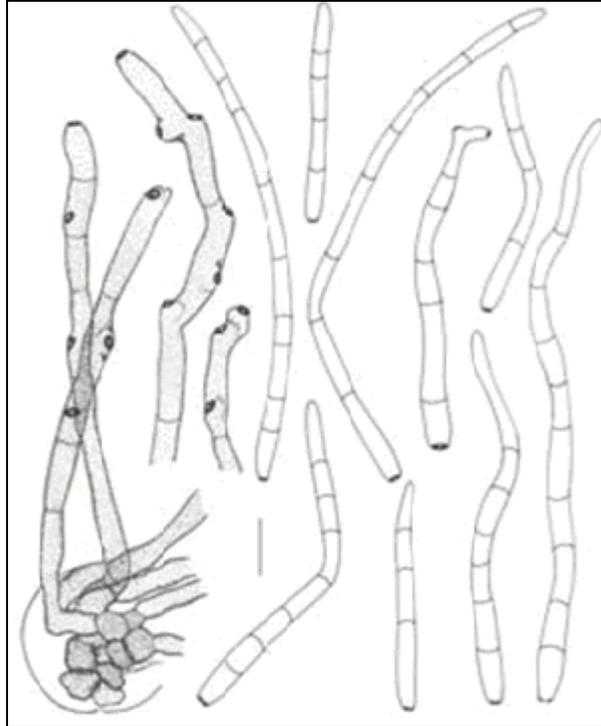


Figura 9. Fascículos de Conidioforos, células conidiogenas y conidios de *Cercospora* (Fuente: Pons, 2007)

3.8 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 en las condiciones de los microclimas de las zonas circunlacustres, ha ocasionado que se encuentren afectados por enfermedades foliares que disminuyen la cantidad y calidad de la producción de haba en vaina verde y grano seco (Coca, 2004).

3.9 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).

Según (Agrios, 1996) existen tres tipos de factores que afectan a las epifitias:

- Factores del hospedante
- Factores del patógeno
- Factores ambientales

a) Factores del Hospedante

Este factor concierne a la resistencia genética que posee la planta respecto a alguna enfermedad, la forma de polinización que tiene cada planta y el tipo de cultivo (Agrios, 1996).

- Resistencia genética, existen plantas que tienen altos niveles de resistencia (vertical) contra un patógeno que no permite se establezca en ellas, pero son susceptibles a otros, este tipo de resistencia es dependiente de un gen controlador de la enfermedad, se consigue mediante mejoramiento genético o sea cruza y obtención de variedades; la resistencia horizontal por el contrario permite el desarrollo del patógeno pero el desarrollo epifitológico es mucho más lento, ya que el patógeno es controlado por muchos genes que no permiten su desarrollo fácilmente (Agrios, 1996).
- Tipo de polinización, las tasas más altas de desarrollo de las epifitias ocurren generalmente en los cultivos que se propagan vegetativamente seguidos por los que se auto polinizan, pero los cultivos con polinización cruzada al parecer tienen las tasas epifíticas más bajas. (Agrios, 1996)
- Tipo de Cultivo, Las epifitias se desarrollan más rápido en cultivos anuales que perennes (Agrios, 1996).

- Edad del Cultivo, el nivel de susceptibilidad de cada cultivo cambia según la edad, por lo general las plantas jóvenes son más susceptibles a contraer enfermedades que las plantas adultas (Agrios, 1996).

b) Factores del Patógeno

- Nivel de Virulencia, Los patógenos que infectan más rápido a un cultivo son los que tienen mayor producción de inóculos (Agrios, 1996).
- Cantidad de Inoculo cerca del hospedante, cuanto sea mayor el número de propágulos del patógeno, es más probable que brote una epifitias (Agrios, 1996).
- Tipos de reproducción del patógeno, La mayor parte de los patógenos tiene un ciclo de reproducción corto, por ende puede producir muchos ciclos en una sola estación de crecimiento, (Coca, comunicación verbal)
- Ecología del patógeno, se refiere a los vectores que usa el patógeno para propagarse y reproducirse (Agrios, 1996).

c) Factores Ambientales

- **Humedad**, es el factor predominante para el desarrollo de las epifitias, la humedad ayuda en la esporulación de los hongos, también cuando existe un alto nivel de humedad, prolongada o repetida ya sea en forma de lluvia, rocío o alta humedad relativa ayuda en el transporte de estas esporas, ayuda a que se continúen estos micro ciclos descritos anteriormente. Por el contrario la falta de humedad interrumpe el desarrollo de estas epifitias.
- **Temperatura**, Cuando la temperatura permanece dentro un intervalo favorable para cada una de las etapas, un patógeno poli cíclico puede completar su ciclo de enfermedad dentro el menor tiempo posible (Agrios, 1996).

3.10 Cambios Climáticos

3.10.1 Conceptos generales.

3.10.1.1 Cambio climático

Según la CMNUCC (2002) citado por WIKIPEDIA (2008), el cambio climático es la variación del clima influida por la actividad humana en periodos de tiempos comparables.

Según Fernández, et al (2006), el cambio climático es un proceso natural que responde a el equilibrio de balance energético en la tierra, se caracteriza por ser dinámico y cambiante, este proceso es perceptible cada 100 000 años.

3.10.1.2 Variabilidad Climática

Según Fernández, et al (2006), “La *variabilidad climática* se refiere principalmente a los cambios en la incidencia, repetición, recurrencia (periodicidad de los eventos: intraestacional, interanual e interdecal), frecuencia de eventos extremos como lluvias torrenciales o tormentas eléctricas, y fenómenos climáticos de larga duración como las sequías e inundaciones. Al alterar los patrones de precipitación, temperatura y otros elementos climáticos, la variabilidad climática genera impactos socioeconómicos y ambientales de considerable magnitud (Pabón, s.a. citado por Wikipedia, 2009); esto debido a la poca adaptabilidad de los seres humanos, fauna, flora y ecosistemas en sí a estas variabilidades”.

Según Wikipedia (2009), existen dos tipo de variabilidad climática cuando es producido de manera natural se denomina variabilidad climática natural, cuando nos referimos a variabilidad climática producido por el hombre se denomina Cambio climático antropogénico.

3.10.2 Causas del Cambio Climático

Según Wikipedia (2009) existen causas internas y causas externas que influyen en el cambio climático.

a) Causas Internas

- **Variaciones Solares**, la temperatura de la tierra depende del flujo de radiación solar que recibe.
- **Variaciones orbitales**, se refiere al los cambios transitorios de estaciones (primavera, verano, otoño e invierno).
- **Impacto de meteoritos**, se refiere a las consecuencias de la caída de los meteoritos en las actividades volcánicas.

b) Causas Externas

- **Deriva continental**, es un proceso lento que por la posición del continente fija el comportamiento del clima durante millones de años.
- **Composición atmosférica**, con las primeras formas de vida que asimilaban los gases y los transformaban en Oxígeno (Autótrofos) comenzaron a existir otro tipo de organismo el cual dio la generación de vida aeróbica que consume oxígeno y expulsa CO₂, dando así un equilibrio entre ambos organismos.
- **Corrientes oceánicas**, son un factor que regula como moderador suavizando las temperaturas de las diferentes regiones.
- **Campo magnético terrestre**, influyen cuando el viento solar llega a la atmósfera terrestre.
- **Efectos antropogénicos**, es el principal factor en nuestra actualidad.

3.10.2.1 Efecto Antropogénico

Según Fernández (2006), la principal causa del cambio climático en nuestros tiempos es el aumento de emisión de GEI (Gases de efecto invernadero), el cual empezó desde inicios de la revolución industrial provocado en su gran

parte por el desarrollo socioeconómico, el cambio tecnológico, la actividad industrial, el crecimiento demográfico, y la deforestación. A partir de 1950 estos factores han catalizado la sobreproducción y concentración de emisión de gases como el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), monóxido de carbono(CO) oxido nitroso (N₂O), y vapor de agua.

3.10.3 Efectos del Cambio climático

Según Fernández (2006), existe una gran variedad de efectos, tanto a nivel global como regional, dependiendo de los factores ambientales, ecológicos, físicos y geográficos de cada región, el cambio climático tiene implicación principalmente sobre la salud, biodiversidad, bosques y especies naturales, como también en la industria y agricultura.

3.10.3.1 Efectos del cambio climático en el Clima

El cambio climático está produciendo cambios en la temperatura superficial de la tierra las cuales pueden aumentar de 1 a 3.5 °C para el 2100; está provocando la fusión de las capas de hielo ubicados en la Antártida y Groenlandia haciendo subir el nivel del mar (Fernández, 2006).

En Bolivia la temperatura aumentara más en los meses secos de 1.4 a 1.7°C hasta el 2030, las precipitaciones aumentaran en mayor proporción en los meses húmedos (hasta 27 mm) y menor proporción en los meses secos (7 mm), los glaciares de las montañas Illimani, Chacaltaya, Sajama y Tunari sufrirán retrocesos afectando el ciclo hidrológico y la disponibilidad del agua dulce (Fernández, 2006).

3.10.3.2 Efectos del cambio climático en la Salud

El impacto del cambio climático en la seguridad alimentaria influirá en la migración de las personas aumentando los riesgos de estas de contraer enfermedades que no se presentaban antes (Fernández, 2006).

Según Arana, et al (2007), la salud humana puede sufrir los efectos del cambio climático en forma directa, cuando este ocasiona daños en la integridad física de las personas (derrumbes, ciclones, sequías, inundaciones, etc) y de forma indirecta cuando esta interviene en la incidencia y prevalencia de las enfermedades transmitidas por vectores, re emergencia de enfermedades desaparecidas o controladas y el desarrollo de nuevas enfermedades.

3.10.3.3 Efectos sobre los recursos hídricos

Se prevé que el cambio climático influirá en el suministro de agua en muchas regiones, debido al incremento de sequías, incremento de evaporación y cambios en el ciclo hidrológico (Fernández, 2006).

3.10.3.4 Efecto en la Seguridad alimentaría

El aumento de sequías, inundaciones y otros eventos climáticos extremos influyen en la distribución de los recursos hídricos, que son muy necesarios en la actividad agropecuaria influyendo de manera significativa en la seguridad alimentaria (Fernández, 2006),

Debido a que la producción agropecuaria es dependiente del clima, el cambio climático podría influenciar fuertemente en el sector, como el incremento de los requerimientos de agua en los cultivos, la migración de agro ecosistemas por inviabilidad de sus zonas originales o la habilitación de zonas agrícolas (Arana, et al, 2007).

3.13.3.4.1 Ganadería

En la actividad ganadera el aumento de la temperatura (entre 2 a 4 ° C) y la precipitación influirían en la disminución del peso del ganado entre 9 a 19 % pero mejoraría el rendimiento de los pastos (Fernández, 2006).

3.13.3.4.2 Agricultura

El cambio climático incide en la vulnerabilidad de los cultivos cuando existe la presencia de eventos climáticos extremos como heladas, sequías, olas de calor y fuertes precipitaciones que influiría en el rendimiento, pero el mayor riesgo de deterioro de cultivos se debe al manejo inadecuado de suelos y del cultivo (Fernández, 2006).

Arana, et al (2007), indica que los efectos directos más importantes se verán en el incremento de temperatura, la variación de precipitación, la duración de la estación de crecimiento de los cultivos, los momentos en que se produzcan fenómenos extremos o se alcancen umbrales críticos que influyan en el desarrollo de los cultivos y otros.

a) Efectos directos del Cambio climático

Según Arana, et al (2007), el cambio climático afectara en la concentración de CO₂ en la atmósfera, asociada a otros factores como la elevación de temperatura constituirían en elementos que aceleren el proceso fotosintético, incrementado la biomasa de muchos cultivos especialmente en los cultivos C 3.

Para Fernández (2006), en el caso del altiplano boliviano el aumento de concentraciones de CO₂ y de la temperatura, harían del altiplano en una zona potencialmente agrícola por las condiciones favorables para la acción fotosintética de los cultivos, gracias al calor la estructura del suelo mejoraría gradualmente por la descomposición de la materia orgánica. El aumento de precipitaciones traería consigo en una mejor producción de papa, haba, trigo de invierno y otros que se verían totalmente limitados por la falta de recursos

hídricos, en el caso de la papa le favorece mucho el aumento de temperatura lo que le permite desarrollarse mejor y no ser susceptible a las heladas. (Fernández, 2006)

b) Efectos Indirectos del cambio climático

Según Arana, et al (2007), prevé que como efectos indirectos se tendrá la adaptación de organismos patógenos incrementando su incidencia y severidad y muchas plagas secundarias podrían pasar de plagas con umbrales de daño económico moderado a muy altos.

Fernández, et al (2006), prevé bajo rendimiento cuando haya bajas precipitaciones y un aumento de temperatura, lo cual no favorece a especies tradicionalmente sembradas, por lo cual se tendría que variar la época de siembra y conseguir especies que se adapten mejor al cambio de clima.

4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Localización

4.1.1 Ubicación Geográfica

El presente trabajo de investigación se realizó en la localidad de Chirapaca, provincia Los Andes, en el Altiplano Norte de La Paz, ubicada a 54 km. de la ciudad de La Paz. Geográficamente está ubicada entre las coordenadas de 16°17' 38" de latitud sur y los 68°29' 51" de longitud oeste del Meridiano de Greenwich. A una altitud de 3.850 metros sobre nivel del mar (Pozo, 1997).

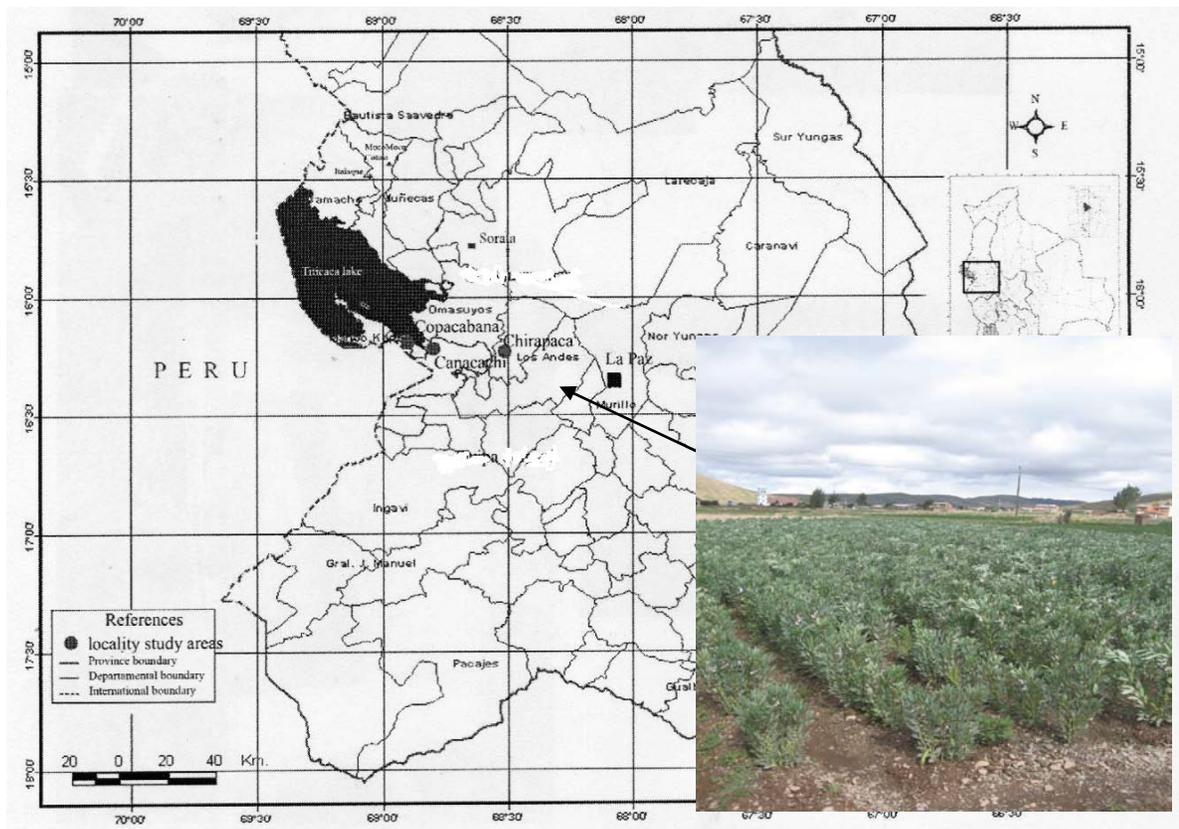


Figura 10. Localización del área de estudio (Fuente: Atlas Municipal, 2006).

4.1.2 Características edafo-climáticas

Las características del suelo y el clima de la localidad de Chirapaca son las siguientes:

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).

4.1.3 Vegetación

4.1.3.1 Especies Forestales y pastos Nativos

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*), carretilla (*Medicago polymorpha*), janukara (*Lepidium bipinnatifidum*), mostaza (*Brassica rapa*), muni muni (*Bidens andicola*), kanapako (*Sonchus oleraceus*), malva silvestre (*Malus sylvestris*), cebadilla (*Bromas catharticus*), pasto de invierno (*Poa annua*), paja brava (*Achnaterum ichu*).

4.1.3.2 Agricultura

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 tuberosum*), izaño (*Tropaeolum tuberosum*), cebada (*Hordeum vulgare*), quinua (*Chenopodium quinoa*), cañahua (*Chenopodium pallidicaule*), avena (*Avena sativa*).

4.1.3.3 Ganadería

La actividad pecuaria más relevante en la localidad de Chirapaca es la producción lechera. La leche es usada generalmente para la elaboración de quesos, los cuales son comercializados en la ciudad de La Paz; otro rubro de menor importancia es la cría de animales como la oveja y el cerdo pero solo para autoconsumo.

4.2 Materiales

4.2.1 Materiales de Laboratorio

- 20 unidades de porta objetos
- 20 unidades de cubre objetos.
- 3 piseta.
- 5 vasos precipitados de 100 ml .
- 10 bandejas de plástico con tapa
- 3 goteros
- 3 marcador indelebles de diferentes colores.
- 2 agujas de transferencia.
- 1 microscopio
- 1 estereoscopio
- 1 cámara de flujo laminar
- 1 cámara germinadora,
- 1 refrigerador.
- 1 mecheros
- 10 litros de Alcohol al 70 %
- 10 litros de agua destilada.
- 100 ml de lactofenol,
- 5 litros de lavandina.

4.2.2 Materiales de campo

- Tractor, yunta.
- 2 chontillas.
- 1 pala
- 3 picotas
- 1 azadón
- 3 hoces
- 1 wincha de 50 m
- 216 marbetes de 7 x 4 cm
- 1 flexómetro
- 1 herborizador,
- 1 cámara fotográfica
- 1 mochilas de aspersión
- 2 baldes
- 1 vaso precipitado de 20 ml

- 1 mascarilla,
- 1 par de guantes,
- 1 par de botas,
- 1 juego de ropa de agua,
- 1 cuaderno de campo,
- 100 hojas de papel periódico,
- etc.

4.2.3 Material genético

- 17 Kg de Semilla de haba variedad “Usnayo – 1” tamaño primera seleccionada, su procedencia fue de la localidad de Chirapaca.

4.2.4 Materiales de gabinete

Libro de registro, papeles transparentes, papel boom, marcadores, maquinas calculadoras, computadora, scanner, papel milimetrado, impresora, programas (Adobe Photoshop 5.5, S.A.S, Canon Power Shot 1.2), etc.

4.3 Métodos

4.3.1 Siembra

a) Preparación del terreno

La preparación del terreno en la localidad siguió el siguiente procedimiento:

- Se realizo la limpieza del terreno sacando las malezas, piedras y basuras.
- Se roturo el terreno con arado de disco a una profundidad de 40 centímetros del suelo.
- Por último se hizo el nivelado de la parcela, dejándolo listo para la siembra.



Figura 11. La preparación del terreno para siembra

b) Siembra

Con la ayuda del tractor se realizo la siembra, la distancia entre plantas fue de 30 cm y entre surcos de 70 cm.

4.3.2 Labores Culturales

a) Deshierbe

Las malezas más comunes del lugar fueron: 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.

En la parcela experimental se realizaron 2 deshierbes, el primero se efectuó en la 20ava semana después de la siembra luego se realizó el último deshierbe en la 24ta semana.

b) 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 en 20ava semana con el propósito de favorecer el desarrollo radicular y soporte, cuando las plantas tenían aproximadamente 20 cm de altura y el segundo aporque se realizo en la etapa de pre-floración (25ta 30ava semana). Fue muy importante el último aporque para la aireación del suelo, el control de maleza y buen desarrollo de la planta.

c) Riego

Se regó en dos ocasiones, en los meses de octubre y a principios de diciembre, el riego se realizo por inundación.



Figura 12. Proceso de riego en la parcela experimental

4.3.3 Evaluación del cambio climático

Mediante el uso de datos climatológicos (Precipitación, humedad relativa, temperatura) obtenidos de la caseta meteorológica de propiedad del SENAMHI

cercana a la parcela experimental, se comparó las condiciones climatológicas de la actual gestión agrícola con las obtenidas en las últimas 5 gestiones.

4.3.4 Identificación de Patógenos

El proceso de identificación de patógenos se realizo de la siguiente manera:

- a) **Obtención de muestras**, para identificar a los patógenos se colectaron muestras durante todo el ciclo de cultivo de la parte aérea de la planta, muestras de foliolos que presentaban manchas ocasionadas por algún patógeno. Las muestras remojadas en agua, luego fueron embolsadas y llevadas a laboratorio para su respectiva identificación.



Figura 13. Remojado de las muestras en agua

- b) **Análisis de muestras**

Cámara Húmeda

En laboratorio las muestras recolectadas fueron lavadas con agua corriente, luego se desinfectaron en alcohol al 70 % durante 10 segundos para garantizar

el desarrollo del patógeno de estudio, después fueron enjuagadas en agua estéril para luego colocarlas a cámara húmeda.

El propósito de la cámara húmeda es de crear condiciones favorables de humedad para el desarrollo rápido de los hongos o bacterias que puedan estar involucrados en los síntomas de las distintas enfermedades. (French y Hebert, 1982)



Figura 14. Preparación de la muestra en la cámara húmeda

c) Identificación de Patógenos

Para este proceso se usó dos métodos:

- 1) Mediante archivos de fotografías (Publicaciones, libros) se identificaron los distintos patógenos que se presentaron en la parcela experimental.
- 2) Luego de haberse desarrollado los hongos en la cámara húmeda durante un periodo de 5 días, se observaron directamente las estructuras mediante la ayuda de un estereoscopio y un microscopio para posteriormente identificarlas mediante claves.

4.3.5 Comportamiento epidemiológico de las enfermedades foliares

Para determinar el comportamiento epidemiológico de las enfermedades fungosas foliares, se evaluó la intensidad de las mismas (incidencia y severidad).

4.3.5.1 Incidencia

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

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

$$%I = \frac{Plenf}{Pltot} \times 100$$

Donde:

%I = La incidencia en porcentaje

Plenf= Plantas Enfermas

Pltot = Plantas totales

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

- Se implementaron 4 unidades de muestreo distribuidas en diferentes sitios de la parcela experimental, las dimensiones de cada unidad experimental fueron de 8 m de largo por 6 surcos de ancho, donde se evaluaron los surcos centrales.
- Se efectuaron dos conteos, el primero para determinar el número de plantas totales que presentaban cada surco, y el segundo para determinar las plantas afectadas que presentaban manchas fungosas.
- Para diferenciar las manchas foliares provocados por la helada, granizo y la quemadura de los productos químicos con las manchas provocadas por

hongos, se observó la formación de estructuras que les distinguen de estos otros tipos de mancha.

- La evaluación de incidencia se realizó cada 14 días, el cual comenzó a los 97 días después de la siembra.

4.3.5.2 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:

- Se escogió 6 plantas en cada unidad experimental y se las identificó con marbetes para su posterior control y evaluación.
- La evaluación constaba en tomar 3 muestras de folíolos de cada planta identificada.
- El proceso se realizó cada 14 días y se empezó a los 152 días después de la siembra, cuando la presencia de manchas foliares era muy notoria.



Figura 15. *Planta seleccionada para evaluación de severidad*

- Los foliolos recolectados se colocaron entre hojas de papel después fueron puestas en un herborizador, cada muestra fue marcada según la fecha de recolección y el número de muestra.
- Se realizó cambio de hojas de papel para que las muestras no sean dañadas y puedan herborizarse correctamente.
- Una vez herborizadas los foliolos se escanearon sobrepuestos sobre papel cebolla milimetrado.
- Se determinó el porcentaje afectado por manchas de origen fungoso en el foliolo, primeramente se realizó un conteo de número de cuadrados totales del área del foliolo, para luego realizar un segundo conteo pero del área afectada por manchas de origen fungoso.

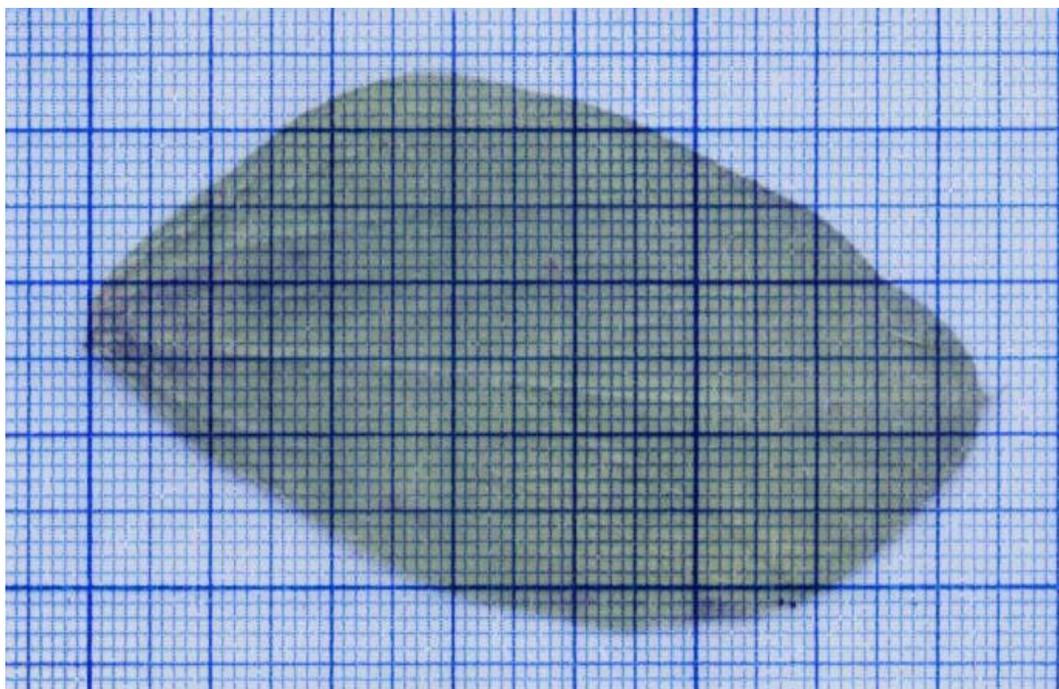


Figura 16. *Calculo del área afectada por mínimos cuadrados*

4.3.6 Relación entre las condiciones climáticas y la intensidad de las enfermedades fungosas foliares

Para determinar la relación entre los datos climatológicos de la gestión 2008 – 2009 con la intensidad de las enfermedades (incidencia y severidad) se determino las condiciones climáticas optimas para el desarrollo de las enfermedades que afectaron al área foliar.

4.3.7 Análisis Estadístico

a) Evaluación del cambio climático

Para evaluar el cambio climático en la zona de estudio se determino si existe diferencia significativa estadísticamente entre el grupo de datos climatológicos de 5 gestiones anteriores con la gestión agrícola 2008 – 2009, para este propósito se uso la prueba t de Student citado por Castañeda (1995), cuya fórmula está representada de la siguiente manera:

$$t_c = \frac{x - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

Donde:

μ = Dato climatológico (temperatura, humedad relativa, precipitación) de la gestión 2008 – 2009.

S= desviación estándar

\bar{x} = Media del conjunto de datos climatológicos de 5 anteriores gestiones agrícolas.

b) Elaboración de la ecuación de intensidad de las enfermedades.

Según Agrios (1996), los modelos obtenidos para las curvas de progreso de enfermedad suelen transformarse matemáticamente en líneas rectas, las pendientes de esas líneas pueden usarse para calcular las tasas epifíticas y realizar así la comparación de las epifitias de una misma enfermedad en diferentes periodos de tiempo

La evaluación de la intensidad de la enfermedad se representa por la siguiente ecuación lineal propuesto por Álvarez y Huayta(2000):

$$y = a + bx$$

Donde:

y= Incremento de Intensidad de la enfermedad (Incidencia o severidad)

a= Ordenada en el origen de intersección de la recta con el eje de cordenadas.

b= Pendiente o grado de inclinación de la recta

x= variable independiente (tiempo).

4.3.8 Variables de Respuesta

Incidencia

La incidencia es el número de plantas afectadas por la enfermedad sobre el número de plantas total evaluadas multiplicadas por 100 (Agrios, 1996):

$$\% I = \frac{Plenf}{Pltot} \times 100$$

Donde:

%I = La incidencia en porcentaje

Plenf= Plantas Enfermas

Pltot = Plantas totales

Severidad

La severidad es el total de área foliar afectada por el patógeno sobre el área total foliar todo esto multiplicado por 100 (Ruiz, 2005).

$$\%S = \frac{AFA}{AFT} \times 100$$

Donde:

% S = la severidad representada en porcentaje

AFA = Área foliar afectada

AFT = Área foliar total

Número de ramas por planta

Se realizo el conteo de ramas de las plantas marcadas para el estudio de severidad a los 273 días después de la siembra, el total de plantas marcadas fue de 24 plantas.

Numero de vainas por planta

En la parcela experimental se efectuó el conteo de vainas por planta, de las seis plantas marcadas para el estudio de severidad y se lo realizo a los 273 días después de la siembra.

Rendimiento de grano seco (kg/ha)

Para determinar el rendimiento de grano seco en (kg/ha), se cosecho aparte los surcos centrales donde se realizaron los estudios de incidencia y severidad; después se colocaron en parbas separadas, en total se obtuvieron 4 parbas de plantas de haba; finalmente se espero hasta el mes de junio donde se realizo el trillado y la recolección del grano de semilla de haba, para luego clasificarlo y cacular su rendimiento.

5 RESULTADOS Y CONCLUSIONES

5.1 Evaluación del cambio Climático en la zona de estudio

5.1.1 Datos climáticos de la gestión Agrícola 2008 -2009

Los datos de precipitación y temperatura, registradas y humedad relativa en la estación meteorológica de Chirapaca de los meses agosto de 2008 hasta marzo 2009 se presentan en el cuadro 8 y en las figuras 17 ,18 y 19.

Cuadro 8. Datos climáticos en general durante el desarrollo del cultivo

Mes	Tmax	Tmin	Tpro	Pp	HR
Ago	15,3	2,8	9,05	3	74,1
Sep	16,2	-2,7	6,75	9,5	36,8
Oct	17,1	2,3	9,70	31,8	41,1
Nov	18,8	3,7	11,25	10,7	43,5
Dic	16,2	4,6	10,40	119	49,9
Ene	15,7	5,4	10,55	62,9	63,5
Feb	15,9	4,5	10,20	68,4	64,3
Mar	15	3,7	9,35	68,5	62,6
Abr	16,6	0,6	8,60	18,5	70,5

Fuente: SENAMHI, 2009

El periodo más frío (mínimo de temperatura media), se observó en el mes de septiembre con 6.8 °C, mientras que el más cálido (máximo de temperatura media) se presentó en noviembre con 11.2 °C; respecto a la precipitación el mes que presentó mayores niveles fue el de diciembre con 119 mm siendo agosto el mes con menor precipitación; por último el mes que presentó humedad relativa media alta fue el de agosto con 74.1%.

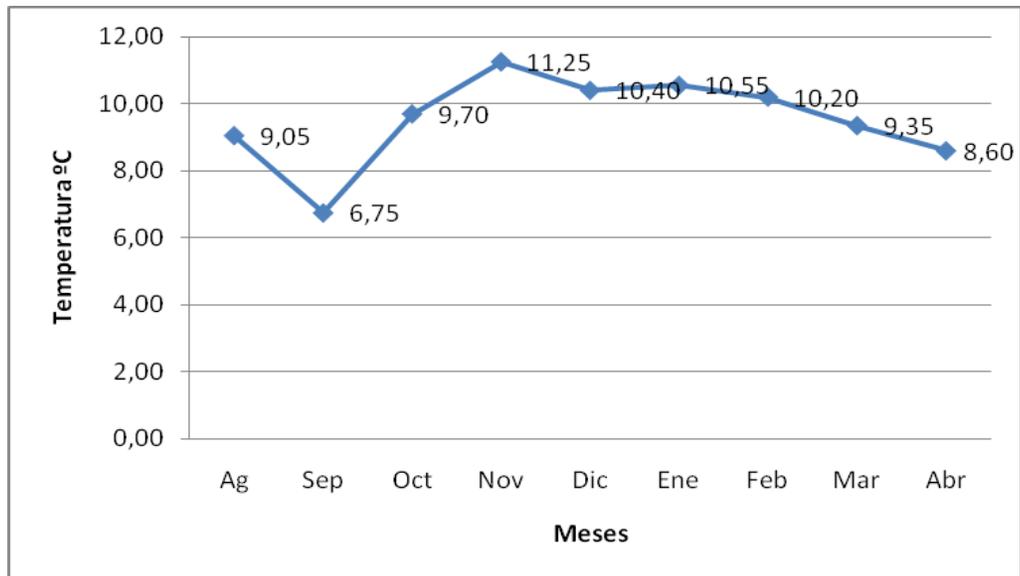


Figura 17. Temperaturas registradas durante el ciclo de cultivo

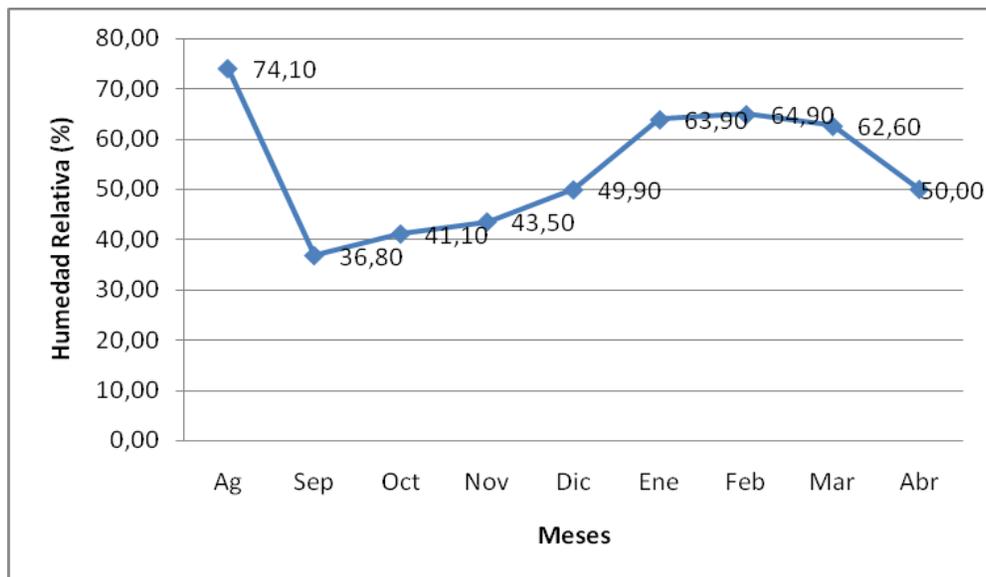


Figura 18. Humedad relativa registrada durante el ciclo de cultivo

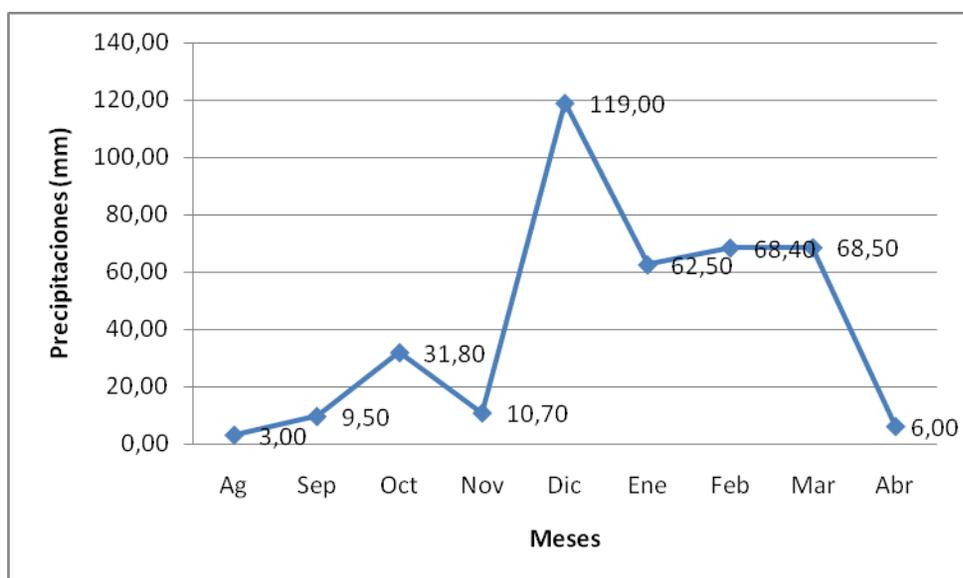


Figura 19. Precipitaciones registradas durante el ciclo de cultivo

5.1.2 Temperatura media

Para la evaluación de temperatura media se comparo la curva que se formo durante las 5 anteriores gestiones agrícolas, después se comparo con la gestión actual. El cuadro 9 muestra las temperaturas medias de los diferentes meses desde la gestión 2003 -2004 hasta la gestión 2008 -2009

Cuadro 9. Temperaturas medias desde la gestión 2003 -2004 hasta la gestión 2008 – 2009

Gestión/ Mes	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009
Ago	5,5	5,7	5	5,9	6,1	9,05
Sep	6,35	7,15	8,05	7,7	8,5	6,75
Oct	8,45	13	9,05	8,3	8,6	9,7
Nov	9,1	9,9	9,3	9,45	9,3	11,25
Dic	1,45	9,8	10,2	9,95	9,45	10,4
Ene	9,25	9,35	9,15	10,45	9,15	10,55
Feb	9,2	9,2	9,4	9,25	8,15	10,2
Mar	9,3	9,3	9,35	9,05	9,1	9,35
Abr	8,45	8,4	8,3	8,65	7,8	8,6

- La Temperatura media está registrada en Grados Centígrados

Fuente: SENAMHI, 2009

Para realizar la comparación de la gestión (2008 – 2009) con las 5 anteriores gestiones se realizó la prueba t de student

El cuadro 10 nos muestra el promedio y desviación estándar de temperatura media de cada mes que se registraron desde la gestión 2003-2004 hasta la gestión 2007-2008 y la prueba t de student realizada comparando con la gestión actual.

Cuadro 10. Promedio y desviación estándar de temperaturas medias registradas y calculo de t de Student

Mes	Promedio	Desviación estándar	Tc	Ttab	Prob 95%
Ago	5,6	0,4219005	18,073	2,776	*
Sep	7,6	0,8329166	-2,148	2,776	NS
Oct	9,5	1,9876494	0,247	2,776	NS
Nov	9,4	0,3008322	13,677	2,776	*
Dic	8,2	3,7663975	1,324	2,776	NS
Ene	9,5	0,5540758	4,359	2,776	*
Feb	9	0,5042321	5,144	2,776	*
Mar	9,2	0,1350926	2,152	2,776	NS
Abr	8,3	0,3174114	1,973	2,776	NS

Como muestra el cuadro 11, los meses de agosto, noviembre, enero y febrero, con una probabilidad del 95% muestran un incremento de temperatura media significativa de la gestión 2008 -2009 respecto a las anteriores gestiones.

5.1.3 Precipitación

La figura 20 muestra el desarrollo de la precipitación desde agosto hasta abril de las 6 últimas gestiones agrícolas.

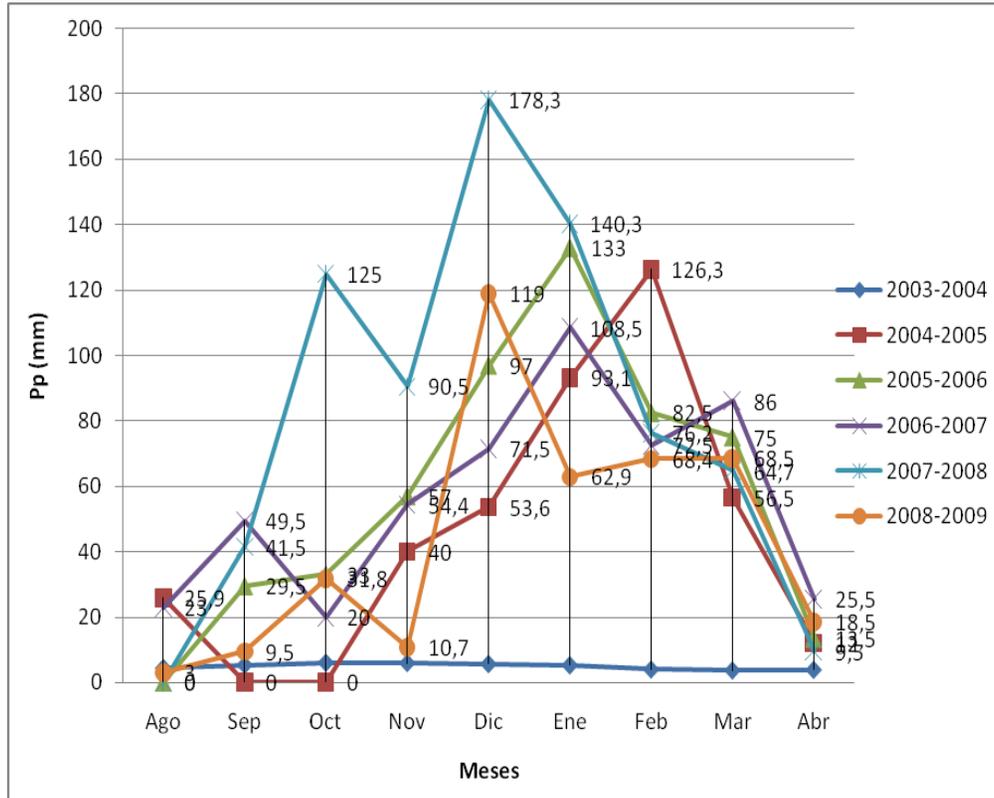


Figura 20. Precipitación registrada desde la gestión 2003- 2004 hasta la gestión 2007 - 2008

El cuadro 11 nos muestra el promedio y desviación estándar de la precipitación de cada mes que se registraron desde la gestión 2003-2004 hasta la gestión 2007-2008 y la prueba t de student realizada comparando con la gestión actual.

Cuadro 11. Promedio y desviación estándar de las precipitaciones registradas y calculo de t de Student

Mes	Promedio	Desviación estándar	Tc	ttab	Prob 95%
Ago	10,7	12,7572724	-1,34262875	2,776	NS
Sep	25,2	21,8272307	-1,60427243	2,776	NS
Oct	36,8	50,9381978	-0,21948833	2,776	NS
Nov	49,6	30,6286304	-2,83700578	2,776	*
Dic	81,2	63,7362926	1,32614192	2,776	NS
Ene	96	54,1774584	-1,36696282	2,776	NS
Feb	72,3	43,9142574	-0,19756554	2,776	NS
Mar	57,2	31,9216698	0,79435102	2,776	NS
Abr	12,9	7,97326784	1,58171325	2,776	NS

Según el cuadro 11, los datos de precipitación registrados en la presente gestión no tienen un cambio significativo respecto a las 5 gestiones anteriores, excepto el mes de noviembre donde se registro menos precipitación que en anteriores años, siendo significativo este.

5.1.4 Humedad relativa

El cuadro 12 muestra la humedad relativa registrada durante la gestión agrícola 2008 -2009 y de 5 anteriores gestiones.

Cuadro 12. Registro de Humedad relativa desde la gestión 2003 -2004 hasta la gestión 2008 – 2009

Gestión/mes	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009
Ago	85,4	86,8	87,4	83,7	82,6	74,1
Sep	90,0	87,2	85,3	85,0	84,5	36,8
Oct	88,5	73,9	89,5	91,8	90,7	41,1
Nov	91,5	88,9	94,8	95,8	96,7	43,5
Dic	86,8	89,7	89,0	91,6	95,3	49,9
Ene	96,4	94,1	95,9	86,5	97,1	63,5
Feb	93,9	94,3	92,5	91,8	96,6	64,3
Mar	91,3	91,3	92,5	95,6	95,6	62,6
Abr	91,7	91,9	94,3	92,9	90,0	89,6

- La Humedad Relativa esta expresada en %

Fuente: SENAMHI, 2009

El cuadro 13 nos muestra el resultado de la prueba t de student de los datos de humedad relativa obtenidos:

Cuadro 13. Promedio y desviación estándar de humedad relativa registradas y calculo de t de Student de las mismas

Meses	Promedio	Desviación estándar	Tc	ttab	Prob 95%
Ago	85,2	2,01954945	-12,2966887	2,776	*
Sep	86,4	2,25240316	-49,2323422	2,776	*
Oct	86,9	7,35841219	-13,9073328	2,776	*
Nov	93,5	3,23747278	-34,5590233	2,776	*
Dic	90,5	3,21884607	-28,1984505	2,776	*
Ene	94	4,33761801	-15,72087	2,776	*
Feb	93,8	1,8906163	-34,8973092	2,776	*
Mar	93,2	2,18977624	-31,2856854	2,776	*
Abr	92,2	1,5856639	-3,62979757	2,776	*

Como se observa en el cuadro 13, existe una disminución estadística significativa estadística de humedad relativa media de la gestión agrícola 2008 - 2009 respecto a las 5 gestión predecesoras.

Esto es debido al déficit de precipitación que se tuvo en esta gestión (niveles obtenidos por debajo de la media) y las temperaturas medias altas (superiores al promedio durante esta gestión).

5.2 Identificación de enfermedades fungosas foliares

5.2.1 Mancha chocolate (*Botrytis fabae* Sard.)

La enfermedad se presentó a los 153 días de desarrollo del cultivo de haba, en forma de manchas circulares irregulares de color café rojizo, de los cuales afectaron a las hojas, los tallos y vainas; este patógeno fue el que más se desarrollo en el cultivo con un 99 % de presencia en la parcela experimental.

En la evaluación de incidencia, se observó a esta enfermedad afectando en un 100% de los surcos evaluados, según Smith (1988), indica que para que aumente su índice de expansión necesita que la humedad relativa este con valores cercanos al 70 % y que la temperatura sea entre 3 a 28 °C, siendo el optimo 15 a 20 °C .



Figura 21. Síntomas de *Botrytis Fabae*



Figura 22. Conidióforos y Conidias 400 x (Mamani,2007)

Según lo indicado por Smith (1988), la Mancha chocolate se vio favorecida por la humedad relativa alta (63.5% a 64.3%) registrada entre los meses de enero y febrero (valores que son cercanos a su optimo para expandirse), también se vio favorecido por las temperaturas medias altas y los altos valores de precipitación entre estos dos meses.

Respecto a la severidad el patógeno no se desarrollo en forma agresiva en el cultivo de haba, debido a las condiciones no favorables de temperatura (15 -20 °C) y que la humedad relativa no era la adecuada para el mejor desarrollo del cultivo de haba.

5.2.2 Mancha negra o concéntrica (*Alternaria alternata*)

Esta enfermedad en el campo se observó en forma de manchas negras y circulares, formando anillos irregulares concéntricos sobre la lesión; por lo general este patógeno ataca a los bordes de los folíolos del haba. El patógeno se detecto en forma aislada a los 175 días después de la siembra; la enfermedad en la evaluación de incidencia y severidad no tiene ningún referente.



Figura 23. Síntomas de *Alternaria alternata*.



Figura 24. Conidias de *Alternaria alternata* a 400 X.

El género *Alternaria* sp. generalmente se desarrolla en sitios de alta humedad (88-100%) su rango de crecimiento esta entre los 15 - 33°C pero es inhibida por debajo de 15°C y encima de los 33 °C (Carrillo,sf). Smith (1988), mención que la contaminación generalmente se transmite por las semillas, por el contrario Carrillo (sf), indica que este patógeno es más prolífico y que sus esporas se encuentran esparcidas por el aire y a su vez por su vida saprofita se encuentran en restos de cosechas anteriores.

Tomando en cuenta lo que indica Smith (1988) y Carrillo (sf), podemos indicar que el clima no presentaba las condiciones necesarias para que el patógeno pueda desarrollarse de manera optima, debido a la baja humedad relativa y las temperaturas medias registradas en la zona, pero es posible que el patógeno provenga de los rastrojos de cosechas anteriores por su vida saprofita o que la semilla haya sido contaminada con este hongo.

5.2.3 Mancha foliar ocasionada por *Cercospora zonata*

En el campo esta enfermedad se ha presentado con sintomatología principalmente en los folíolos del cultivo, presenta manchas de 3 a 5 mm concéntricas de color marrón oscura a negruzco, presenta un anillo de color marrón, en la región afectada presenta pequeños cuerpos estromáticos de color marrón oscuro, sobre el cual se encuentran los conidióforos; en el centro se presenta una coloración marrón clara; esta enfermedad se presentó a los 153 días después de la siembra.



Figura 25. Síntomas de *Cercospora* sp



Figura 26. Conidioforos de *cercospora* 400X (Coca,2005)

Según Agrios (1996), el Género cercospora necesita temperaturas altas (21 °C) y una humedad relativa alta (70 a 80%) para obtener un óptimo desarrollo, esta puede propagarse mediante semilla. Por lo tanto, las condiciones climáticas en la zona no fueron las óptimas para que tengan un buen desarrollo y puedan afectar de manera significativa en la producción.

Generalmente este patógeno es confundido muchas veces con la Alternaria, por lo que es necesario indicar las diferencias observadas entre ambos.

Cuadro 14. Diferencia entre Cercospora y Alternaria

Características	<i>Cercospora zonata</i>	<i>Alternaria alternata</i>
Forma	Anillos concéntricos irregulares	Anillos concreticos visibles
Color	Marrón oscuro a Negro	Marrón claros y oscuros
Cuerpo Fructífero	Micelio blanco abundante	Formación de estromas
Forma de Conidias	Grandes alargadas y oscuros en forma de pera	Aciculares, solitarias, hilianos y septadas.

Como se indica en el cuadro 14, ambas presentan similares características, pero la diferencia se puede distinguir a simple vista según su forma de reproducción, mientras que la Alternaria desarrolla todo su micelio en la parte afectada por el hongo, en la Cercospora podemos encontrar pequeños bultos dentro la parte afectada, en donde se encuentra las conidias de esta; otra manera seria mediante la observación de la muestra en el microscopio, llevando muestra al laboratorio para su identificación

5.3 Comportamiento Epidemiológico

5.3.1 Incidencia

La figura 27 muestra el grado de avance de incidencia en las 8 lecturas realizadas durante el desarrollo de cultivo.

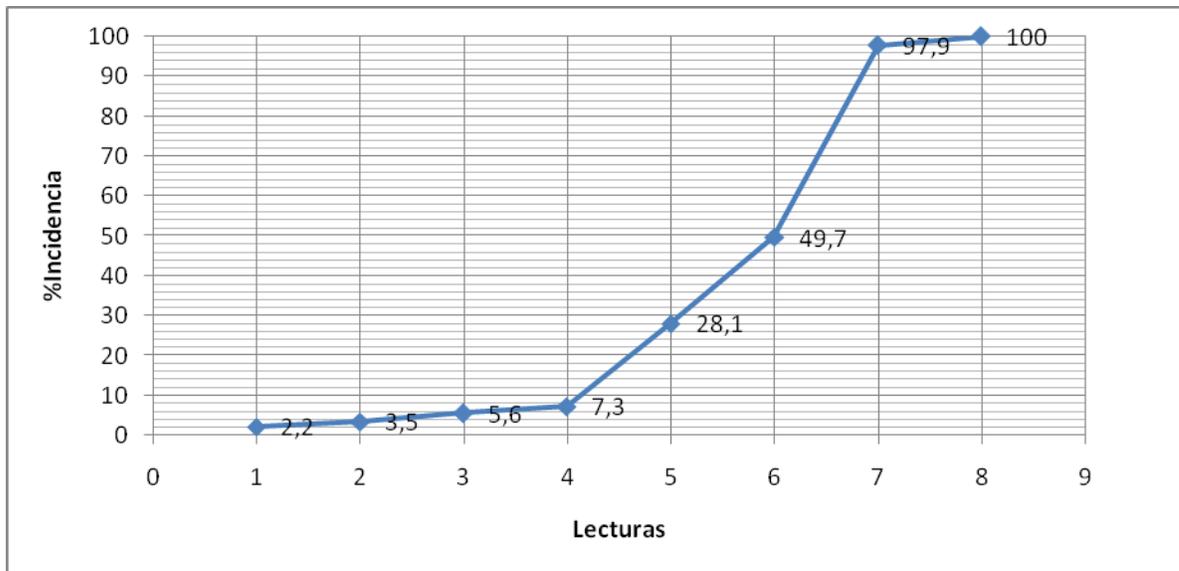


Figura 27. Incidencia de las manchas fungosas foliares.

Como se observa en la figura 27, la curva de progreso de incidencia de las enfermedades en el cultivo de haba se muestra como una curva sigmoidea y estas características corresponden a enfermedades con ciclo policíclico.

Según lo que se indicó anteriormente la enfermedad que mayormente atacó al cultivo fue la mancha chocolate, por lo que se puede indicar que esta enfermedad es de ciclo policíclico.

La mayor incidencia se vio entre la toma muestral 6 y 7 con un aumento de 21.6 y 48.2% en 2 semanas respectivamente. Para determinar las características climatológicas, debemos realizar un estudio minucioso en esta etapa.

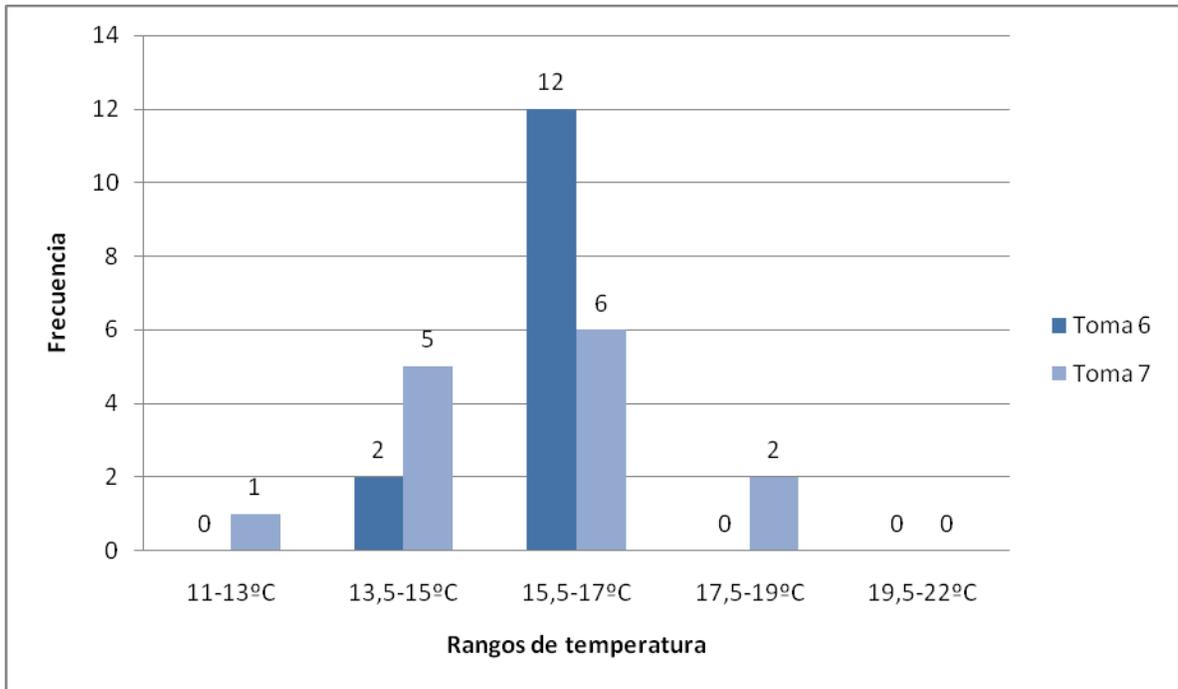


Figura 28. Temperaturas máximas entre la 5ta a 7ma lectura de incidencia

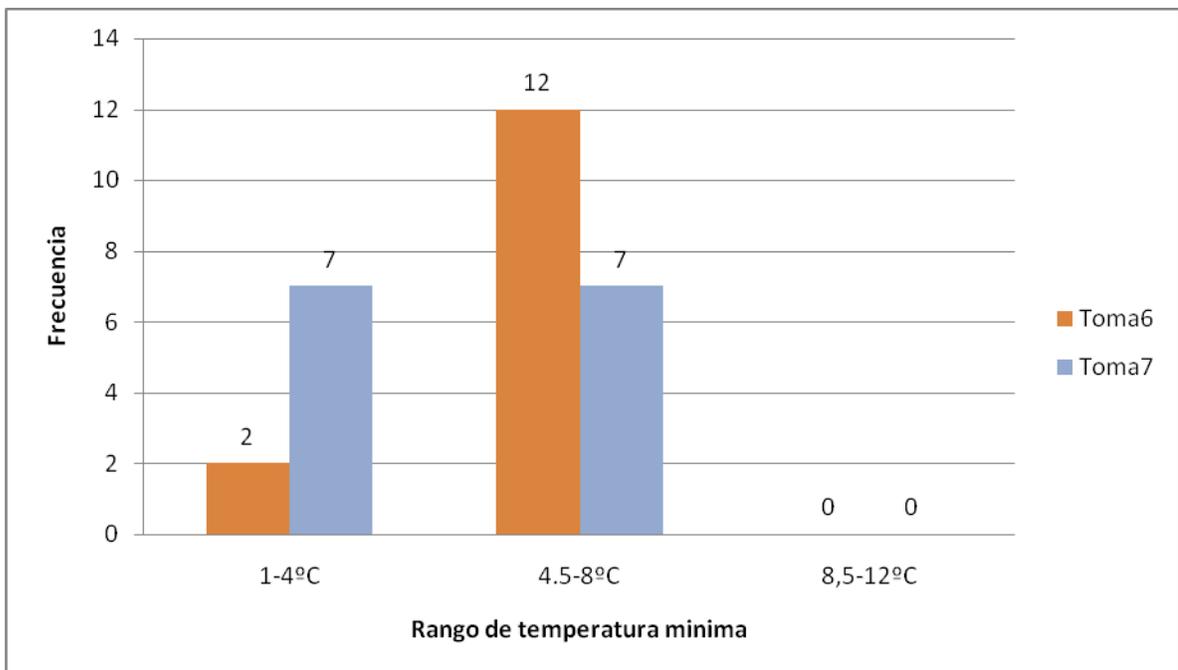


Figura 29. Temperaturas mínimas registradas entre la 5ta a 7ma lectura de incidencia

Según las figuras 28 y 29, la oscilación de temperaturas máximas fue de 15.5 °C a 17°C ocupando el 64% de los datos obtenidos, mientras que en temperaturas mínimas se registro temperaturas de 4.5 a 8 °C con un 68% de los datos obtenidos.

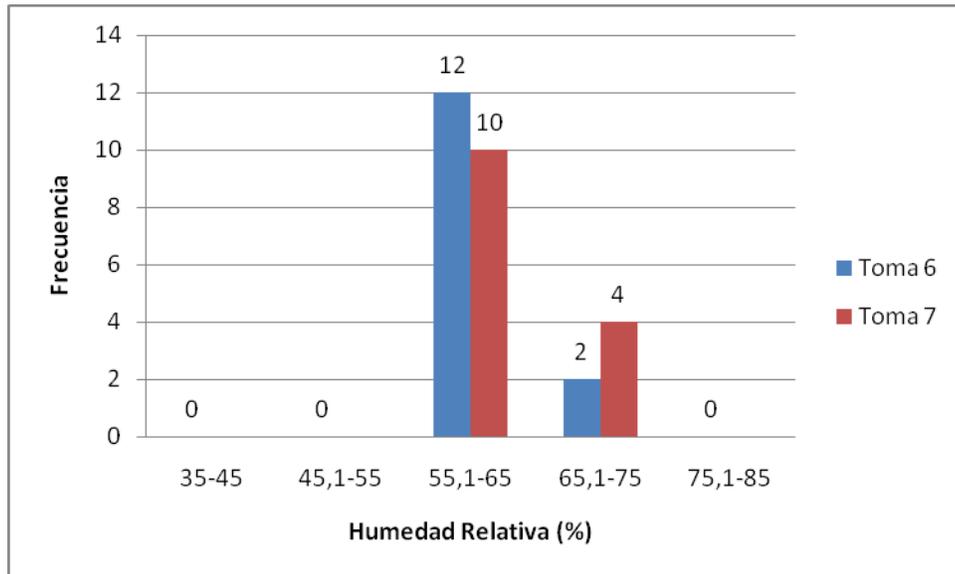


Figura 30. Humedades Relativas obtenidas entre la 5ta a 7ma lectura de incidencia

Por el otro parte las humedades registradas durante la 5ta a 7ma lectura se encontraron en un rango de 55 a 75%, registrando mayor oscilación del grado de humedad relativa.

Según Smith (1988), indica que el índice de expansión para la mancha chocolate solo necesita humedades relativas de 70% y es directamente proporcional a la humedad relativa, por lo tanto; en el experimento el incremento de la incidencia que se vio entre las tomas 6 y 7 se debió principalmente al aumento de humedad relativa, también el mismo autor indica que la mancha de chocolate se puede desarrollar en temperaturas de 3 a 28 °C, donde su optimo esta entre los 15 a 20 °C, en la zona se registro esta variación entre estas 2 tomas, por lo que el hongo se encontró en una situación casi ideal para desarrollarse.

Por último, Agrios (1996), indica que para la comparación del progreso de las enfermedades en diferentes periodos, los modelos obtenidos para las curvas de progreso de enfermedad suele transformarse en una línea recta, las pendientes de estas líneas pueden utilizarse para calcular las tasas epifíticas (avance progresivo de la enfermedad).

La tasa epifítica de las enfermedades en el cultivo del haba están expresadas por la siguiente ecuación:

$$y = -33.36 + 15.59 x$$

Donde :

y= % de Incidencia

x = Periodo transcurrido.

5.3.2 Severidad

La figura 31 muestra el desarrollo de la severidad en las 8 tomas realizadas.

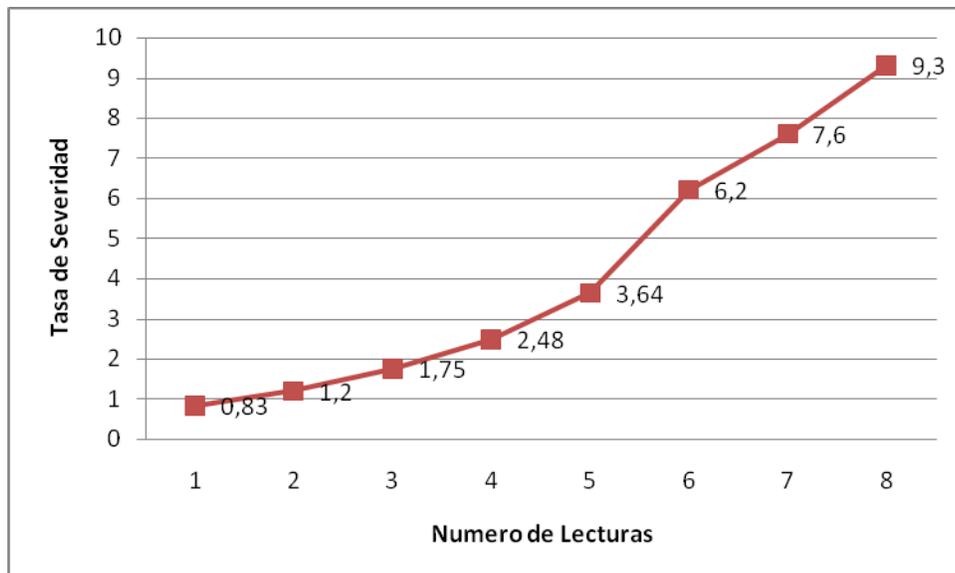


Figura 31. Desarrollo de la Severidad durante las 8 tomas de lectura

Como indica Agrios (1996), la curva de severidad es mas adaptada a una curva sigmoidea por lo tanto las características mostradas en la curva son de patógenos con ciclo policíclico, quedando demostrado lo antes visto en incidencia.

Para el análisis de severidad se concentro en la etapa donde mayor incremento en tasa de severidad se encontró, y esta se encuentra en la toma 6 del muestreo.

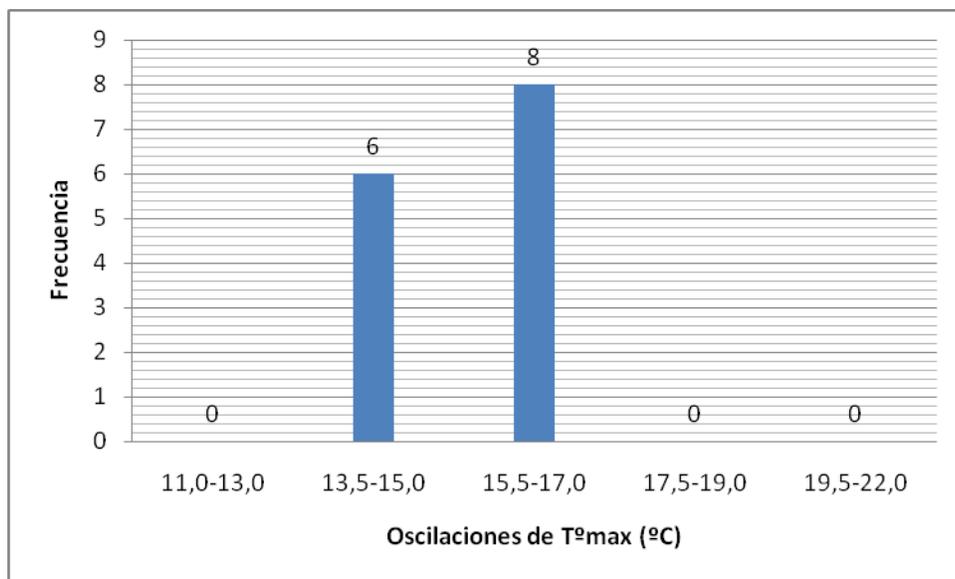


Figura 32. Temperaturas máximas registradas en la 6ta toma de muestra de severidad

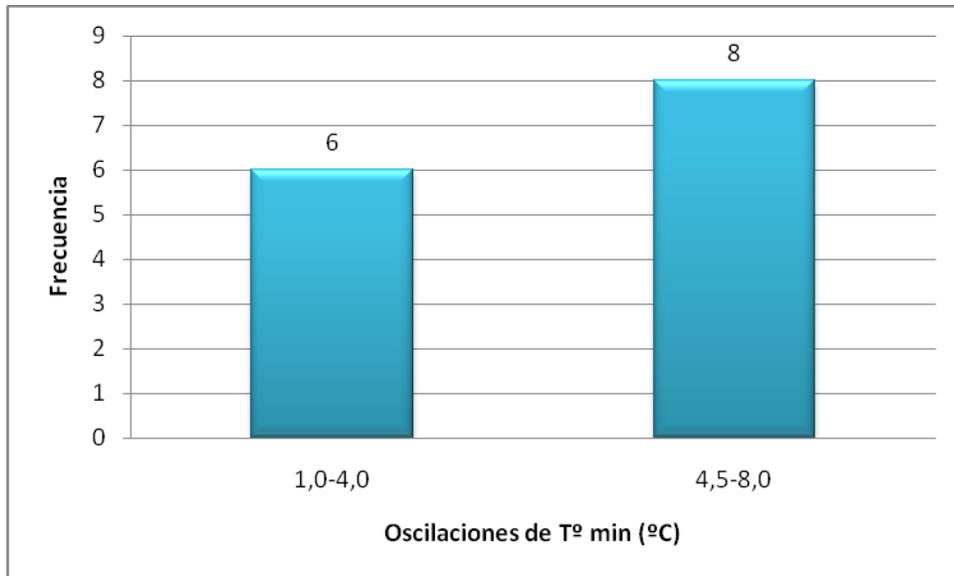


Figura 33. Temperaturas mínimas registradas en la 6 toma de muestra de severidad

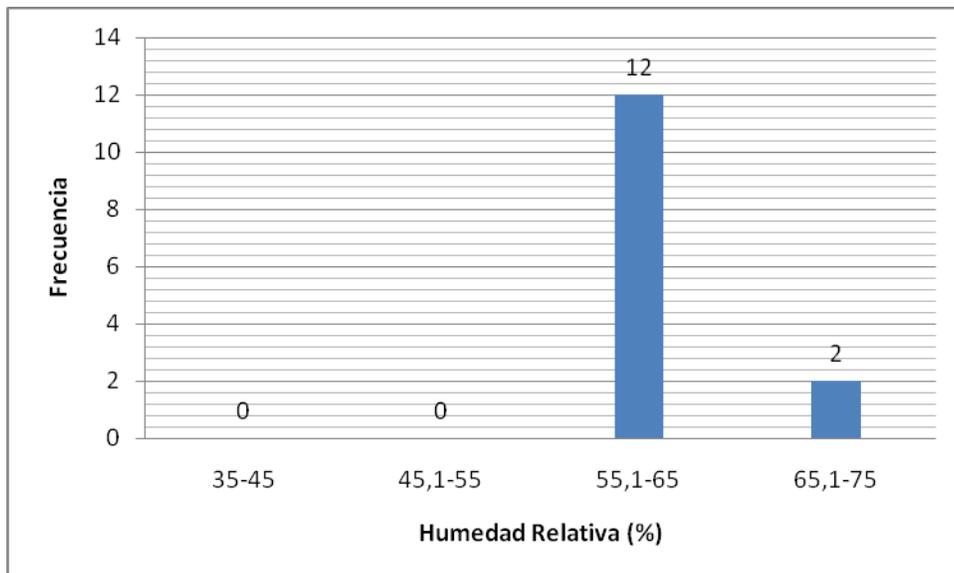


Figura 34. Humedad Relativa registrada en la 6 toma de muestra de severidad

Según las figuras 32, 33 y 34 para que el patógeno *Botrytis fabae* se haya desarrollado en un 2.56% en 2 semanas se tuvo una oscilación de temperatura máxima de 13 a 17°C y una mínima de 1 a 8 °C con una humedad relativa de 55 a 75%.

Según Smith (1988), indica que para tener un buen desarrollo el patógeno *Botrytis fabae* debe estar entre los rangos de 15 a 20 °C y humedades relativas de 70 80 %, por lo tanto, el efecto de la temperatura no fue el apto para que desarrollara su fases agresivas el hongo por eso, no se tuvo un incremento elevado respecto a la severidad.

La ecuación para la severidad es:

$$y = -1.53 + 1.210x$$

Donde:

Y= Tasa de incremento de severidad

X= Periodo transcurrido (2 semanas)

5.4 Evaluación de Rendimiento

5.4.1 Evaluación de Numero de Ramas por planta

En la localidad con una severidad del 9% y realizando el conteo de ramas y le posterior análisis estadístico se obtuvo los siguientes resultados:

Promedio de ramas: 5.12 ramas por planta.

Desviación estándar: 1.36

Número de plantas evaluadas 24.

Promedio de la zona de estudio: 6 ramas (Fuente Mamani, 2007)

Realizando la prueba t de Student:

$$tc = \frac{x - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

Donde:

μ = Promedio de la zona de estudio

S= desviación estándar

x= Media del conjunto de datos de N° de ramas obtenidas.

n= Cantidad de datos

El resultado 3.076 de Tc que esta por encima de Ttab (2.064), lo cual nos indica que el número de ramas es significativamente mayor que el promedio registrado.

5.4.2 Evaluación de Número de Vainas por planta

Con una severidad del 9% y realizando el conteo de vainas y el análisis estadístico se obtuvo los siguientes resultados:

Promedio de vainas: 21.08 vainas por planta.

Desviación estándar: 7.918

Número de plantas evaluadas 24.

Promedio de la zona de estudio: 1.98 vainas (Fuente Mamani, 2007)

Realizando la prueba t de Student:

$$tc = \frac{x - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

Donde:

μ = Promedio de la zona de estudio

S= desviación estándar

x= Media del conjunto de datos de N° de vainas obtenidas.

n= Cantidad de datos

El resultado -0.5 de Tc que es mayor al Ttab (-2.064), lo cual nos indica que el número de vainas por planta obtenido no tiene diferencia significativa respecto al promedio de la zona.

5.4.3 Evaluación de rendimiento de Grano seco

Con una severidad del 9% y después de realizada la cosecha de grano seco se realizo un análisis estadístico obteniéndose los siguientes resultados:

Promedio de Cosecha de grano seco: 4169.275 Kg/ha

Desviación estándar: 898.76

Número de repeticiones: 4

Promedio de la zona de estudio: 4297.9 Kg/Ha (Fuente Mamani, 2007)

Realizando la prueba t de Student:

$$tc = \frac{x - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

Donde:

μ = Promedio de la zona de estudio

S= desviación estándar

x= Media del conjunto de datos de Kg/Ha de grano seco.

n= Cantidad de datos

El efecto de la intensidad de la enfermedad (Incidencia y severidad) respecto a la producción de grano seco, no es significativo comparando con el promedio de la zona de estudio, por lo tanto; el efecto de las enfermedades es el mismo que el de la gestión 2005-2006.

6 CONCLUSIONES

Una vez finalizado el estudio y a manera de conclusión podemos indicar lo siguiente:

- Entre las principales enfermedades fungosas foliares que se lograron identificar en la localidad de Chirapaca se encuentran: mancha chocolate (*Botrytis fabae*) como la principal enfermedad; también se presentaron la mancha concétrica (*Alternaria alternata*) y *Cercosporosis* (*Cercospora zonata*), pero estas se presentaron de manera esporádica en la parcela experimental.
- La precipitación de la gestión agrícola 2008 – 2009 no tuvo un cambio significativo respecto a las precipitaciones de 5 gestiones agrícolas anteriores.
- La temperatura media registrada en la gestión agrícola 2008 – 2009 fue mayor respecto a la temperatura registrada en 5 gestiones agrícola, pero estadísticamente no tuvo un cambio significativo.
- La humedad relativa registrada en la gestión agrícola 2008 – 2009 fue bajo respecto a 5 gestiones agrícolas predecesoras, hubo una disminución significativa estadística.
- La tasa de incidencia de las enfermedades en la parcela experimental llegó a 100% de daño, entre los meses de febrero y enero, donde se registraron las condiciones climáticas más óptimas para la expansión de la enfermedad.

- La incidencia más alta registrada ha sido del 48.2% cuando se tiene una temperatura máxima de 16.2 °C y una mínima de 4.5 °C y una humedad relativa entre 55 a 75%, ya que la expansión del hongo se debe más a la humedad relativa y la temperatura máxima dada.
- La tasa de severidad llego a un 9% en los foliolos y esta no tuvo un efecto negativo en la producción de grano seco
- La severidad más alta registrada (9%) se presento cuando la temperatura máxima estaba cerca a 15 °C y la mínima alrededor de los 4.5 °C; y donde la humedad relativa fue de 55 a 65%.
- El Número de ramas del cultivo de haba registrado durante la gestión agrícola 200 -2009 en el cultivo de haba fue de 3.08 ramas por planta como promedio con una variación de una rama respecto del promedio registrado para la zona.
- El número de vainas registradas durante la gestión agrícola 2008 -2009 en el cultivo de haba fue de 21 vainas por planta como promedio con una variación de 8 vainas respecto del promedio registrado para la zona.
- La producción de grano seco en la gestión agrícola 2008 – 2009 fue de 4169.3 Kg/ha como promedio en comparación al promedio de la zona que es de 4297,97 kg/ha.

7 RECOMENDACIONES

Sobre la base de los datos obtenidos se recomienda lo siguiente:

- Los criterios básicos del pronóstico tienen inicialmente que apoyarse en la recopilación de observaciones sobre la incidencia y severidad de la enfermedad y su correlación con los registros climáticos. Cuando más larga sea la serie de registros de esta correlación más firmes serán los fundamentos de estos pronósticos, por lo cual es necesario realizar el estudio en la zona para contar con pronósticos más certeros.
- Realizar el estudio en diferentes localidades y en diferentes años, para tener una mejor información del efecto del cambio climático en la región.
- Buscar alternativas para el control de las manchas fungosas foliares, (control químico y biológico o MIP) que se adapten mejor a la región.
- Efectuar un estudio acerca del efecto del cambio climático en regiones con cultivos asecano.
- Elaborar un estudio de la resistencia de las dos variedades que se tienen en la región (Usnayo y Gigante de Copacabana), para determinar cual se adecuan mejor al efecto del cambio climático.
- Aislar a los agentes patógenos que se obtienen de campo y desarrollarlos en laboratorio y efectuar un estudio más profundo de las características de cada patógeno, según los postulados de Koch.

8 BIBLIOGRAFÍA.

AGRIOS, G. 1996. Fitopatología. Ed. Limusa. 2da Edición. México – México DF. 300 – 301 p.

ALVAREZ, A; HUAYTA, E. 2000. Medidas y errores. Universidad Mayor de San Andrés. 2da Edición. La Paz – Bolivia. Pp 199.

ARANA, I; et al. 2007. El cambio Climático en Bolivia. Ed PNCC. 1ra Edición. La Paz – Bolivia. Pp 178.

AZZIMONTI, JC. sf. Bioestadística aplicada a bioquímica y farmacia. Buenos Aires – Argentina. Pp 120.

BALDERRAMA, F., IRIARTE V., BAREA O., IPORRE, G., CARRASCO, E. 2001. Cadena Alimentaría del Haba de Altura para Exportación (Estudio Preliminar). Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. Pp 48 .

CALDERON, J. 1984. Enfermedades de cultivos bolivianos. Ed. Los amigos del libro. Cochabamba – Bolivia. 214 – 217 p.

CARRILLO, L. Sf.. Los hongos de los alimentos y forrajes. México DF – México. Pp 83

CARDONA, J. sf. Medición de aéreas por medio de un escáner y software de procesamiento de imágenes. Bogota – Colombia.

CASTAÑEDA, P. 1995. Bioestadística aplicada. Ed Trillas. 2da edición. México DF – México. Pp 216.

CATACORA, C. 2000. Manejo Integrado de plagas y enfermedades del cultivo de haba (*Vicia faba* L.) en el altiplano norte y central. Tesis de grado

para obtener el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz – Bolivia.80p..

CESPEDES, W; et al. 2007. Manual del productor de haba. PETROMAAS S.R.L. Pucarani – Bolivia. Pp 76.

CRESPO, M. 1996. *Haba (Vicia faba L.)* In Las leguminosas en la Agricultura Boliviana. Proyecto Rhizobiología Bolivia. Cochabamba – Bolivia. 176 - 190

CHAVEZ, G.; DE LEON, A. Determinación de la Incidencia y severidad de las principales enfermedades que afectan al haba (*Vicia faba L.*) en monocultivo en tres localidades del departamento de Quetzaltenango. ICTA. Mexico – Mexico DF. Pp 11.

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. Pp110.

CONIN. s.f. Estudio de mercado del haba. Meda Bolivia, Proyecto de Comercialización Rural (PROCOR). Santa Cruz – Bolivia. Pp 30.

COCA ,M. 2004. Enfermedades foliares del Haba (*Vicia fabae*) en el altiplano de La Paz y su manejo. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 4 Pp.

_____. 2005. Enfermedades foliares del Haba (*Vicia faba L.*): Nuevas y emergentes enfermedades del haba en el altiplano de La Paz – Bolivia.

Oficina Regional de Semillas La Paz. La Paz, Bolivia. Boletín técnico 1:1-4 Pp.

_____. 2005. Enfermedades foliares del Haba (*Vicia faba* L.): Nuevas y emergentes enfermedades del haba en el altiplano de La Paz – Bolivia.

Oficina Regional de Semillas La Paz. La Paz, Bolivia. Boletín técnico 1:1-4 Pp.

_____. 2007. La antracnosis del haba (*Vicia faba* L.). Oficina Regional de Semillas La Paz. Boletín tecnico Vol 1, Nº 1,.

DEL MORAL, J.; CASADO D. y CHICA, V., 1994: Aparición en Badajoz de *Leptosphaerulina* spp. Sobre la alfalfa. *Bol. Sanidad. Vegetal. Plagas*,20 (4): 871-879.

FERNANDEZ, M; et al, 2006. Modulo 3: Causas del Cambio climático. Programa Nacional de Cambios Climáticos. Cochabamba – Bolivia. 25 p.

_____, 2006. Modulo 4: Efectos del Cambio climático. Programa Nacional de Cambios Climáticos. Cochabamba – Bolivia. 25 p.

FODUR, BOLINEST, ORS - LP. 2006, HABA – MAYA. Ed. ORS- LPZ. La Paz – Bolivia. 18 Pp.

_____. 2006, HABA – PAYA. Ed. ORS- LPZ. La Paz – Bolivia. 22 Pp.

_____. 2006, HABA – QUIMSA. Ed. ORS- LPZ. La Paz – Bolivia. 18 Pp.

_____. 2006, HABA – PUSI. Ed. ORS- LPZ. La Paz – Bolivia. 26 Pp.

- FRENCH, E; HEBERT, T. 1982. Métodos de investigación fitopatológica. Ed. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.(IICA). San José – Costa Rica. 255 p.
- GARCÍA, M. 2003. Apuntes de Agroclimatología. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz – Bolivia. Pp 104.
- HACHES, J. 2003. Adaptación de cuatro variedades de haba (*Vicia faba* L.) en tres pisos ecológicos de la provincia Sudanes. Tesis de grado para obtener el Título de Ingeniero agrónomo. Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca. Facultad de Ciencias Agrícolas. Sucre – Bolivia. 103 p.
- HERBAS, R. 1981. Manual de fitopatología. 1era Edición. Ed. Universitaria. Oruro – Bolivia. 362 – 365 Pp.
- JICA. 2006. Manual de producción del Haba. Ed. JICA. Achacachi – Bolivia. 66 Pp.
- MAMANI, F. 2007. 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 para obtener el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Andres, Facultad de Agronomía. La Paz – Bolivia.86 p.
- MATTOS, G. 2000. Fisiología vegetal. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz – Bolivia. Pp167.
- MAYDANA, R. 2002. Efecto de extractos naturales en el control de la mancha de chocolate (*Botrytis fabae*) del cultivo de haba (*Vicia faba* L) Altiplano de La Paz. Tesis de grado para obtener el Título de Ingeniero Agrónomo.

Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz – Bolivia.103 p.

MENESES, R; WAIJENBERG, H; PIEROLA, L. 1996. Las leguminosas en la agricultura boliviana. Proyecto Rhizobiología. Cochabamba – Bolivia. Pp 434.

MENESES, 2000. Uniformización de técnicas y criterios de investigación. Ed. La Violeta; Proyecto Rhizobiología; SEFOM - SAM. Cochabamba – Bolivia.

OCHOA, R. 2004. Diseños experimentales. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de san Andrés. La Paz – Bolivia. Pp 216.

ORS – LP (Oficina Regional de Semillas – La Paz). 2007. Guía Técnica. Ed ORS – LP. La Paz – Bolivia. 40 Pp.

PNCC, 2005. Boletín informativo N° 2. Ed PNCC. La Paz – Bolivia. Pp 12.

PONS, N. 2007. *Cercospora apii* s. lat en Venezuela. Revista facultad de Agronomía. Venezuela. N° 24: 399 -414 p.

POY – SOLANO, L. 2006. Alerta al cambio climático a plagas y enfermedades. En

línea. Consultado el 7 de mayo de 2008 . Disponible en : www.jornada.unam.mx

QUIROGA, 1999. Atlas Estadístico de Municipios de Bolivia. ED COSUDE. La Paz – Bolivia.265 – 266 p.

- ROJAS, F. 2004. Aplicación del programa S.A.S en la investigación agropecuaria. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz – Bolivia. Pp 100.
- RUIZ, 2003. Apuntes de Terapéutica Vegetal. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.
- SMITH,J, et al . 1988. Manual de enfermedades de las plantas. Ed. Mundi – Prensa. Pp 416.
- WIKIPEDIA. 2009. Cambio Climático. En línea. Consultado el 5 de mayo de 2009. Disponible en: www.wikipedia.org
- 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.

ANEXO 1. RENDIMIENTO DEL CULTIVO RESPECTO DE RAMAS Y VAINAS

Blo	Planta	Nº Ramas	Vainas
I	1	4	11
I	2	6	22
I	3	3	24
I	4	4	18
I	5	4	16
I	6	4	25

Blo	Planta	Nº Ramas	Vainas
II	1	6	32
II	2	7	22
II	3	6	26
II	4	6	37
II	5	5	30
II	6	4	29

Blo	Planta	Nº Ramas	Vainas
III	1	5	12
III	2	6	27
III	3	4	16
III	4	5	23
III	5	3	7
III	6	8	27

Blo	Planta	Nº Ramas	Vainas
IV	1	6	12
IV	2	7	26
IV	3	4	14
IV	4	5	17
IV	5	4	8
IV	6	7	25

ANEXO 2 PLANILLA DE COSECHA CULTIVO DE HABA (CHIRAPACA)

BLOQUES	DISTANCIA ENTRE SURCOS(m)	Nº SURCO	PESO (g)	Kg/ha
BI	0,7	3 y 4	2842	4060
BII	0,7	3 y 4	3521	5030
BIII	0,7	3 y 4	3389	4841.4
BIV	0,7	3 y 4	1922	2745.7

ANEXO 3 DATOS CLIMATICOS DE LOS MESES DE AGOSTO 2008 A NOVIEMBRE 2008

Día	Ago-08			Sep-08			Oct-08			Nov-08		
	T max	T min	Pp	T max	T min	Pp	T max	T min	Pp	T max	T min	Pp
1	13	-1,5		13	-6		19	4,5		17	12	
2	14	0,15		14	-7	9,5	18,5	1,5		19	1,5	
3	15	2,5		17	-2		18	2		18,5	2	
4	15	0,2		16	-3		15,5	1,5	1	18	5	
5	15,5	4		15	-1		17,5	2		20	4,5	
6	14,5	0,15		15	-5		16,5	-1		21	3,5	
7	14	6		16	-5		14	-1,5	5	22	4	
8	10	2	3	16	-2		15,5	2		19	4	
9	14	4		17	-2		16	1,5		18	3	
10	15	4,5		16	-2,5		16,5	2		18	8,5	
11	16	3		16	-1,5		19	1,5		21	3,5	
12	15	3,5		15	-1,5		18	0,5		19,5	-1	
13	11	3,5		16	-2,5		17,5	0		20,5	1,5	
14	16,5	3,5		17	-2		17,5	1,5	1	18,5	1	
15	16,5	2		16	-1		14	4	5	18,5	2,5	
16	16	5		16	-1,5		18	0	1	18,5	3	
17	15	6		17	-2,5		17	0		18	2	
18	16	3		16	-5,5		16,5	4	3	18,5	2	
19	16,5	3		16	-4,5		17	3		18	5,5	0,1
20	17	1		16,5	-1		18	2		17,5	4	0,1
21	16	3,5		15,5	-1,5		19	0,5		18,5	4,5	
22	15,5	2		16,5	-6,5		18,5	2,5		19	6	6,5
23	14,5	3,5		16	-3		17,5	0,5		19,5	4	
24	17	3		17	-3,5		18	5		18,5	-1	
25	14	1,5		17,5	-1		17	6		18,5	3	
26	17	4		17	-2		19	3	3,4	18	4	
27	16	6,5		18	-0,25		14	2,5	2,4	17	4	
28	15,5	2		19	-1,5		17,5	4,5	1	21	4,5	
29	15,5	3		18	2		16	4	3	17,5	4	
30	17	2		19	2		16,5	5		18,5	4	1,5
31	18	2					17	5,5				
x/to	15,2	2,9	3,0	16,3	-2,5	9,5	17,1	2,3	25,8	18,8	3,6	8,2

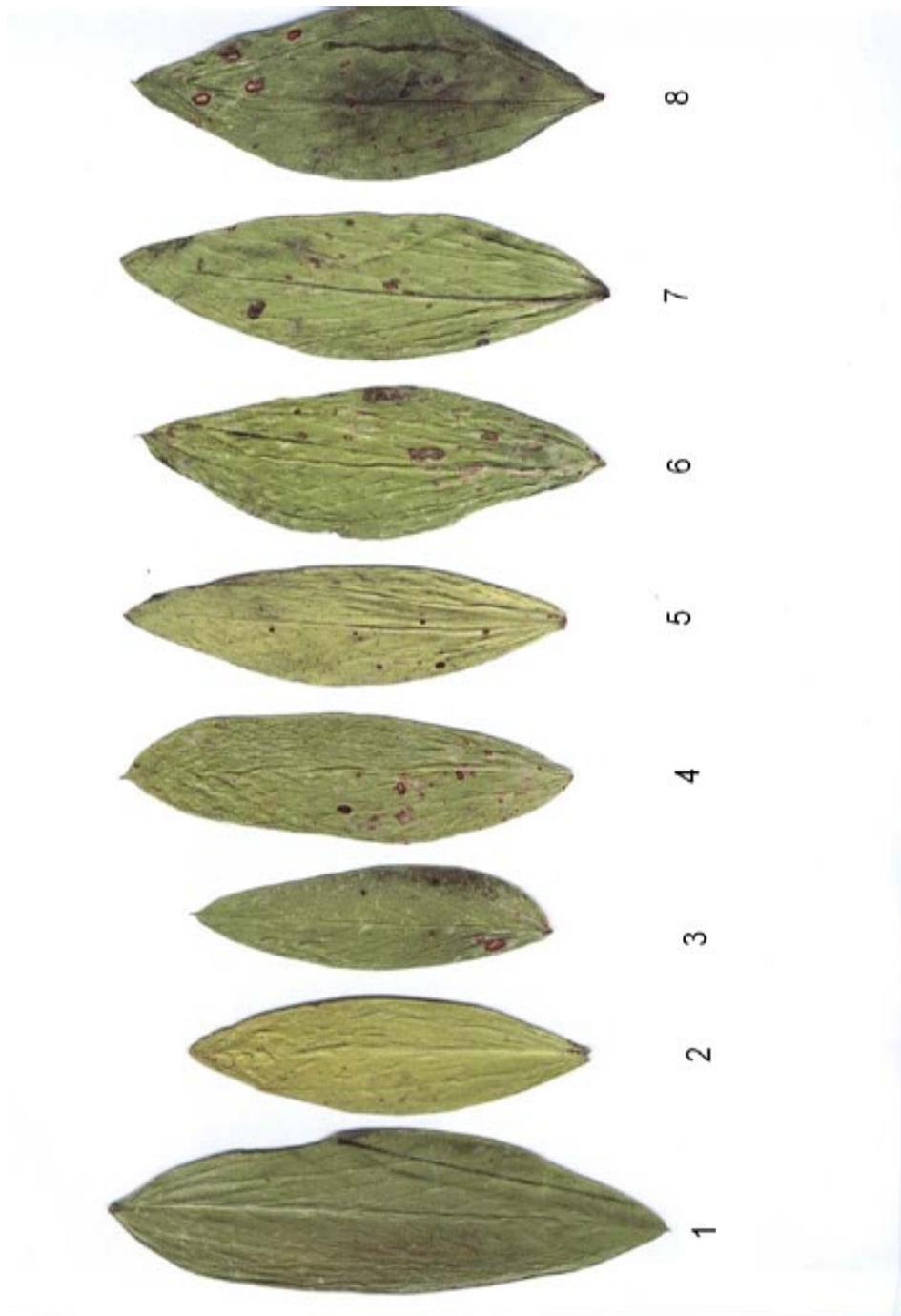
ANEXO 4. DATOS CLIMATICOS DE LOS MESES DE DICIEMBRE 2008 A MARZO 2008

	Dic-08			Ene-09			Feb-09			Mar-09		
	T max	T min	Pp	T max	T min	Pp	Tmax	T min	Pp	Tmax	Tmin	Pp
1	17	4,5	2,5	14,5	6	7,2	14	3		15	5	6
2	18	4	8,5	15,5	7	1	16,5	2		15,5	6	6,5
3	17,5	5		16	7		16	3		16	6	
4	18	-1,5		16,5	5,5		18	1	1,5	14	4,5	
5	19,5	1		16,5	3,5	1,1	16,5	4		13	6	
6	18,5	1,5		17	4		18	3		14	4,5	
7	17,5			15,5	5		18	6		16	4	
8	16	2,5	2,5	16	6,5		17	6		16,5	4	
9	16,5	5	11,5	16	5,5	3,4	15	6,5	6,5	13,5	4,5	6,5
10	15,5	5,5	13,5	15,5	6		15	6	7	12,5	5,5	
11	16,5	4,5		14,5	4,5	2,2	16,5	6,5	1,5	15,5	4,5	5,5
12	17,5	2		16,5	5	3	15,5	7		15,5	4	
13	16	4	6,1	16	7		17	8,5	2	14	2	
14	16	4,5	2,8	16,5	5		16,5	8,5	9	14	3,5	
15	15,5	6		16	8		15	6	7	14,5	1,5	24,5
16	18,5	4	3,5	15,5	7		17	11,5		16	0,5	
17	18,5	8		16	4		16,5	1,5		16,5	1	
18	19,5	7	3,3	16	6	1,5	15,5	3,5		15,5	1	
19	15	6	4,5	16,5	4	7,5	15	5		14,5	3	
20	15	4,5	1,2	13,5	5,5	5,1	15,5	4		12,5	3,5	
21	15,5	4	6,5	16	6,5	4,5	16,5	1	8,5	14	3,5	9,5
22	15,5	5		14,5	6		16,5	4	2	17	5,5	
23	16	6	3	11,5	5	17,4	17	3	1,4	15,5	5,5	4
24	19,5	6	5,5	13,5	6		16	3,5	5	15	5	0,5
25	16	7	8,7	15	7		13,5	6	2	16,5	5,5	4
26	12,5	7	2	15	2,5		14,5	4,5	3	15,5	5	4,5
27	14,5	6,5	2	16,5	6		14	6	4,5	15,5	3	
28	15,5	5	7	15,5	4		14,5	5	1,5	14,5	2	
29	13	5,5	9,2	16,5	5	9				16	4	
30	12,5	6,5	4,5	17,5	2					17	0,5	
31	12	5,5	6	18,5	2					16	0	
x/to	16,3	4,7	114,3	15,7	5,3	62,9	15,9	4,8	62,4	15,1	3,7	71,5

ANEXO 5.DATOS DE HUMEDAD RELATIVA DE LOS MESES EN ESTUDIO

HR/día	Ago-08	Sep-08	Oct-08	Nov-08	Dic-08	Ene-09	Feb-09	Mar-09
1	89,6	46	36	38,7	48,5	65,7	73,1	60,9
2	82,7	44,3	38,9	44,9	46,9	61,5	66,7	58,2
3	75,2	35,2	39,5	45,6	46,9	60,2	66,8	57
4	78,8	37,6	44,8	44	51,6	61,1	63,3	64,3
5	71,2	38,2	40,4	40,6	46,1	63,8	64	64,5
6	80,8	40,8	44,7	39,5	48	61,7	61	64,3
7	72,3	38,8	51	37,4	51,6	64,5	57,4	59,7
8	94,7	37	44,4	42,9	52,9	60,9	59,9	58,4
9	76	35,2	43,8	45,8	49	62,4	64,4	65,7
10	71,9	37,3	42,4	40,7	50,6	63	65,2	66,7
11	71,1	36,7	38	39,5	49,6	68,1	60,5	60,3
12	73,6	38,5	40,6	45,6	49,8	61,8	62,3	61
13	87,3	37,3	41,9	41,8	51,2	60,2	56,5	68,1
14	68,8	35,2	40,8	46,4	50,7	61,8	57,6	65,9
15	70,9	36,4	45,4	45,2	50	58,7	65,2	67,3
16	68,1	36,7	40,9	44,7	45,8	61,5	52,3	64
17	69,4	35,5	42,9	46,6	42,1	64,5	67,3	62
18	71,1	39	40,7	45,6	41,2	61,7	67,6	64,9
19	69,5	38,5	40,6	43,5	51,1	63,1	66,8	65,2
20	70,6	35,5	39,5	45,9	52,9	69,3	66,9	70,3
21	70,4	37,6	38,6	43,5	52,4	60,9	68	65,9
22	74,3	38,5	38,2	41,2	51,2	65,7	64	55,3
23	75,2	37,6	41,5	41,9	49	76,2	63,9	58,9
24	68	36	37,3	47,9	42,1	68,4	66,1	60,9
25	80,4	33,8	38,1	44,7	47,8	62,7	69,4	56,5
26	66,6	35,2	37	44,9	55	69,7	69,1	59,6
27	65,8	32,6	47	47	51,5	60,4	68	62,3
28	74,3	31,6	38,5	38,8	51,2	66	68,2	66,6
29	72,7	31,3	41,6	45,9	56,1	61,8		59,7
30	69,3	29,9	39,8	43,9	55,8	62,8		61,1
31	66,1		38,5		58,5	59,9		64,6
Prom	74,09	36,79	41,074	43,49	49,91	63,55	64,339	62,584

ANEXO 6. TASA DE CRECIMIENTO DE SEVERIDAD



ANEXO 7 PARÁMETROS PARA MEDIR SEVERIDAD

PARÁMETROS	CARACTERÍSTICAS
1	Sin síntomas visibles de la enfermedad (resistente)
3	Presencia de unas pocas lesiones generalmente pequeñas, con esporulación limitada, que cubren aproximadamente 5% del área foliar.
5	Presencia de varias lesiones generalmente pequeñas, con esporulación limitada, que cubren aproximadamente 5% del área foliar o del área de las vainas.
7	Lesiones abundantes generalmente grandes, con esporulación que cubre cerca el 10 % del área foliar. En el follaje las lesiones pueden juntarse y dar como resultado áreas infectadas más grandes asociadas con tejidos cloróticos. Las lesiones pueden también encontrarse en el tallo o en las ramas.
9	Un 25 % del área foliar esta cubierta por lesiones esporulantes grandes que tienden con frecuencia a juntarse. Los tejidos foliares son generalmente cloróticos los que ocasionan un defoliación severa y prematura.

Fuente: Hervas (2000) citado por Meneses (2000)

ANEXO 8 CARACTERÍSTICAS DEL GEI.

Gas	Fuente emisora	Tiempo de Vida (años)	Potencial de Calentamiento Global	Composición del GEI en Bolivia hasta el 2000 (%)
Dióxido de Carbono (CO ₂)	Uso de combustibles fósiles, deforestación, quema de suelos y biomasa, emisiones industriales	500	1	46,68
Metano (CH ₄)	Cría de ganado, descomposición de biomasa, cultivo de arrozales, escapes de gasolina, emisiones mineras, emisiones de rellenos sanitarios y tratamientos de aguas residuales	7 a 12	23	22,3
Oxido Nitroso (N ₂ O)	Uso de combustibles fósiles, deforestación, actividad agrícola y tratamiento de aguas residuales	114 a 190	296	1,47
Clorfluoro - carbonos (CFCs)	Refrigeración, uso de aire acondicionado, aerosol, espumas plásticas	45 a 1700	4600 a 14000	-
Hidrofluoro - carbonos (HFCs)	Refrigeración y uso de espumas refrigerantes	1 a 260	1300	29,53
Hexafluoro de azufre (SF ₆)	Aislamiento de líneas de media y de alta tensión y en sistemas eléctricos sellados	3200	22200	0,3
Perfluoro - carbono (CF ₄)	Refrigeración, aerosoles y extintores	50000	5700	-

Fuente: Fernández, 2006