



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

### CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

**RESPUESTA DE TRES FUNGICIDAS EN EL CONTROL DE LA ROYA  
(*Puccinia hordei* G.H. Oth y *Puccinia striiformis* Westend.) EN CEBADA  
(*Hordeum vulgare* L.) VARIEDADES MALTERAS SCARLETT Y  
METCALFE EN CHALTURA – IMBABURA.**

Tesis de Grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario

**AUTORA**

**ELVIA ANGELA LUNA CHALACÁN**

**DIRECTOR**

**ING. OSWALDO ROMERO**

**Ibarra – Ecuador**

**2014**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y**  
**AMBIENTALES**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

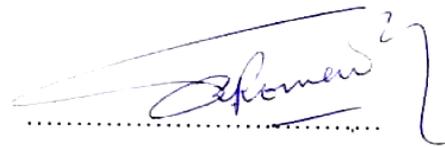
**RESPUESTA DE TRES FUNGICIDAS EN EL CONTROL DE LA ROYA**  
**(*Puccinia hordei* G.H. Otth y *Puccinia striiformis* Westend.) EN CEBADA**  
**(*Hordeum vulgare* L.) VARIEDADES MALTERAS SCARLETT Y**  
**METCALFE EN CHALTURA – IMBABURA.**

Tesis presentada por la Srta. Luna Chalacán Elvia Angela, como requisito previo para optar el Título de Ingeniero Agropecuario. Luego de haber revisado minuciosamente, damos fe de que las observaciones y sugerencias emitidas con anterioridad han sido incorporadas satisfactoriamente al presente documento.

**APROBADA:**

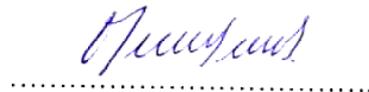
Ing. Oswaldo Romero

**DIRECTOR**



Ing. Raúl Castro

**BIOMETRISTA**



**Ibarra – Ecuador**

**2014**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y**  
**AMBIENTALES**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**RESPUESTA DE TRES FUNGICIDAS EN EL CONTROL DE LA ROYA**  
**(*Puccinia hordei* G.H. Otth y *Puccinia striiformis* Westend.) EN CEBADA**  
**(*Hordeum vulgare* L.) VARIEDADES MALTERAS SCARLETT Y**  
**METCALFE EN CHALTURA – IMBABURA.**

Tesis revisada por el Tribunal de Grado, por lo cual se autoriza su presentación como requisito parcial para obtener el Título de:

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**ABROBADA:**

Ing. Oswaldo Romero

Director



.....

Ing. Mónica León

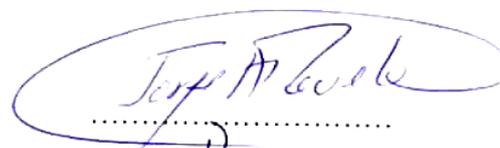
Miembro del Tribunal



.....

Ing. Jorge Revelo, M.Sc.

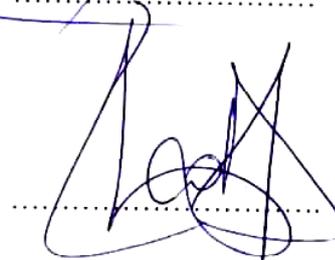
Miembro del Tribunal



.....

Ing. Carlos Cazco, M.Sc.

Miembro del Tribunal



.....

**Ibarra – Ecuador**  
**2014**



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1.- IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejamos sentada nuestra voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>	
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	040166179 - 8
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	ELVIA ANGELA LUNA CHALACÁN
<b>DIRECCIÓN</b>	IBARRA – IMBABURA
<b>EMAIL:</b>	lunitang16@hotmail.com
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	062291-933/0997053873
<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO</b>	<b>RESPUESTA DE TRES FUNGICIDAS EN EL CONTROL DE LA ROYA (<i>Puccinia hordei</i> G.H. Oth y <i>Puccinia striiformis</i> Westend.) EN CEBADA (<i>Hordeum vulgare</i> L.) VARIEDADES MALTERAS SCARLETT Y METCALFE EN CHALTURA – IMBABURA.</b>
<b>AUTORA</b>	ELVIA ANGELA LUNA CHALACÁN
<b>FECHA</b>	
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
<b>PROGRAMA:</b>	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniero agropecuario
<b>DIRECTOR:</b>	Ing. Oswaldo Romero

## **2.- AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD**

Yo, ELVIA ANGELA LUNA CHALACÁN, con cédula de identidad N°040166179-8, en calidad de autora y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## **3.- CONSTANCIAS**

La autora manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra a los 16 días del mes de Julio del 2014

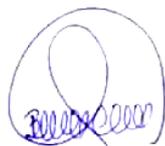
**LA AUTORA:**



Elvia Angela Luna Chalacán

CI: 040166179-8

**ACEPTACIÓN**



ING. BETHY CHÁVEZ

**JEFE DE BIBLIOTECA**

Facultado por resolución del Honorable Consejo Universitario:



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, ELVIA ANGELA LUNA CHALACÁN, con cédula de identidad N°040166179-8, manifiesto la voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6 en calidad de autora de la obra o trabajo de grado denominado **“RESPUESTA DE TRES FUNGICIDAS EN EL CONTROL DE LA ROYA (*Puccinia hordei* G.H. Otth y *Puccinia striiformis* Westend.) EN CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) VARIEDADES MALTERAS SCARLETT Y METCALFE EN CHALTURA – IMBABURA.”**

Que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Agropecuario, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

**LA AUTORA:**

Elvia Angela Luna Chalacán

CI: 040166179-8

**Ibarra – Ecuador**

**2014**

# PRESENTACIÓN

La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, corresponde exclusivamente a su autora; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica del Norte, exclusivamente a la Escuela de Ingeniería Agropecuaria.

El presente trabajo se realizó con la finalidad de que sirva de material de apoyo para la comunidad y en especial para los productores de cebada maltera del país.

*Angela Luna.*

# DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado en especial a Dios, por el éxito y la satisfacción de esta investigación, quien me regala los dones de la sabiduría para enfrentar los retos, las alegrías y los obstáculos que se me presentan constantemente. A mis padres Evelio y Tañita, quienes con sus consejos y valores durante todos estos años confiaron y me apoyaron incondicionalmente en mis ideales, para así culminar con otra etapa de mi vida.

A mis hermanos, familiares, que siempre estuvieron en mis aciertos y momentos difíciles y a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis.

*Angela Luna*

# AGRADECIMIENTO

Agradezco de manera especial a la Universidad Técnica del Norte y en especial a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales por haberme permitido desarrollar mis estudios en esta carrera, además a sus autoridades, personal docente y administrativo que la conforman.

Al Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), por el financiamiento y ayuda a lo largo de la investigación, especialmente al Programa Nacional de Cereales a los señores Ing. Luis Ponce e Ing. Javier Garófalo.

Al Ing. Oswaldo Romero, director del presente trabajo, por hacer posible esta tesis, quien aportó sus ideas para el desarrollo del mismo. De manera muy especial a los miembros del tribunal lector al Ing. Jorge Revelo por su guía y sus acertados conocimientos y aportes, de igual forma al Ing. Carlos Cazco y a la Ing. Mónica León. También quiero extender mi agradecimiento al Ing. Raúl Barragán por el apoyo incondicional brindado durante el desarrollo de mis estudios; y a todas las personas que de una u otra forma, colaboraron y participaron en la realización de esta investigación.

*Angela Luna*

## ÍNDICE GENERAL

<b>PRESENTACIÓN</b> .....	<b>vi</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>viii</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>x</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xv</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>xvi</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	<b>xviii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xix</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>xx</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>4</b>
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>4</b>
2.1 El cultivo de cebada maltera .....	4
2.1.1 Origen.....	4
2.1.2 Clasificación botánica .....	4
2.1.3 Descripción taxonómica.....	5
2.1.4 Fenología del cultivo de cebada.....	5
2.2 Descripción de las variedades malteras en estudio .....	8
2.3 Requerimientos edafoclimáticos .....	9
2.3.1 Altitud .....	9
2.3.2 Temperatura .....	9
2.3.3 Precipitación.....	10
2.3.4 pH.....	10
2.3.5 Suelo.....	10

2.4 Manejo del cultivo de cebada maltera.....	10
2.4.1 Preparación del suelo .....	10
2.4.2 Siembra .....	11
2.4.3 Fertilización.....	11
2.4.4 Riego .....	11
2.4.5 Control de malezas .....	12
2.4.6 Cosecha y trilla.....	12
2.5 Royas en el cultivo de cebada maltera .....	12
2.5.1 Roya de la hoja ( <i>Puccinia hordei</i> G.H. Otth).....	13
2.5.2 Roya lineal o roya amarilla ( <i>Puccinia striiformis</i> Westend).....	14
2.6 Escala de evaluación de severidad de royas.....	16
2.7 Relación entre la severidad de la roya amarilla y pérdidas del rendimiento.....	16
2.8 Relación entre la severidad de la roya de la hoja y las pérdidas del rendimiento. ....	17
2.9 Epidemiología general de las royas.....	17
2.9.1 Diseminación de las royas.....	19
2.9.2 Mecanismo de transporte por el viento .....	19
2.10 Virus del enanismo amarillo (BYDV) .....	20
2.10.1 Escala de evaluación del virus del enanismo amarillo (BYDV).....	22
2.11 Inoculación de las royas .....	22
2.12 Estrategias de control .....	23
2.12.1 Control genético (Resistencia) .....	23
2.12.2 Control químico .....	23
2.13 Descripción de los fungicidas en estudio.....	27
2.13.1 Benomil 50WP® .....	27
2.13.2 Amistar®.....	27

2.13.3 Pamona® .....	28
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>29</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>29</b>
3.1 Caracterización del área de estudio.....	29
3.2 Materiales, Insumos y Equipos .....	29
3.2.1 Materiales.....	29
3.2.2 Insumos agrícolas.....	30
3.2.3 Equipos.....	30
3.3 Metodología .....	31
3.3.1 Factores en estudio.....	31
3.3.2 Tratamientos.....	31
3.3.3 Diseño Experimental.....	32
3.4 Características del experimento .....	32
3.4.1 Características del área experimental.....	33
3.4.2 Disposición de los tratamientos en el sitio experimental.....	33
3.5 Análisis Estadístico .....	33
3.5.1 Esquema del análisis de varianza (ADEVA) .....	33
3.5.2 Análisis funcional.....	34
3.6 Variables evaluadas.....	34
3.6.1 Severidad de la roya de la hoja y de la roya amarilla.....	34
3.6.2 Rendimiento .....	34
3.6.3 Costo para análisis económico .....	34
3.6.4 Virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV).....	34
3.7 Manejo específico del experimento .....	35
3.7.1 Toma de muestras del suelo .....	35
3.7.2 Preparación del suelo .....	35

3.7.3 Fertilización química.....	36
3.7.4 Siembra .....	36
3.7.5 Inoculación.....	36
3.7.6 Control de malezas.....	36
3.7.7 Control fitosanitario .....	37
3.7.8 Riego .....	37
3.7.9 Cosecha y trilla.....	37
3.7.10 Datos climáticos durante la ejecución del ensayo.....	37
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>38</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>38</b>
4.1 Resultados .....	38
4.1.1 Severidad de los dos tipos de roya en la variedad Scarlett .....	38
4.1.2 Severidad de los dos tipos de roya en la variedad Metcalfe .....	39
4.1.3 Severidad del virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV) en la variedad Scarlett.....	41
4.1.4 Severidad del virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV) en la variedad Metcalfe.....	42
4.1.5 Rendimiento en la variedad Scarlett .....	43
4.1.6 Rendimiento en la variedad Metcalfe .....	45
4.1.7 Análisis Económico según el CIMMYT (1988), para la variedad Scarlett. ....	46
4.1.8 Análisis Económico según el CIMMYT (1988), para la variedad Metcalfe. ....	48
4.2 Discusión.....	50
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>53</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>53</b>
5.1 Conclusiones .....	53
5.2 Recomendaciones.....	54

<b>CAPÍTULO VI</b> .....	<b>55</b>
<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EsIA)</b> .....	<b>55</b>
6.1 Introducción .....	55
6.2 Objetivos .....	55
6.2.1 General .....	55
6.2.2 Específicos .....	55
6.3 Marco Legal .....	56
6.4 Descripción del proyecto .....	57
6.4.1 Áreas de influencia.....	57
6.4.2 Caracterización del ambiente .....	57
6.5 Evaluación del impacto .....	58
6.5.1 Calificación .....	58
6.5.2 Identificación de impactos .....	59
6.5.3 Evaluación de impactos.....	60
6.6 Interpretación de la matriz de evaluación de impactos .....	61
6.7 Medidas de mitigación .....	61
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>62</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>66</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Escala decimal de Zadoks.....	7
Figura 2. Componentes del rendimiento y fases fenológicas según Zadoks.....	13
Figura 3. Síntomas de roya de la hoja ( <i>Puccinia hordei</i> G.H. Otth).....	13
Figura 4. Síntomas de roya amarilla ( <i>Puccinia striiformis</i> Westend.).....	15
Figura 5. Escala de Cobb .....	16
Figura 6. Daños en las hojas por BYDV .....	21
Figura 7. Escala de Saari-Prescott para cuantificar la severidad del virus BYDV .....	22
Figura 8. Curva de beneficios netos para la variedad Scarlett .....	47
Figura 9. Curva de beneficios netos para la variedad Metcalfe .....	49

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fases de desarrollo de la cebada siguiendo la escala decimal de Zadoks (Z0.0 a Z9.9) .....	6
Tabla 2. Características agronómicas de las variedades de cebada maltera Scarlett y Metcalfe.....	9
Tabla 3. Relación entre la severidad de roya amarilla, el estado fenológico de la cebada y el porcentaje de pérdida de rendimiento .....	16
Tabla 4. Relación entre la severidad de roya de la hoja, el estadio de desarrollo de la cebada y el porcentaje de pérdida de rendimiento .....	17
Tabla 5. Resultados del ensayo sobre control químico de las royas de la hoja y amarilla en la variedad de cebada maltera Metcalfe .....	25
Tabla 6. Resultados del ensayo sobre control químico de las royas de la hoja y amarilla en la variedad de cebada maltera Scarlett .....	26
Tabla 7. Tratamientos evaluados en las variedades de cebada maltera Scarlett y Metcalfe.....	32
Tabla 8. Esquema del análisis de varianza (ADEVA) .....	33
Tabla 9. Escala de Saari-Prescott para evaluar la severidad de virus del enanismo amarillo BYDV .....	35
Tabla 10. Análisis de varianza para la variable severidad de roya de la hoja, en la variedad Scarlett. La Pradera–Chaltura, 2012.....	38
Tabla 11. Prueba de Tukey al 5% para la variable severidad de roya de la hoja, en la variedad Scarlett.....	39
Tabla 12. Análisis de varianza para la variable severidad de roya de la hoja, en la variedad Metcalfe. La Pradera–Chaltura, 2012.....	40
Tabla 13. Prueba de Tukey al 5% para la variable severidad de roya de la hoja, en la variedad Metcalfe.....	41
Tabla 14. Análisis de varianza para la variable severidad del virus del enanismo amarillo, en la variedad Scarlett. La Pradera–Chaltura, 2012.....	42

Tabla 15. Análisis de varianza para la variable severidad del virus del enanismo amarillo, en la variedad Metcalfe. La Pradera–Chaltura, 2012.....	43
Tabla 16. Análisis de varianza para la variable rendimiento en la variedad Scarlett. La Pradera–Chaltura, 2012.....	44
Tabla 17. Rendimiento promedio registrado en la variedad Scarlett.....	44
Tabla 18. Análisis de varianza para la variable rendimiento en la variedad Metcalfe. La Pradera–Chaltura, 2012.....	45
Tabla 19. Rendimientos promedios registrados en la variedad Metcalfe.....	46
Tabla 20. Presupuesto parcial para la variedad Scarlett. La Pradera–Chaltura, 2012.....	46
Tabla 21. Análisis de dominancia para la variedad Scarlett. La Pradera–Chaltura, 2012.....	47
Tabla 22. Análisis marginal para la variedad Scarlett. La Pradera–Chaltura, 2012.....	47
Tabla 23. Presupuesto parcial para la variedad Metcalfe. La Pradera–Chaltura, 2012.....	48
Tabla 24. Análisis de dominancia para la variedad Metcalfe. La Pradera–Chaltura, 2012.....	49
Tabla 25. Análisis marginal para la variedad Metcalfe. La Pradera–Chaltura, 2012.....	49
Tabla 26. Datos promedio de severidad de <i>Puccinia hordei</i> , <i>Puccinia striiformis</i> , virus BYDV, rendimiento (ton/ha) y análisis económico para la variedad Scarlett. La Pradera–Chaltura, 2012.....	52
Tabla 27. Datos promedios de severidad de <i>Puccinia hordei</i> , <i>Puccinia striiformis</i> , virus BYDV, rendimiento (ton/ha) y análisis económico para la variedad Metcalfe. La Pradera–Chaltura, 2012.....	52
Tabla 28. Matriz de identificación de impactos.....	59
Tabla 29. Matriz de evaluación de impactos ambientales por el método de Leopold.....	60

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Mapa de ubicación geográfica del área de estudio.....	67
Anexo 2. Distribución de los tratamientos en el sitio experimental. La Pradera-Chaltura, 2012.....	68
Anexo 3. Datos del análisis de suelo. La Pradera-Chaltura, 2012.....	69
Anexo 4. Costo de producción de una hectárea de cebada.....	70
Anexo 5. Datos climáticos registrados durante la ejecución del experimento. La Pradera-Chaltura, 2012.....	71
Anexo 6. Datos de precipitación, cantidad de agua aplicada por riego y total mensual y por ciclo. La Pradera-Chaltura, 2012.....	71
Anexo 7. Fechas, frecuencia y tiempo de duración del riego. La Pradera-Chaltura, 2012.....	72
Anexo 8. Datos de severidad de <i>Puccinia hordei</i> registrados en la variedad Scarlett.....	72
Anexo 9. Datos de severidad de <i>Puccinia hordei</i> registrados en la variedad Metcalfe.....	73
Anexo 10. Datos de severidad del virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV), registrados en la variedad Scarlett.....	73
Anexo 11. Datos de severidad del virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV), registrados en la variedad Metcalfe.....	73
Anexo 12. Datos de rendimiento total en ton/ha de la variedad Scarlett.....	74
Anexo 13. Datos de rendimiento total en ton/ha de la variedad Metcalfe.....	74
Anexo 14. Fotografías del desarrollo de la investigación.....	74

## RESUMEN

RESPUESTA DE TRES FUNGICIDAS EN EL CONTROL DE LA ROYA (*Puccinia hordei* G.H. Otth y *Puccinia striiformis* Westend.) EN CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) VARIEDADES MALTERAS SCARLETT Y METCALFE EN CHALTURA – IMBABURA.

**Autor:** ELVIA ANGELA LUNA CHALACÁN

**Director:** ING. OSWALDO ROMERO

**Año:** 2013

La investigación se realizó en la granja La Pradera, Chaltura-Imbabura, con el propósito de evaluar la respuesta a la aplicación de tres fungicidas: Pamona<sup>®</sup>, Amistar<sup>®</sup> y Benomil 50 WP<sup>®</sup> de manera preventiva y curativa en dos variedades de cebada maltera, *Scarlett* y *Metcalfe* en el control de la roya de la hoja (*Puccinia hordei* G.H. Otth) y de roya amarilla (*Puccinia striiformis* Westend.). Se utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con siete tratamientos y tres repeticiones. La investigación se realizó con los siguientes objetivos: evaluar eficiencia de control de los fungicidas y época de aplicación en las dos variedades de cebada maltera; y, realizar el análisis económico de presupuesto parcial. Se formuló la siguiente hipótesis: al menos uno de los fungicidas presenta eficiencia y rentabilidad en el control *P. hordei* y de *P. striiformis* en las variedades de cebada maltera *Scarlett* y *Metcalfe*. Se evaluaron las siguientes variables: severidad de roya de la hoja, de la roya amarilla, presencia de virus BYDV del enanismo amarillo de la cebada, rendimiento y análisis económico. Se observó diferencia estadística al 1% en la severidad de roya de la hoja en la variedad *Scarlett* y al 5% en *Metcalfe*. En cuanto a la roya amarilla, *Scarlett* no fue afectada y se detectó una leve presencia (5%) en *Metcalfe*. En la primera se detectó la presencia de virus BYDV, de 4 en la Escala de Saari-Prescott, equivalente al 40% del área afectada; igual observación correspondió a la segunda, excepto que el tratamiento curativo con Pamona<sup>®</sup> (Propiconazole con el 10% de infección inducida) le correspondió el 30%. Las dos variedades alcanzaron un rendimiento similar, por debajo de promedio esperado de cuatro toneladas por hectárea; sin embargo, *Scarlett* (1,65) fue ligeramente superior a *Metcalfe* (1,42). En la variedad *Scarlett* el fungicida Pamona<sup>®</sup> presentó la tasa de retorno marginal más alta con 39,98%; y, en *Metcalfe* el fungicida Amistar<sup>®</sup> obtuvo 102,33% de la tasa de retorno marginal. En ambas variedades, se podrían utilizar, opcionalmente, los tres fungicidas en calidad de preventivos para la roya amarilla. Se recomienda repetir el experimento en una zona apta para el cultivo de la cebada maltera, donde exista alta incidencia de las royas y baja incidencia del virus del enanismo amarillo.

## SUMMARY

RESPONSE OF THREE FUNGICIDES IN CONTROLLING RUST (*Puccinia hordei* GH Otth and *Puccinia striiformis* Westend.) IN BARLEY (*Hordeum vulgare* L.) VARIETIES MALTING SCARLETT AND METCALFE IN CHALTURA-IMBABURA.

**Author:** ELVIA ANGELA LUNA CHALACÁN

**Director:** ING. OSWALDO ROMERO

**Year:** 2013

The research was conducted at the farm *La Pradera*, Chaltura-Imbabura, in order to evaluate the response to the application of three fungicides: Pamona<sup>®</sup>, Amistar<sup>®</sup> and Benomyl 50 WP<sup>®</sup> preventive and curative way two varieties of malting barley *Scarlett* and *Metcalfe* in the control of leaf rust (*Puccinia hordei* GH Otth) and yellow rust (*Puccinia striiformis* Westend.). A Complete Randomized Block Design (RCBD), with seven treatments and three replications was used. The research was conducted with the following objectives: to evaluate control efficiency of fungicides and application timing in the two varieties of malting barley; and realize the economic partial budget analysis. The following hypothesis was formulated: at least one of the fungicides presents efficiency and profitability in the *P. hordei* and *P. striiformis* control in malting barley varieties *Scarlett* and *Metcalfe*. The following variables: severity of leaf and yellow rust, presence of barley yellow dwarf virus BYDV, grain yield, and economic analysis, were evaluated. Statistical differences in the incidence of leaf rust at 1% in *Scarlett* variety and 5% in *Metcalfe*, were detected; As to yellow rust, was unaffected *Scarlett* and slight presence (5%) was detected in *Metcalfe*. In the former the presence of BYDV virus, in the order of 40% was observed, according to Saari-Prescott scale; the same observation well corresponded to the second, except that the curative with Pamona<sup>®</sup> (propiconazole and 10% of infection-induced) accounted for 30%. The two varieties reached a similar yield under expected average 4 tons per hectare; however, *Scarlett* (1.65) was slightly higher than *Metcalfe* (1.42). In the *Scarlett* variety, Pamona<sup>®</sup> fungicide presented the highest marginal rate of return to 39.98%; and in the Amistar<sup>®</sup> fungicide, *Metcalfe* scored 102.33% of the marginal rate of return. In both varieties, you can use any of the three fungicides studied as a preventive for yellow rust. It is recommended to repeat the experiment a crop suitable for malting barley, where high incidence of low incidence of rust and yellow dwarf virus there area.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

En la década de los 60 del siglo pasado la superficie dedicada al cultivo de cebada superaba las 100 000 ha. Según datos estimados por las encuestas agrícolas del MAGAP, la superficie del cultivo fue reduciéndose progresivamente hasta 1977 (60 000 ha); a partir de entonces se observó una drástica reducción que llegó hasta 26 000 hectáreas sembradas en 1980, a causa de los efectos negativos de la roya amarilla que afectó a la región andina (Rivadeneira, 2005).

El mismo autor expresa que la superficie cebadera del país empezó a reducirse progresivamente desde el siglo pasado, por los estragos de la enfermedad de la roya amarilla y a la alta susceptibilidad de las variedades, que prácticamente eliminó casi todas las variedades como las variedades cerveceras Clipper y Filsberk Unión que ocupaban el 70% del área cultivada en los campos interandinos, haciendo que la cebada cervecera desapareciera para la década de los 80's.

En la actualidad la industria cervecera en Ecuador importa todos sus requerimientos de cebada, ya que las variedades cultivadas, no cumplen con los requisitos requeridos por la industria para su procesamiento (Villacres, 1996). Por esta razón, la industria cervecera realiza importaciones de 30 000 toneladas anuales de cebada para procesamiento industrial (Banco Central del Ecuador, 2010).

Las royas amarilla (*Puccinia striiformis* Westend.) y de la hoja (*Puccinia hordei* G.H. Otth), constituyen el principal limitante de la producción de cebada en Ecuador. Estas enfermedades causan hasta 50% de pérdidas de rendimiento (Ochoa, *et al*, 2007) y hacen que las nuevas variedades pierdan su resistencia pocos años después de su liberación, por su extremada virulencia.

En la provincia de Imbabura mediante el convenio entre Cervecería Nacional, el Ministerio de Agricultura Ganadería Acuacultura y Pesca, MAGAP y el Servicio Holandés de Cooperación para el Desarrollo, se ejecutó un proyecto para fomentar el cultivo de cebada maltera, con la finalidad de reducir las importaciones (Gobierno Provincial de Imbabura, 2009).

En el año 2009, el Programa de Cereales del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias – INIAP, en las localidades Granja Experimental Chuquipata, Estación Experimental Santa Catalina y Cobuendo, evaluó la adaptación y rendimiento de seis variedades de cebada cervecera introducidas, presentando las variedades Scarlett y Metcalfe las siguientes características: rendimiento de 4 ton/ha, buena adaptación, niveles de resistencia parcial a roya amarilla, roya de la hoja y a escaldadura (*Rynchosporium secalis*) (Falconí, 2010) y características aceptables para procesamiento industrial (Cruz, 2009).

A pesar de los niveles de resistencia parcial de las variedades (INIAP, 2000), es necesario complementar con control químico reducido, para conservar la resistencia por mayor tiempo, incrementar la producción y reducir el riesgo para el productor.

Los antecedentes mencionados motivaron la presente investigación con los siguientes objetivos:

General:

- Determinar el fungicida y época de aplicación más eficiente en el control de la roya de la hoja y roya amarilla en las variedades de cebada maltera Scarlett y Metcalfe.

Específicos:

- Evaluar la eficiencia de control de los fungicidas Propiconazole, Azoxistrobina y Benomil en la roya de la hoja y roya amarilla en las variedades de cebada maltera Scarlett y Metcalfe.
- Realizar el análisis económico de los tratamientos.

Las hipótesis planteadas fueron:

H<sub>0</sub>: Todos los fungicidas en estudio presentan similar control de la roya de la hoja y roya amarilla en las variedades de cebada maltera Scarlett y Metcalfe.

H<sub>a</sub>: Al menos uno de los fungicidas presenta eficiencia y rentabilidad en el control de roya de la hoja y roya amarilla en las variedades de cebada maltera Scarlett y Metcalfe.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 El cultivo de cebada maltera

##### 2.1.1 Origen

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) fue una de las primeras plantas domesticadas al comienzo de la agricultura, descendiende de la cebada silvestre (*Hordeum vulgare* spp *spontaneum*) ambas formas son diploides ( $2n=14$ ), (Lacadena, 1996). La zona donde se encuentra mayor variabilidad genética es en Israel, Jordania, por lo que se supone que es el lugar donde comenzó el cultivo y se difundió hacia el Mediterráneo. También existe gran diversidad genética en Etiopia, en el Tibet, Marruecos y en Asia central, sitios que han sido propuestos, también, como centro de origen (Cuesta, 2007).

La cebada fue introducida en América por Cristóbal Colón durante su segundo viaje y fue sembrada en 1493 por los españoles que se establecieron en América (Marathee, 1996).

##### 2.1.2 Clasificación botánica

Para (Chase y Febres, 1971), la clasificación botánica de la cebada es la siguiente:

- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta
- Clase: Liliopsida
- Orden: Poales
- Familia: Poaceae
- Género: *Hordeum*
- Especie: *vulgare*
- Nombre Científico: *Hordeum vulgare* L.
- Nombre Común: Cebada maltera
- Variedades: Metcalfe y Scarlett

### 2.1.3 Descripción taxonómica

Por su parte Guerrero (2010), establece las siguientes características botánicas:

**Raíz.-** Es fasciculada, las raíces primarias se forman por el crecimiento de la radícula y desaparecen en la planta adulta, época en la cual se desarrollan las raíces secundarias desde la base del tallo con diversas ramificaciones.

**Tallo.-** Se caracteriza por ser una estructura cilíndrica con nudos macizos y entrenudos huecos; los entrenudos basales son más cortos. Los nudos son gruesos por el desarrollo del tejido basal de las hojas que se insertan en él, en cada nudo hay una yema que puede dar origen a una vaina.

**Hojas.-** Posee hojas simples, paralelinervias, de forma lineal, ápice acuminado, estrechas y color verde claro. En el punto en que el limbo se separa del tallo, al terminar la zona envainadora de la hoja, se desarrollan dos estípulas que se entrecruzan por delante del tallo y una corta lígula dentada aplicada contra éste.

**Inflorescencia.-** Las inflorescencias corresponden a espigas, las cuales se caracterizan por ser compactas y generalmente barbada; tienen tres estambres y un pistilo de dos estigmas, es planta autógama. Las flores se abren después de haberse realizado la fecundación, lo que tiene importancia para la conservación de los caracteres de una variedad determinada.

**Grano.-** El fruto es en cariósipide, con las glumillas adheridas, salvo en el caso ya dicho de la cebada desnuda.

### 2.1.4 Fenología del cultivo de cebada

#### 2.1.4.1 Escala decimal de Zadoks (Z)

Según García (2008), la escala de Zadoks (Z), que se indica en la Tabla 1 es una de las más usadas para describir los estados de desarrollo del cultivo de trigo y cebada, y es útil para la toma de decisiones de manejo, ya sea de fertilización u otras.

Así mismo Satorre, *et al*, (2003), señalan que la escala de Zadoks describe estados morfológicos externos del cultivo, que involucran algunos procesos de desarrollo y otros de crecimiento. Los autores recomiendan que estos estados deberían ser tomados en cuenta cuando se analizan los estados y procesos de desarrollo y los factores que los regulan y modifican.

La escala Zadoks tiene 10 fases numeradas de 0 a 9 que describen el cultivo. Las fases principales se identifican con números enteros, las cuales se ajustan a la descripción general del cultivo. Sin embargo, debido a la necesidad de observar con más detalle a cada fase, también existe un valor decimal de sub-fase que describe el grado de evolución de la fase principal como se muestra en la Tabla 1 (FAO, 2001).

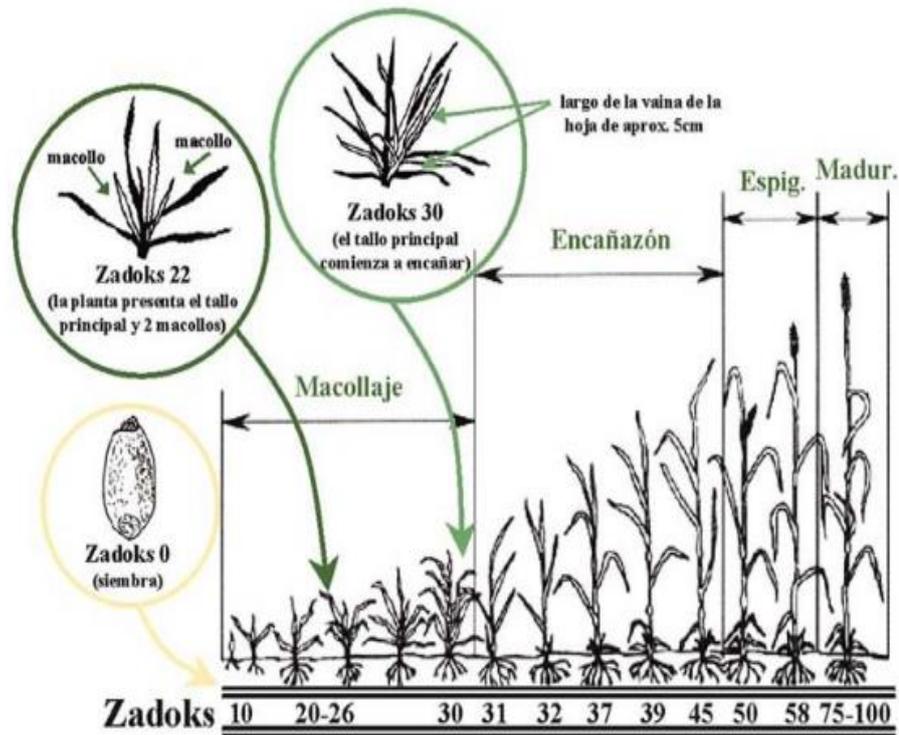
**Tabla 1.** Fases de desarrollo de la cebada siguiendo la escala decimal de Zadoks (Z0.0 a Z9.9).

<b>ETAPA PRINCIPAL</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>SUB-FASE</b>
0	Germinación	Z 0.0 - Z 0.9
1	Producción de hojas TP	Z 1.0 - Z 1.9
2	Producción de macollos	Z 2.0 - Z 2.9
3	Producción de nudos TP (encañado)	Z 3.0 - Z 3.9
4	Vaina engrosada	Z 4.0 - Z 4.9
5	Espigado	Z 5.0 - Z 5.9
6	Antesis	Z 6.0 - Z 6.9
7	Estado lechoso del grano	Z 7.0 - Z 7.9
8	Estado pastoso del grano	Z 8.0 - Z 8.9
9	Madurez	Z 9.0 - Z 9.9

Fuente: Zadoks y Chang (1974).

Para utilizar la escala de Zadoks, en primer lugar es necesario decidir cuáles son las principales fases que se ajustan mejor a la descripción del cultivo; según el autor, esta descripción es, a menudo, todo lo que se precisa; sin embargo, también señala que se necesita observar el cultivo en detalle y dar un valor decimal de sub-

fase que describe el grado de evolución de la fase principal. Por ejemplo, los estados Z1.1 a Z1.9 ocurren cuando las hojas del tallo principal (TP) de 1 a 9 son visibles. Del mismo modo, Z2.1 a Z2.9 describen la aparición de 1 a 9 macollos en la planta y Z3.1 a Z3.6 la presencia de 1 a 6 nudos en el tallo principal.



**Figura 1.** Escala decimal de Zadoks

#### 2.1.4.2 Fases en las que se determinan los componentes del rendimiento

En la Figura 2 se relaciona las fases externas de la escala Zadoks (en rojo) y los dos estados internos observables en el ápice, doble arruga y espiguilla terminal (ver el texto vertical). Muestra el momento en que se inician, crecen y mueren los componentes del tallo (recuadros verdes) y cuándo se forman los componentes del rendimiento (barras). Esta figura ayudará a identificar qué componentes están siendo afectados por las prácticas del agricultor en un determinado momento.

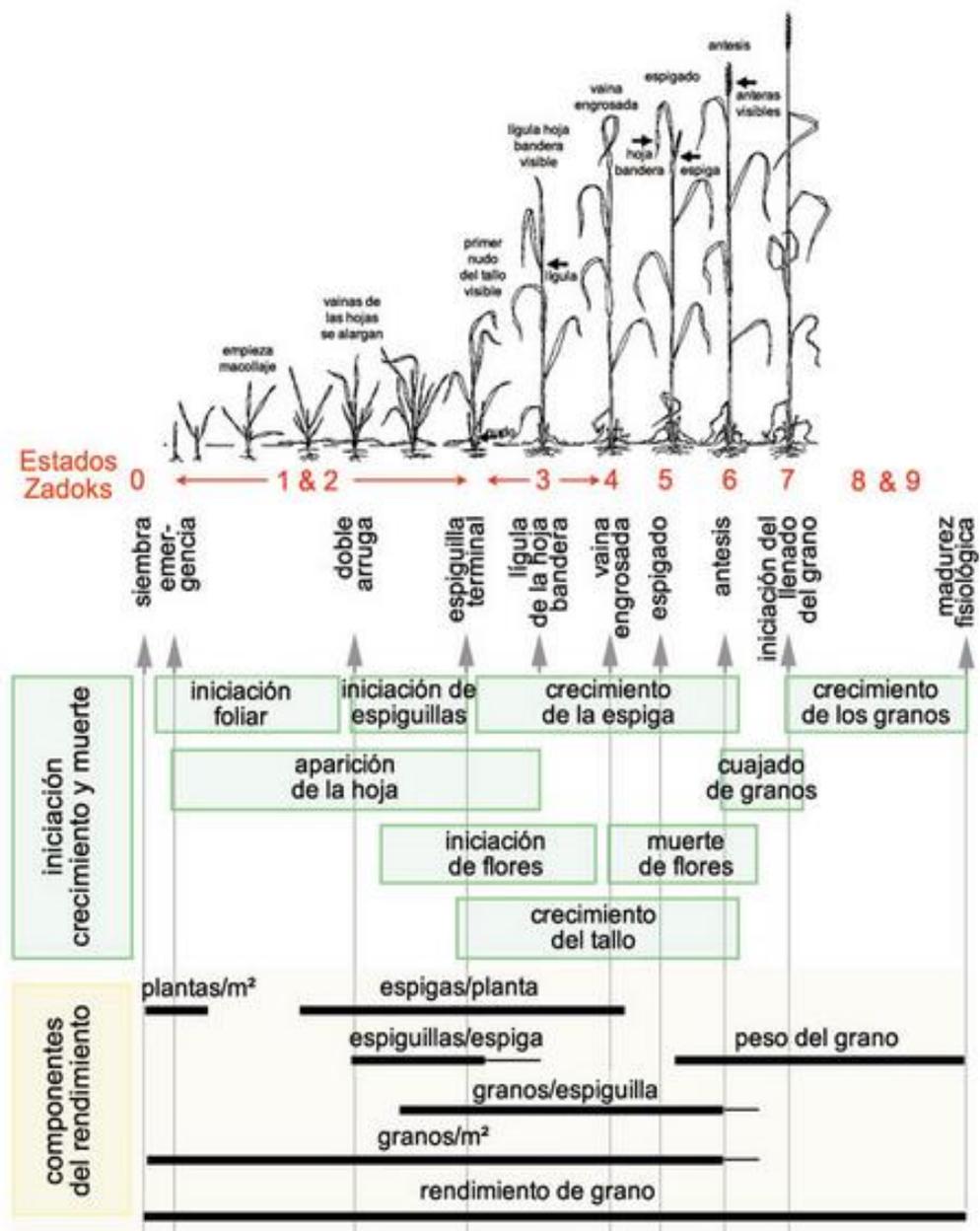


Figura 2. Componentes del rendimiento y fases fenológicas según Zadoks (FAO, 2001)

## 2.2 Descripción de las variedades malteras en estudio

Según INIAP (2010), las variedades de cebada maltera Scarlett y Metcalfe presentan las características consignadas en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Características agronómicas de las variedades de cebada malteras Scarlett y Metcalfe.

Características	Descripción	
	Scarlett	Metcalfe
Altitud (msnm)	2400	2300
Número de hileras	2	2
Días a la floración (dds)	110	100
Altura de planta (cm)	75	80
Número de macollos	6	6
Vigor	Bueno	Bueno
Peso hectolítrico (kg/Hl)	68	64
Rendimiento promedio (ton/ha)	4	4
Reacción a enfermedades		
-Roya amarilla	Resistencia Parcial	Resistencia Parcial
-Roya de la hoja	Resistencia Parcial	Resistencia Parcial
-Escaldadura	Resistencia Parcial	Resistencia Parcial

Fuente: INIAP (2010), estudio realizado en: Granja Experimental Chuquipata, Estación Experimental Santa Catalina y Cobuendo.

### 2.3 Requerimientos edafoclimáticos

La cebada es una planta cuyo rango de adaptación a climas y suelos es bastante amplio (INIAP, 2010).

#### 2.3.1 Altitud

La ideal es la comprendida entre los 2500 y 3500 m.s.n.m (Rivadeneira, 2005).

#### 2.3.2 Temperatura

Mínima de 6°C para la germinación, florece a 16°C y llega a la madurez a los 20 °C (INIAP, 2010). Tiene una mejor adaptación a climas frescos y moderadamente secos.

Investigaciones realizadas por Lafarga (2003), afirman que las altas temperaturas durante el llenado del grano afectan de manera desigual a las variedades malteras.

### **2.3.3 Precipitación**

Este cultivo exige más agua al inicio de su desarrollo que al final, por lo tanto, es necesario, que las condiciones de humedad en el suelo guarden adecuada relación con las etapas de desarrollo vegetativo (Guerrero, 1999). En general la cebada tolera mejor la escasez que el exceso de agua, siendo adecuado un rango de 400 a 600 mm de precipitación durante el ciclo de cultivo (INIAP, 2010).

### **2.3.4 pH**

Rivadeneira (2005) señala que este cereal no exige mucho en cuanto a calidad del suelo, la tolerancia de la cebada a diferentes pH del suelo es mucho mayor que en la mayoría de cultivos (5,5-8,5).

### **2.3.5 Suelo**

Se adapta a suelos poco profundos y con salinidad alta y de textura francos, no se recomienda terrenos compactos ya que dificultan la germinación y el desarrollo vegetativo inicial. Los suelos con alto contenido de nitrógeno no son favorables para el cultivo de cebada maltera, porque inducen el encamado e incrementan el porcentaje de proteína en el grano hasta niveles inapropiados, afectando la calidad para el procesamiento industrial (Castañeda, *et al*, 2004).

## **2.4 Manejo del cultivo de cebada maltera**

### **2.4.1 Preparación del suelo**

El cultivo de cebada demanda de un suelo bien labrado y mullido, para proveer las condiciones físicas óptimas para la germinación, emergencia y establecimiento de las plantas (Guerrero, 1999).

## **2.4.2 Siembra**

Para alcanzar un buen rendimiento y calidad de grano se debe considerar como principal componente la cantidad de semilla. Si la siembra es manual la cantidad de semilla recomendada es de 135 kg/ha, para la siembra mecanizada se recomienda 150 kg/ha con una profundidad de 3cm que permite una rápida emergencia (INIAP, 2010). Además para obtener una cosecha exitosa es necesario emplear una semilla de buena calidad, de preferencia de categorías “Registrada” o “Certificada” con un porcentaje mínimo de germinación del 85%. Es recomendable seleccionar y desinfectar la semilla para evitar enfermedades que se transmiten por este medio (INIAP, 2010).

## **2.4.3 Fertilización**

La cebada cervecera es un cultivo de corto período vegetativo y reproductivo, por lo que requiere de un abastecimiento estable con elementos disponibles para la planta. El ritmo de absorción de materias minerales en la cebada es muy elevado al comienzo de la fase vegetativa, disminuyendo después hasta llegar a anularse. La fertilización debe basarse en el análisis de suelo (INPOFOS, 1997). Los análisis de suelos oportunos nos dirán, de la necesidad de hacer una enmienda calcárea, la cual debe ser aplicada con un mínimo de dos meses (60 días) de anticipación a la siembra, para que haya reacción efectiva en el suelo, que beneficien el establecimiento de la cebada maltera.

La extracción media de la cebada en elementos nutritivos, por hectárea y por tonelada producida, es de 26 kg de N; 20,5 kg de  $P_2O_5$  y 25 kg de  $K_2O$ .

## **2.4.4 Riego**

La cebada tiene un coeficiente de transpiración superior al trigo, aunque, por ser el ciclo más corto, la cantidad de agua absorbida es algo inferior. La cebada tiene como ventaja que exige más agua al principio de su desarrollo que al final. En el riego de la cebada hay que tener en cuenta que éste favorece el encamado, a lo que la cebada es tan propensa. El riego debe hacerse en la época del encañado, pues

una vez espigada se producen daños, a la par que favorece la propagación de la roya (Guerrero, 1999).

#### **2.4.5 Control de malezas**

El control de malezas es muy importante para evitar la competencia por nutrientes con el cultivo y poder asegurar un buen rendimiento y un grano de calidad. La eficiente preparación del suelo, el empleo de semilla certificada, densidad de siembra y fertilización apropiada, con una época oportuna de siembra, logran un cultivo vigoroso que es capaz de luchar contra las malezas; sin embargo, debido a la agresividad de las malas hierbas es necesario realizar el control de malezas (INIAP, 2003).

#### **2.4.6 Cosecha y trilla**

En varias investigaciones (INIAP, 2010 y Bustamante, *et al*, 1997) encontraron que la cosecha debe realizarse en época seca y la humedad del grano debe ser inferior al 15%; si el grano tiene mayor humedad, se debe secar antes de almacenar. La trilla generalmente se realiza mecánicamente. El grano se lo debe limpiar, secar y clasificar.

### **2.5 Royas en el cultivo de cebada maltera**

El problema limitante de la producción de cebada en Ecuador son las royas, con poblaciones del patógeno muy dinámicas e inestables, que dan lugar al rápido surgimiento de nuevas formas virulentas del hongo, provocando el conocido ciclo de surgimiento y la caída de la resistencia de variedades cultivadas (Rivadeneira, 2002).

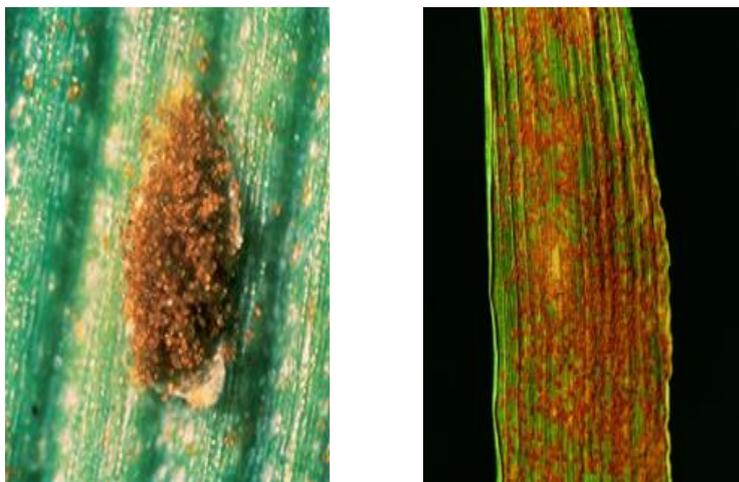
En Ecuador en el cultivo de cebada maltera se reportan las royas amarilla (*Puccinia striiformis* Westend.) y de la hoja (*Puccinia hordei* G.H. Otth) (INIAP, 2005), las cuales, de acuerdo con el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo – CIMMYT (2012) presentan las siguientes características:

### 2.5.1 Roya de la hoja (*Puccinia hordei* G.H. Otth)

**Importancia:** Las infecciones tempranas graves pueden provocar una disminución significativa del rendimiento, principalmente al reducir el número de granos por espiga, los pesos hectolítricos y la calidad de los granos. Las pérdidas de rendimiento pueden ser mayores al 50%.

**Agente causal:** *Puccinia hordei* f. sp. *tritici*, hongo basidiomicete de la clase urediniomycete.

**Síntomas:** Las pústulas tienen forma circular o ligeramente elíptica, son más pequeñas que las de la roya del tallo, por lo general no se aglutinan y contienen masas de esporas cuyo color fluctúa entre el anaranjado y el café anaranjado. Los sitios de infección se encuentran fundamentalmente en el anverso de las hojas y vainas y, en ocasiones, en el cuello y aristas (Figura 3).



**Figura 3.** Síntomas de roya de la hoja (*Puccinia hordei* G.H. Otth)  
(CIMMYT, 2012)

**Epidemiología:** Las infecciones primarias son comúnmente leves, producidas por esporas transportadas por el viento, que pueden haber recorrido grandes distancias. Cuando existe agua libre sobre el follaje (rocío, lluvias leves) y las temperaturas se aproximan entre los 15-25°C, junto con una humedad relativa del 100%, la enfermedad progresa con rapidez. Si las condiciones son favorables, se producen generaciones sucesivas de esporas cada 10-14 días. A medida que

maduran las plantas o cuando no son favorables las condiciones ambientales, es posible observar masas de teliosporas negras.

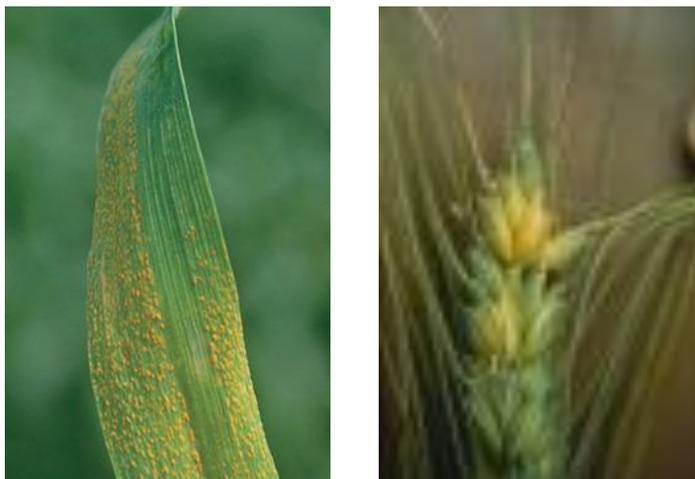
**Huéspedes/Distribución:** Esta enfermedad se encuentra donde se cultivan cereales de clima templado. Otros huéspedes son las especies de *Thalictrum*, *Isopryum*, *Anemonella* y *Anchusa*.

### **2.5.2 Roya lineal o roya amarilla (*Puccinia striiformis* Westend)**

**Importancia:** Las infecciones graves pueden causar una disminución del rendimiento, al reducir el número de granos por espiga, los pesos hectolítricos y la calidad de los granos. Las pérdidas del rendimiento pueden ser mayores a 60% en variedades susceptibles, en temporadas de alta humedad y temperaturas moderadas; de igual forma causa pérdidas significativas de peso de grano, entre 6 y 22%.

**Agente causal:** *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, hongo basidiomicete. Es un parásito obligado. A diferencia de otros hongos que causan royas, no posee hospederos alternantes, cumple el ciclo de vida en la planta de cebada. Posee numerosas razas fisiológicas, característica que le permite atacar a muchas variedades de cebada.

**Síntomas:** Las pústulas contienen esporas de un color amarillo a amarillo anaranjado, forman estrías estrechas sobre las hojas. También se pueden encontrar pústulas sobre las vainas, cuellos y glumas. Aparecen desde macollaje al espigado (Figura 4).



**Figura 4.** Síntomas de roya amarilla (*Puccinia striiformis* Westend.) (CIMMYT, 2012).

**Epidemiología:** El desarrollo de la infección puede ser muy explosivo dañando completamente las hojas en 12 o 15 días, incluso vainas foliares. La infección también puede comprometer a la espiga en variedades susceptibles, afectando glumas y barbas. Cuando el ataque del hongo es severo (hoja bandera y espiga), los granos de cebada que han logrado formarse se presentan, deformes, con menos peso y calidad, incidiendo negativamente en los rendimientos por unidad de superficie.

Las infecciones primarias son producidas por esporas transportadas por el viento, a veces desde muy lejos. La enfermedad avanza con rapidez cuando existe humedad libre (lluvia o rocío) por lo que la infección ocurre principalmente en la noche. La temperatura debe estar aproximadamente a los 10-15°C y humedad relativa elevada. Bajo condiciones adecuadas, puede generar ciclos cada 10-12 días, lo que refleja su alta agresividad y potencial de daño.

Con temperaturas superiores a los 25°C, se interrumpe o reduce la producción de esporas y a menudo aparecen teliosporas negras.

**Huéspedes/Distribución:** La roya lineal ataca al trigo, cebada, triticale y muchas otras Poáceas afines. La enfermedad se encuentra en todas las zonas altas y/o templadas donde se cultivan cereales.

## 2.6 Escala de evaluación de severidad de royas

Cathme (2012), para evaluar la severidad de las royas, recomienda la Escala de Cobb (Figura 5), para lo cual se estima el porcentaje de área foliar afectada.

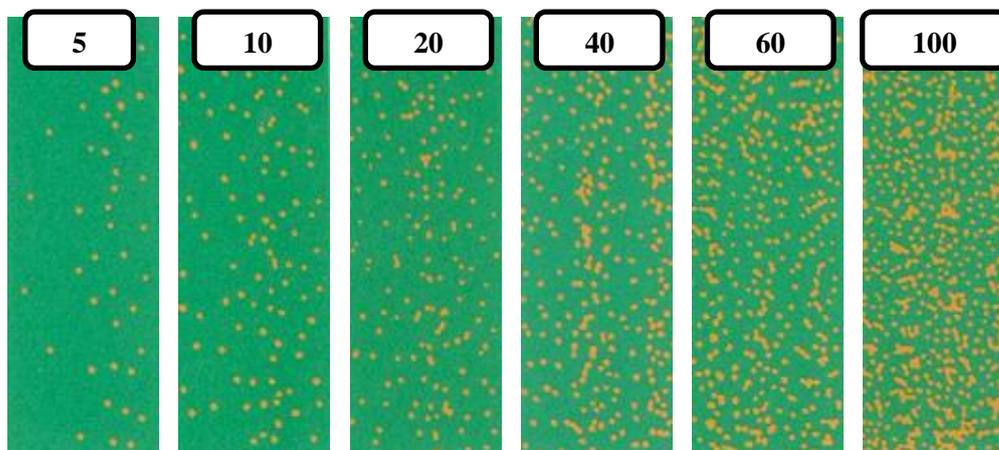


Figura 5. Escala de Cobb citada por Cathme (2012)

## 2.7 Relación entre la severidad de la roya amarilla y pérdidas del rendimiento.

Rowell (1982), para estimar las pérdidas que se esperarían según la severidad de la enfermedad, en el estado fenológico en que se presente, desarrolló la Tabla 3.

Tabla 3. Relación entre la severidad de roya amarilla, el estado fenológico de la cebada y el porcentaje de pérdida de rendimiento.

Estado fenológico del cultivo/ incidencia de roya (%)						Pérdidas de rendimiento (%)
Embuchamiento	Floración	Lechoso	Masa Temprana	Masa Tardía	Madurez	
-	-	-	-	Trazas	5	0,0
-	-	-	Trazas	5	10	0,5
-	-	Trazas	5	10	25	5
-	Trazas	5	10	25	40	15
Trazas	5	10	25	40	65	50
5	10	25	40	65	100	75
10	25	40	65	100	100	100

Fuente: Rowell (1982)

## 2.8 Relación entre la severidad de la roya de la hoja y las pérdidas del rendimiento.

De igual forma, para estimar las pérdidas que se esperarían según la severidad de la enfermedad, en el estado fenológico en que se presente, Rowell (1982) recomienda usar la Tabla 4,

**Tabla 4.** Relación entre la severidad de roya de la hoja, el estadio de desarrollo de la cebada y el porcentaje de pérdida de rendimiento.

Estado fenológico del cultivo/ incidencia de roya (%)						Pérdida de rendimiento (%)
Antes del macollamiento	Embucha miento	Del embuchamiento al espigamiento	Floración	Lechoso	Masa temprana	
-	-	Trazas	10	25	40	1
-	Trazas	10	25	40	65	3
Trazas	10	25	40	65	100	10
10	25	40	65	100	100	20
25	40	65	100	100	100	35
40	65	100	100	100	100	50
65	100	100	100	100	100	70
100	100	100	100	100	100	95

Fuente: Rowell (1982)

## 2.9 Epidemiología general de las royas

Hay varias zonas donde cada una de estas enfermedades puede provocar grandes pérdidas. En otras regiones, el medio es poco adecuado y hay epifitas graves sólo en los años en que las condiciones ambientales son favorables, cuando se cultivan variedades muy susceptibles, también cuando se modifican las prácticas de cultivo y se combinan todos los factores mencionados (Formento y Souza, 2009).

El anterior autor señala además que, las esporas de las royas de la cebada comienzan a germinar una a tres horas después del contacto con humedad libre y en diversas temperaturas que dependen del tipo de roya. Se producen grandes cantidades de urediniosporas que pueden ser arrastradas por el viento a distancias

considerables. No obstante, la mayoría de las urediosporas se depositan cerca del lugar de su origen por la influencia de la gravedad.

Manifiesta además que la velocidad terminal de las esporas en el aire en calma es de aproximadamente 1cm/s. A una spora le toma alrededor de 8 horas y 20 minutos caer 300m. De las esporas que eluden las copas del follaje, sólo aproximadamente el 10% son aun trasportadas por el aire en ese plano después de recorrer 100m. A distancias mayores de la fuente, la mayoría de las urediosporas permanecerán en el aire hasta ser arrastradas hacia abajo por la lluvia (Pastore, *et al*, 2011).

Las esporas tienen una vida relativamente larga y pueden sobrevivir en el campo sin ser depositadas en plantas hospedantes durante períodos de varias semanas; soportan la congelación si su contenido de humedad disminuye al 20-30%; su viabilidad se reduce rápidamente cuando el contenido de humedad supera el 50%.

También señala que es importante considerar que con temperaturas medias diurnas sobre los 22-25°C, la enfermedad se desarrolla muy lentamente o no prospera. En temporadas con adecuadas condiciones de infección, será necesario realizar un segundo tratamiento a los 35-40 días, que es la protección que otorgan los fungicidas más efectivos (Contreras, 2007).

Es importante observar que transcurridos 10 días de detectada la infección, ya existe una pérdida de rendimiento que puede variar entre 12 y 15% y a los 20 días, el daño puede alcanzar al 25%, lo que demuestra la importancia de detectar a tiempo la enfermedad y controlarla a la mayor brevedad.

La aplicación de fungicidas vía foliar es una alternativa válida para disminuir las pérdidas de rendimiento causadas por las enfermedades foliares en cebada (Alberione, *et al*, 2011).

### **2.9.1 Diseminación de las royas**

Cualquier persona, animal o implemento de labranza que traslade el polvo de *Puccinia hordei* G.H. Oth y *Puccinia Striiformis* Westend a plantas sanas, está diseminando la enfermedad, sin embargo, los principales agentes son el viento y las lluvias, las mismas que pueden trasladar las esporas del hongo por cientos y aún miles de kilómetros (Orellana, *et al*, 1978).

### **2.9.2 Mecanismo de transporte por el viento**

El traslado de esporas patógenas a larga distancia realiza el viento implica tres fases bien definidas: elevación, traslado y depósito. El primer término, las esporas deben ser levantadas de su lugar de origen y trasladadas a alturas superiores a los 1000 metros. Para este proceso son esenciales las corrientes térmicas ascendentes y una velocidad razonable del viento. Una vez lograda la altura conveniente, las esporas son arrastradas por las diversas masas de aire en movimiento que componen la atmósfera. Por último cuando se dispersan masas de aire en movimiento o se producen corrientes descendentes periódicas, o lluvias, las esporas vuelven a ser depositadas sobre el suelo (Stubbs, *et al*, 1986).

En el desplazamiento de las urediosporas a largas distancias influyen la latitud y las correspondientes características de los vientos. En general, las esporas se desplazan de oeste a este a causa de los vientos que resulta la rotación de la tierra. En días calurosos, el aire se eleva desde adentro del follaje. Cuando la humedad es alta, son menos las esporas que salen de los uredinios. Los vientos de poca velocidad secan el follaje, agitan las hojas y liberan las esporas de los uredinios (Orellana, *et al*, 1978).

Los vientos de gran velocidad pueden provocar una mayor liberación de esporas, pero reducen con rapidez la concentración de estas por encima del follaje y pueden ser más importantes para el transporte a larga distancia que para la propagación local. La lluvia extrae las esporas del aire, las deposita sobre las plantas y eleva la humedad relativa. Sin embargo, también hace que se escurran las esporas de las superficies de las plantas. La humedad relativa elevada suele

restringir el movimiento de las esporas. Además, las alteraciones de la temperatura causadas por la lluvia influyen en el progreso de la enfermedad.

## **2.10 Virus del enanismo amarillo (BYDV)**

En Ecuador, según INIAP (2010) y el CIMMYT (1992), en las variedades Scarlett y Metcalfe, a más de las royas antes mencionadas, también se ha reportado el ataque del virus del enanismo amarillo (Barley Yellow Dwarf Virus – BYDV), el cual se describe a continuación:

**Importancia:** La importancia económica de la enfermedad radica en su amplia distribución y frecuencia de aparición, también por el daño que produce, el cual diferir de un lugar a otro y de un año a otro. La infección durante un período temprano del ciclo del cultivo puede producir disminuciones del rendimiento entre 5 y 30%, pero se han registrado pérdidas mayores.

**Agente causal:** Virus esférico cuyo diámetro es de 25 nm, cuya proteína viral está compuesta por una sola especie de polipéptido (pM 24 x 10<sup>3</sup>); el genoma es de cadena simple positiva (pM 2.0 x 10<sup>3</sup>). Es moderadamente estable a la temperatura, su inactivación termal es de 45-75 °C y es muy inmunogénico. El BYDV es miembro tipo de la familia Luteoviridae y es el único miembro del género *Luteovirus* (cuyo nombre deriva del Latín luteus que significa amarillamiento).

Los serotipos del BYDV fueron subdivididos en dos serogrupos los cuales fueron posteriormente reclasificados como especies separadas. Además, esta enfermedad posee dos características importantes, puede afectar un amplio rango de hospedantes entre las Poáceas y la diversidad de especies de áfidos capaces de transmitir el virus. El virus no se trasmite mecánicamente ni por semilla, se trasmite por vectores (áfidos) en forma persistente circulativa (Alemndri y Truol, 2009).

**Síntomas:** Se manifiestan en las hojas viejas de las plantas jóvenes, las cuales se tornan amarillentas, engrosadas y rígidas. El margen de la hoja cercano a la punta

puede enrollarse y volverse necrótico, formando un punto rígido. Infecciones tempranas hacen que las plantas se quedan enanas, se produce un retraso en la formación de las espigas, se mantienen erguidas y se decoloran.



**Figura 6.** Daños en las hojas por BYDV (CIMMYT, 2012)

**Epidemiología:** Temperaturas aproximadas a 18°C son favorables para el desarrollo de la enfermedad y los síntomas aparecen alrededor de 14 días después de la infección. Los áfidos permanecen con capacidad infectiva durante varias semanas y pueden adquirir el virus al alimentarse de plantas infectadas como mínimo durante 30 minutos, pero generalmente se necesita alrededor de 24 horas de alimentación.

**Vectores/Huéspedes/Distribución:** Con el término virus del enanismo amarillo de la cebada, se designa a varios virus afines, transmitidos por áfidos. Más de 20 especies de estos insectos pueden actuar como vectores. El enanismo amarillo de la cebada es probablemente la virosis de los cereales con distribución más amplia en el mundo. Durante la estación de crecimiento cada áfido adulto puede producir desde 10 a 20 descendientes diariamente. Los áfidos jóvenes deben adquirir el virus de plantas infectadas antes de ser infectivos.

Estos áfidos, normalmente sin alas, producen más áfidos y se mueven en distancias cortas arrastrándose de planta en planta o siendo movidos por el viento. Los daños causados por la infección de BYDV son más importantes en estaciones

frías y húmedas, las cuales favorecen el crecimiento de la hierba y los cereales así como la reproducción y la migración de los áfidos.

### 2.10.1 Escala de evaluación del virus del enanismo amarillo (BYDV)

Según Cathme (2012) para evaluar la incidencia de virus del enanismo amarillo es necesario tomar en cuenta la Escala de Saari-Prescott que se indica en la Figura 7.



**Figura 7.** Escala de Saari-Prescott para cuantificar la severidad del virus BYDV (Cathme, 2012).

### 2.11 Inoculación de las royas

Para estudios de control químico, es necesario realizar inoculaciones de esporas de las royas mediante aspersion con aceites minerales (Garófalo, 2012), para lograr una distribución uniforme del inóculo. Los nebulizadores manuales son excelentes para el campo, pero también puede usarse cualquier rociador con boquilla fina. El aceite debe evaporarse antes que se forme el rocío, las gotas de agua sobre el aceite, impiden que éste se evapore, impidiendo que el agua llegue a las esporas para iniciar la germinación. En el campo, la inoculación no debe hacerse si hay rocío o cuando se espera que llueva en menos de una hora (Rowell, 1957).

Se pueden colocar las esporas sobre las plantas en diversas formas. El método seleccionado dependerá del propósito de la inoculación, el número de plantas que

se inocularán, la cantidad de inóculo disponible y la existencia de un período favorable de rocío o lluvia durante el proceso de inoculación. Un período breve de rocío puede provocar la germinación de las esporas pero no la infección. Si se colocan las esporas sobre plantas húmedas en la mañana, tal vez germinen pero no lograrán establecer la infección antes de que se evapore el rocío (Browder, 1971).

## **2.12 Estrategias de control**

El medio más eficaz para combatir las royas de los cereales es combinar prácticas del cultivo, variedades resistentes y aplicaciones de fungicidas (Roelfs, Singh y Saari, 1992).

### **2.12.1 Control genético (Resistencia)**

El principal mecanismo para controlar las royas de la cebada, ha sido el empleo de variedades resistentes. En la mayoría de los casos, los fracasos obedecen al desconocimiento de la virulencia de los patógenos. En Ecuador, la resistencia genética a *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* ha sido insuficiente, por la escasa durabilidad de los genes mayores. Por esta razón, la resistencia parcial es considerada como alternativa para obtener resistencia duradera (Roelfs, Singh, Saari, 1992; Ochoa, 1997).

### **2.12.2 Control químico**

Los fungicidas, son sustancias químicas que protegen a las plantas de la penetración y/o posterior desarrollo de hongos patógenos en sus tejidos; es una estrategia considerada en el manejo integrado, ha demostrado ser efectiva para prevenir la aparición de enfermedades y controlar las ya existentes. Sin embargo, para que el control químico sea efectivo, se debe considerar los valores de umbral de daño y umbral económico (Carmona, Reis, Cortese, 2007).

Para el control de la roya amarilla y de la roya de la hoja, se recomienda la aplicación de Propiconazole (Tilt®) en dosis de 500 cc/ha; aunque su control más

útil y económico es el uso de variedades de cebada maltera resistentes o medianamente resistentes, como Scarlett y Metcalfe (Garófalo, 2012).

En un estudio realizado por Garófalo (2013), de control químico de las royas de la hoja y amarilla, en la variedad Metcalfe, en la Estación Experimental Santa Catalina (Tabla 5), determinó que debido a una baja incidencia de las dos royas de 4,17% y 4,37% respectivamente, no fue posible determinar la eficiencia de control de los fungicidas Propiconazole, Azoxistrobina y Benomil; de igual forma manifiesta que la baja severidad de 10 a 50% de la roya de la hoja registrada en la zona de la Estación Experimental Laguacoto, no permitió determinar la eficiencia de los mismos y que, debido a que los rendimientos fueron estadísticamente similares, se determinó que no causó pérdidas. Similar fenómeno observó en la Estación Experimental del Austro, donde, a pesar de que la severidad de la roya de la hoja fue de 63,33%, registró un rendimiento promedio de 3,98 ton/ha, rendimiento excelente al considerar que el rendimiento potencial de la variedad es de 4 ton/ha. Este fenómeno probablemente se deba a la resistencia parcial de la variedad.

De igual forma, según los datos consignados en la Tabla 6, de un estudio de control químico de las mismas royas, en la variedad Scarlett, Garófalo (2013) reporta que en la Estación Experimental Santa Catalina, debido a una baja incidencia de la roya de la hoja y de la roya amarilla, 1,25% y 5,83% respectivamente, no permitió determinar la eficiencia de control de los fungicidas Propiconazole, Azoxistrobina y Benomil. Señala, además, que la severidad de 10 a 40% de la roya de la hoja registrada en la zona de la Estación Experimental Laguacoto, tampoco permitió determinar la eficiencia de los fungicidas, debido a que los rendimientos fueron estadísticamente similares. Por otra parte, en la Estación Experimental del Austro, a pesar de que la severidad de la roya amarilla fue alta con un promedio de 53,75%, los rendimientos no fueron afectados ya que se obtuvo un promedio de 3,68 ton/ha, fenómeno que también se aduce a la resistencia parcial de la variedad.

**Tabla 5.** Resultados del ensayo sobre control químico de las royas de la hoja y amarilla en la variedad de cebada maltera Metcalfe. (Garófalo, 2013).

TRATAMIENTOS			LOCALIDADES								
N°	Fungicida + Época de aplicación		SANTA CATALINA			LAGUACOTO			AUSTRO		
			Severidad (%)		Rendimiento (ton/ha) $\bar{X}$	Severidad (%)		Rendimiento (ton/ha) $\bar{X}$	Severidad (%)		Rendimiento (ton/ha) $\bar{X}$
			<i>P. hordei</i>	<i>P. striiformis</i>		<i>P. hordei</i>	<i>P. striiformis</i>		<i>P. hordei</i>	<i>P. striiformis</i>	
T1	Testigo	0% de infección	10 a	5 a	2,81 a	50 a	10 a	2,69 a	80 a	10 a	3,04 b
T2	Propiconazole	0% de infección	0 a	0 a	2,75 a	20 b	5 a	2,71 a	50 a	5 a	4,83 a
T3	Azoxistrobina	0% de infección	5 a	5 a	3,14 a	35 ab	5 a	2,85 a	65 a	15 a	3,99 ab
T4	Benomil	0% de infección	5 a	5 a	2,85 a	30 a b	15 a	3,16 a	60 a	10 a	4,33 ab
T5	Testigo	10% de infección	5 a	5 a	3,22 a	50 a	5 a	2,61 a	80 a	5 a	3,43 b
T6	Propiconazole	10% de infección	10 a	5 a	3,20 a	10 b	5 a	3,00 a	55 a	20 a	4,17 ab
T7	Azoxistrobina	10% de infección	5 a	5 a	3,45 a	35 ab	5 a	3,06 a	60 a	10 a	4,00 ab
T8	Benomil	10% de infección	5 a	5 a	3,37 a	10 b	5 a	2,89 a	55 a	25 a	4,09 ab
$\bar{X}$			4,17	4,37	3,10	28,33	6,50	2,87	63,33	11,50	3,98
CV(%)			73,50	50,05	19,07	34,58	79,44	13,03	16,02	100,33	11,22

a y b: significación según Tukey (5%).

**Tabla 6.** Resultados del ensayo sobre control químico de las royas de la hoja y amarilla en la variedad de cebada maltera Scarlett. (Garófalo, 2013).

TRATAMIENTOS			LOCALIDADES								
N°	Fungicida + Época de aplicación		SANTA CATALINA			LAGUACOTO			AUSTRO		
			Severidad (%)		Rendimiento (ton/ha) $\bar{X}$	Severidad (%)		Rendimiento (ton/ha) $\bar{X}$	Severidad (%)		Rendimiento (ton/ha) $\bar{X}$
			<i>P. hordei</i>	<i>P. striiformis</i>		<i>P. hordei</i>	<i>P. striiformis</i>		<i>P. hordei</i>	<i>P. striiformis</i>	
T1	Testigo	0% de infección	10 a	10 a	3,32 a	30 a	20 a	2,97 a	10 a	80 a	2,82 c
T2	Propiconazole	0% de infección	0 a	10 a	2,48 a	25 a	15 a	2,75 a	15 a	30 b	3,36 bc
T3	Azoxistrobina	0% de infección	0 a	5 a	2,28 a	20 a	10 a	3,55 a	25 a	70 a	3,52 bc
T4	Benomil	0% de infección	5 a	10 a	2,60 a	10 a	15 a	3,50 a	15 a	50 ab	3,15 c
T5	Testigo	10% de infección	5 a	5 a	3,38 a	40 a	20 a	3,16 a	10 a	60 ab	2,84 c
T6	Propiconazole	10% de infección	0 a	5 a	2,87 a	25 a	10 a	3,24 a	5 a	55 ab	5,02 a
T7	Azoxistrobina	10% de infección	0 a	5 a	3,02 a	10 a	15 a	3,58 a	20 a	40 ab	3,93 abc
T8	Benomil	10% de infección	5 a	10 a	2,83 a	10 a	10 a	3,19 a	15 a	50 ab	4,76 ab
$\bar{X}$			1,25	5,83	2,85	22,71	13,13	3,24	13,50	53,75	3,68
CV (%)			207,07	85,46	17,57	42,13	51,04	11,12	73,39	20,50	13,87

a y b: significación según Tukey (5%).

## **2.13 Descripción de los fungicidas en estudio**

### **2.13.1 Benomil 50WP®**

**Ingrediente activo.-** Benomil.

**Grupo químico.-** Pertenece a la familia de los benzimidazoles.

**Formulación.-** Es un polvo mojable que contiene 500 g/kg de ingrediente activo.

**Modo de acción.-** Es un fungicida con acción erradicante, sistémico y curativo, vía floema, absorbido por las hojas, raíces y translocado al interior de la planta ejerciendo su acción sobre los hongos y permaneciendo cierto tiempo en los tejidos (Agro siembra, 2010).

**Mecanismo de acción.-** Gupta, *et al*, (2004) expresan que el mecanismo de acción es: inducción de defensas a la planta, síntesis de ácidos nucleicos, mitosis y división celular, síntesis de aminoácidos y proteínas.

### **2.13.2 Amistar®**

**Ingrediente activo.-** Azoxistrobina.

**Grupo químico.-** Es un fungicida sistémico de la familia de las estrobirulinas.

**Formulación.-** Compuesto por gránulos dispersables que contiene 500 g/kg de ingrediente activo.

**Modo de acción.-** Es un fungicida sistémico, protectante, erradicante y antiesporulante. Se mueve vía xilema (movimiento acropétalo) y tiene sistemicidad y movimiento translaminar, protegiendo completamente las hojas y brotes nuevos.

**Mecanismo de acción.-** Inhibe la respiración mitocondrial en los hongos (acción temprana sobre esporas) bloqueando la transferencia de electrones entre citocromo b y citocromo c, evitando así la formación de ATP y, además, inhibe de ergosterol en los hongos, inhibe la germinación de las esporas y el crecimiento del micelio (Agro siembra, 2011).

### **2.13.3 Pamona®**

**Ingrediente activo.-** Propiconazole.

**Grupo químico.-** Es un fungicida sistémico de la familia de los triazoles.

**Formulación.-** Es un concentrado emulsionable, que contiene 250 gramos de ingrediente activo.

**Modo de acción.-** Se absorbe vía foliar, aproximadamente una hora después de su aplicación, siendo transportado por el xilema. Actúa también en su fase de vapor, mejorando aún más su distribución en la planta. Siendo un producto preventivo, curativo y erradicante, es recomendable aplicarlo antes, durante y después del período infeccioso de la enfermedad.

**Mecanismo de acción.-** Interfiere en la biosíntesis del ergosterol, constituyente natural de las paredes celulares, lo que provoca la pérdida de funcionalidad de las mismas; actúa deteniendo la infección y la esporulación del patógeno (AFECOR, 2011).

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Caracterización del área de estudio**

El ensayo estuvo ubicado en la Granja Experimental La Pradera, Parroquia San José de Chaltura, Cantón Antonio Ante, Provincia de Imbabura, cuya altitud es de 2350 m.s.n.m; la latitud 00° 22' 00" Norte y la longitud de 78° 11' 00" Oeste 15, con una temperatura media anual de 16,4 °C y precipitación promedio anual de 600 mm y humedad relativa de 68,9 % en los meses secos (Gobierno Municipal de Antonio Ante, 2013). El lote experimental presentó textura Franco y pendiente de 5%.

#### **3.2 Materiales, Insumos y Equipos**

##### **3.2.1 Materiales**

###### **3.2.1.1 Material Experimental**

- |                                 |                          |
|---------------------------------|--------------------------|
| - Variedades de cebada maltera: | - Fungicidas:            |
| Scarlett                        | Propiconazole (Pamona®)  |
| Metcalfe                        | Azoxistrobina (Amistar®) |
|                                 | Benomil (Benomil 50 WP®) |

###### **3.2.1.2 Materiales de Campo**

- |                            |                      |
|----------------------------|----------------------|
| - Herramientas de labranza | - Letreros y Estacas |
| - Aceites isoparafínicos   | - Marcador           |

- Bomba de mochila
- Recipientes
- Flexómetro
- Cementina (tiza)
- Regla
- Equipo de seguridad (botas, overol, guantes, gafas, mascarilla y gorra)
- Libro de campo
- Fundas de papel y plásticas
- Papel aluminio
- Sacos
- Carretilla

### 3.2.1.3 Materiales de oficina

- Lápiz
- Computador
- Impresora
- Suministros de papelería
- Borrador

### 3.2.2 Insumos agrícolas

- Herbicida: Metsulfurón-metil (Ally®)
- Fertilizantes:
  - Fosfato diamónico (11-52-0)
  - Urea (46-0-0)
  - Sulpomag (22-11-11)

### 3.2.3 Equipos

- Maquinaria agrícola: distribuidora de semillas y trilladora estacionaria
- Equipo de riego

- Laboratorio para análisis de suelos
- Balanza analítica
- G.P.S.
- Cámara fotográfica
- Nebulizador manual
- Tamices

### **3.3 Metodología**

#### **3.3.1 Factores en estudio**

Fungicidas (F):

1. Propiconazole ( $f_1$ )
2. Azoxistrobina ( $f_2$ )
3. Benomil ( $f_3$ )

Época de aplicación de fungicidas (E):

1. Preventivo: (40 días de la siembra) ( $e_1$ )
2. Curativo: (infección de 10% en el cultivo) ( $e_2$ )

#### **3.3.2 Tratamientos**

Los tratamientos evaluados se consignaron en la Tabla 7 y fueron evaluados en las dos variedades de cebada maltera Scarlett y Metcalfe, es decir se establecieron dos ensayos experimentales.

**Tabla 7.** Tratamientos evaluados en las variedades de cebada maltera Scarlett y Metcalfe.

<b>Tratamientos (No.)</b>	<b>Fungicida</b>	<b>Época de aplicación</b>	<b>Codificación</b>
T1	Propiconazole	0 % de Infección	e <sub>1</sub> f <sub>1</sub>
T2	Azoxistrobina	0 % de Infección	e <sub>1</sub> f <sub>2</sub>
T3	Benomil	0 % de Infección	e <sub>1</sub> f <sub>3</sub>
T4	Propiconazole	10 % de Infección	e <sub>2</sub> f <sub>1</sub>
T5	Azoxistrobina	10 % de Infección	e <sub>2</sub> f <sub>2</sub>
T6	Benomil	10 % de Infección	e <sub>2</sub> f <sub>3</sub>
T7	Testigo	Libre Infección	e <sub>0</sub> f <sub>0</sub>

### 3.3.3 Diseño Experimental

Se utilizó el Diseño Experimental de Bloques Completos al Azar (DBCA), con tres repeticiones.

### 3.4 Características del experimento

En cada uno de los ensayos, la unidad experimental para las dos variedades, estuvieron representadas por una parcela rectangular de las siguientes dimensiones:

- a.- Superficie de la parcela experimental: 8 m<sup>2</sup> (4m x 2 m)
- b.- Superficie de la parcela neta: 3 m<sup>2</sup> (3m x 1 m)
- c.- Distancia entre parcelas: 1 m
- d.- Distancia entre repeticiones: 1 m
- e.- Distancia entre hileras: 0,20 m
- f.- Densidad de siembra: 150 kg/ ha

### 3.4.1 Características del área experimental

a.- Número de unidades experimentales/variedad:	21 (Scarlett) 21 (Metcalf)
b.- Repeticiones	3
c.- Tratamientos	7
d.- Superficie total del experimento	775,00 m <sup>2</sup>
e.- Superficie por cada variedad:	387,50 m <sup>2</sup>

### 3.4.2 Disposición de los tratamientos en el sitio experimental

Los tratamientos fueron randomizados y su distribución en el sitio experimental se presenta en el esquema del Anexo 2.

## 3.5 Análisis Estadístico

### 3.5.1 Esquema del análisis de varianza (ADEVA)

**Tabla 8.** Esquema del análisis de varianza (ADEVA)

	<b>FV</b>	<b>GL</b>
Total		20
Bloques		2
Tratamientos		6
Fungicidas (F)		2
Épocas (E)		1
F x E		2
Testigo vs Resto		1
Error Experimental		12
CV (%)		
$\bar{X}$		

### **3.5.2 Análisis funcional**

Cuando se encontraron diferencias estadísticas, se utilizó la prueba de significación de Tukey al 5 %.

## **3.6 Variables evaluadas**

### **3.6.1 Severidad de la roya de la hoja y de la roya amarilla.**

Para evaluar la severidad de las royas, se cuantificó el porcentaje del follaje cubierto por la enfermedad de acuerdo a la Escala de Cobb (Figura 5), citada por Cathme (2012).

### **3.6.2 Rendimiento**

Una vez realizadas las labores de limpieza del grano utilizando los tamices, se procedió a pesar en una balanza los rendimientos obtenidos por unidad experimental y los resultados se registró en gramos por parcela, para luego calcular y transformar a ton/ha.

### **3.6.3 Costo para análisis económico**

El análisis económico se realizó mediante la metodología del análisis de presupuesto parcial, propuesto por el CIMMYT (1988), para lo cual se determinaron los costos variables, el beneficio neto y la tasa de retorno marginal.

Debido a que, a más de las royas, se registró una incidencia alta de virus del enanismo amarillo BYDV, se lo consideró como una variable más.

### **3.6.4 Virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV)**

Para cuantificar la severidad del virus, en cada unidad experimental, se realizó una lectura a los 60 días de la siembra, mediante la escala de Saari-Prescott (Figura 7),

citada por Cathme (2012) y la Tabla 9 del CIMMYT (1992) de estimación de pérdidas en base a datos de severidad.

**Tabla 9.** Escala de Saari-Prescott para evaluar la severidad de virus del enanismo amarillo (BYDV).

<b>Escala</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pérdidas de Rendimiento (%)</b>
1	Cobertura del 10%	5
2	Cobertura del 20%	10
3	Cobertura del 30%	15
4	Cobertura del 40%	20
5	Cobertura del 50%	25
6	Cobertura del 60%	30
7	Cobertura del 70%	35
8	Cobertura del 80%	40
9	Cobertura del 90%	50

Fuente: citado por el CIMMYT (1992)

### **3.7 Manejo específico del experimento**

#### **3.7.1 Toma de muestras del suelo**

Se tomaron 20 sub muestras de suelo de la superficie total del experimento, a una profundidad de 20 cm. Se realizó el análisis físico-químico, en el Laboratorio de Suelos Plantas y Aguas del INIAP-Estación Experimental Santa Catalina, para determinar la fertilidad actual del suelo de la superficie experimental.

#### **3.7.2 Preparación del suelo**

La preparación del suelo fue mecanizada, consistiendo en 4 pases de arado y 1 de rastra.

### **3.7.3 Fertilización química**

Los fertilizantes utilizados fueron fosfato diamónico (18-46-0) y sulpomag (0-0-22-11-22) los cuales se aplicaron a la siembra, en dosis de 100 kg/ha cada uno; en tanto que, la urea (46-0-0) se fraccionó en dos partes; la primera aplicación se hizo a la siembra con una dosis de 50kg/ha y la segunda a los 54 días, cuando el cultivo estuvo en la fase de espigamiento (5,0 – 5,9) según la Escala decimal de Zadocks (Z) que se presenta en la Tabla 1, con similar dosis de aplicación.

### **3.7.4 Siembra**

La siembra fue realizada el 5 de julio del 2012, utilizando una distribuidora de semillas, con una densidad de siembra de 150 kg/ha, luego se tapó la semilla con un rastrillo.

### **3.7.5 Inoculación**

Para evaluar la acción de los fungicidas fue necesario realizar la inoculación de las esporas de roya de la hoja y de roya amarilla, en el cultivo utilizando aceites isoparafínicos no fitotóxicos como portadores de esporas.

La inoculación de las esporas de las royas se la realizó a los 40 días posteriores a la siembra cuando el cultivo estuvo en la sub fase fenológica Z3.0-3.9 que se ilustra en la Tabla 1, en una solución de aceite mineral con una dosis de 100 000 esporas por cada ml de solución; para la aplicación se utilizó un nebulizador manual con el cual se roció directamente el material experimental.

### **3.7.6 Control de malezas**

A los 47 días de la siembra, se aplicó 1,5 g de Ally® (Metsulfurón-metil) en 20 litros de agua con el fin de controlar malezas de hoja ancha, utilizando una bomba de mochila.

### **3.7.7 Control fitosanitario**

Para el control de las royas se aplicaron los fungicidas: Pamona<sup>®</sup> (Propiconazole) en dosis de 500 cc/ha, Amistar<sup>®</sup> (Azoxistrobina) en dosis de 250 g/ha y Benomil 50 WP<sup>®</sup> (Benomil) en dosis de 500 g/ha, recomendadas por el fabricante y en la época de aplicación establecida de acuerdo a los tratamientos en estudio que se indican en la Tabla 7.

La aplicación de los fungicidas en forma preventiva se realizó a los 41 días de la siembra y los fungicidas curativos a los 70 días de la siembra cuando el cultivo de cebada estaba en las sub etapas fenológicas Z3.9- Z4.0 (encañado) y Z7.0 (estado lechoso del grano), respectivamente, según Zadoks y Chang (1974).

### **3.7.8 Riego**

Considerando que el ciclo del cultivo se realizaría de julio a noviembre y que se presentaría un déficit hídrico, en el ensayo se implementó el sistema de riego por micro aspersión. Durante el desarrollo del ensayo se registraron 135,1 mm acumulados, y considerando que el requerimiento del cultivo es de 400 a 600 mm/ciclo (INIAP, 2010), para cubrir el déficit se realizó una aspersión y 13 micro aspersiones, acumulando 312,12 mm, para un total de 447,22 mm. La frecuencia, duración y cantidad de agua aplicada por riego, se presenta en el Anexo 7.

### **3.7.9 Cosecha y trilla**

En la madurez fisiológica del cultivo, la cosecha se realizó con una hoz y luego con una trilladora estacionaria.

### **3.7.10 Datos climáticos durante la ejecución del ensayo**

Se tomaron los datos de temperatura, precipitación y humedad relativa durante la ejecución del ensayo. Los resultados se presentan en el Anexo 5.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Resultados

##### 4.1.1 Severidad de los dos tipos de roya en la variedad Scarlett

El análisis de varianza realizado para la variable severidad de la roya de la hoja (Tabla 10), indica que existen diferencias significativas al 1% entre tratamientos, resultado que es corroborado por la prueba de Tukey (5%) (Tabla 11) al detectar dos rangos, ubicándose los tratamientos T1, T2, T3, T4, T5 y T6 en el rango A de severidad de 10 a 15% y en el rango B, el T7 (testigo absoluto) con 30% de severidad.

**Tabla 10.** Análisis de varianza para la variable severidad de roya de la hoja, en la variedad Scarlett. La Pradera-Chaltura, 2012.

F de V	SC	Gl	CM	F. cal	F. Tab	
					5%	1%
Total	1200,00	20				
Bloque	135,71	2	67,86	4,96 *	3,89	6,93
Tratamientos	900,00	6	150,00	10,96 **	3,00	4,82
Fungicidas (F)	75,00	2	37,50	2,74 <sup>ns</sup>	3,89	6,93
Épocas (E)	12,50	1	12,50	0,91 <sup>ns</sup>	4,75	9,33
FxE	25,00	2	12,50	0,91 <sup>ns</sup>	3,89	6,93
T vs Resto	787,50	1	787,50	57,52 **	4,75	9,33
Error Exp	164,29	12	13,69			

ns no significativo  
 \* significativo al 5%  
 \*\* significativo al 1%  
 CV 24,67%  
 $\bar{X}$  15%

El promedio de severidad de la roya de la hoja fue de 15% y el coeficiente de variación de 24,67%, considerado adecuado para este tipo de estudios.

**Tabla 11.** Prueba de Tukey al 5% para la variable severidad de roya de la hoja, en la variedad Scarlett.

TRATAMIENTOS			MEDIA	RANGO
N°	Fungicida + época de aplicación			
T1	Propiconazole	0% de infección	10	A
T2	Azoxistrobina	0% de infección	10	A
T3	Benomil	0% de infección	15	A
T4	Propiconazole	10% de infección	10	A
T5	Azoxistrobina	10% de infección	15	A
T6	Benomil	10% de infección	15	A
T7	Testigo	Libre infección	30	B

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 5%.

En cuanto a la roya amarilla, ésta no fue detectada en ningún tratamiento, lo que impidió determinar la eficiencia de control de los fungicidas. Su ausencia se aduce a que las condiciones ambientales que se presentaron durante el desarrollo del experimento, no fueron adecuadas para el desarrollo de la enfermedad, 17,08°C de temperatura y 75,8% de humedad, en comparación con datos reportados por el CIMMYT (2012), de 10-15°C de temperatura y de 100% de humedad relativa, requeridos para el desarrollo de la misma.

Además, según INIAP (2010) la variedad Scarlett presenta resistencia parcial a la incidencia de roya amarilla, lo cual, probablemente, también influyó para que la enfermedad no se presente.

#### **4.1.2 Severidad de los dos tipos de roya en la variedad Metcalfe**

En relación a la severidad de la roya de la hoja, el análisis de variancia detectó diferencias significativas al 5% entre tratamientos (Tabla 12), resultado que fue

corroborado por la prueba de Tukey (5%) (Tabla 13) al detectar dos rangos; en el rango A se ubicaron los tratamientos T1 y T2 con 10 y 15%, respectivamente, en el B el tratamiento T7 (Testigo) con 30% y, compartiendo los dos rangos, los tratamientos T3, T4, T5 y T6, con un rango de 10 a 20%.

El promedio de severidad de roya de la hoja fue de 17,14%, con un coeficiente de variación de 33,38%, considerado adecuado para este tipo de estudios.

Estos resultados coinciden parcialmente con aquellos reportados por INIAP (2007), que en un estudio sobre eficiencia de fungicidas en el control de roya de la hoja y roya amarilla, determinó que el fungicida Azoxistrobina, presentó eficiencia de control intermedia a alta.

**Tabla 12.** Análisis de varianza para severidad de roya de la hoja, en la variedad Metcalfe. La Pradera-Chaltura, 2012.

F de V	SC	Gl	CM	F. cal	F. Tab	
					5%	1%
Total	1678,57	20				
Bloque	407,14	2	203,57	6,22 *	3,89	6,93
Tratamientos	878,57	6	146,43	4,47 *	3,00	4,82
Fungicidas (F)	225,00	2	112,50	3,44 <sup>ns</sup>	3,89	6,93
Épocas (E)	0,00	1	0,00	0,00 <sup>ns</sup>	4,75	9,33
FxE	75,00	2	37,50	1,15 <sup>ns</sup>	3,89	6,93
T vs Resto	578,57	1	578,57	17,67 **	4,75	9,33
Error Exp	392,86	12	32,74			

ns no significativo  
 \* significativo al 5%  
 \*\* significativo al 1%  
 CV 33,38%  
 $\bar{X}$  17,14%

**Tabla 13.** Prueba de Tukey al 5% para la variable severidad de roya de la hoja, en la variedad Metcalfe.

TRATAMIENTOS			MEDIA	RANGO
N°	Fungicida + época de aplicación			
T1	Propiconazole	0% de infección	10	A
T2	Azoxistrobina	0% de infección	15	A
T3	Benomil	0% de infección	20	AB
T4	Propiconazole	10% de infección	15	AB
T5	Azoxistrobina	10% de infección	10	AB
T6	Benomil	10% de infección	20	AB
T7	Testigo	Libre infección	30	B

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 5%.

En cuanto a la roya amarilla, únicamente se detectaron trazas (5% de severidad) en el tratamiento T3 (Benomil, 0% de infección), y 0% en el resto de tratamientos, por lo cual no fue posible determinar la eficiencia de control de los fungicidas.

La ausencia de la enfermedad se aduce a la resistencia parcial de la variedad (INIAP, 2010) y a las condiciones climáticas no adecuadas que se presentaron durante el desarrollo de la investigación (17,08°C de temperatura y 75,8% de humedad relativa), en comparación con 10-15°C y 100%, de temperatura y humedad relativa, respectivamente (CIMMYT, 2012).

#### **4.1.3 Severidad del virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV) en la variedad Scarlett.**

El análisis de varianza realizado para la variable severidad del virus del enanismo amarillo (Tabla 14), no detectó diferencias estadísticas entre tratamientos, es decir, el virus afectó de forma similar a todos los tratamientos.

**Tabla 14.** Análisis de varianza para la variable severidad del virus del enanismo amarillo, en la variedad Scarlett. La Pradera-Chaltura, 2012.

F de V	SC	GI	CM	F. cal	F. Tab	
					5%	1%
Total	12,00	20				
Bloque	5,43	2	2,72	6,18 *	3,89	6,93
Tratamientos	1,33	6	0,22	0,50 <sup>ns</sup>	3,00	4,82
Fungicidas (F)	0,44	2	0,22	0,50 <sup>ns</sup>	3,89	6,93
Épocas (E)	0,50	1	0,50	1,14 <sup>ns</sup>	4,75	9,33
FxE	0,00	2	0,00	0,00 <sup>ns</sup>	3,89	6,93
T vs Resto	0,39	1	0,39	0,89 <sup>ns</sup>	4,75	9,33
Error Exp	5,24	12	0,44			

ns no significativo  
 \* significativo al 5%  
 CV 16,58%  
 $\bar{X}$  4

La severidad promedio de 4 del virus del enanismo amarillo, en la escala de 1 a 9 de Saari-Prescott citada por el CIMMYT (2012), representa 20% de disminución del rendimiento, hecho que en gran parte, explicaría el bajo rendimiento registrado en la variedad.

El coeficiente de variación fue de 16,58%, considerado adecuado para esta clase de estudios, establece que los resultados obtenidos son confiables.

#### **4.1.4 Severidad del virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV) en la variedad Metcalfe.**

El análisis de varianza realizado para la variable severidad del virus del enanismo amarillo (Tabla 15), no detectó diferencias estadísticas entre tratamientos, resultado que se interpreta que el virus también afectó de forma similar a todos los tratamientos en esta variedad.

**Tabla 15.** Análisis de varianza para la variable severidad del virus del enanismo amarillo (BYDV), en la variedad Metcalfe. La Pradera-Chaltura, 2012.

F de V	SC	Gl	CM	F. cal	F. Tab	
					5%	1%
Total	12,57	20				
Bloque	5,43	2	2,72	6,18 *	3,89	6,93
Tratamientos	1,90	6	0,32	0,73 <sup>ns</sup>	3,00	4,82
Fungicidas (F)	1,00	2	0,50	1,14 <sup>ns</sup>	3,89	6,93
Épocas (E)	0,06	1	0,06	0,14 <sup>ns</sup>	4,75	9,33
FxE	0,77	2	0,39	0,89 <sup>ns</sup>	3,89	6,93
T vs Resto	0,07	1	0,07	0,16 <sup>ns</sup>	4,75	9,33
Error Exp	5,24	12	0,44			

ns no significativo  
 \* significativo al 5%  
 CV 17,18%  
 $\bar{X}$  3,86

El valor de 3,86 de severidad promedio del virus del enanismo amarillo, en la escala de 1 a 9 de Saari-Prescott citada por el CIMMYT (2012), representa 20% de disminución del rendimiento, aspecto que explicaría, en gran parte, el bajo rendimiento de la variedad registrado en el experimento. El coeficiente de variación de 17,18%, se considera adecuado.

#### 4.1.5 Rendimiento en la variedad Scarlett

El análisis de varianza realizado para la variable rendimiento, no detectó diferencias estadísticas entre tratamientos (Tabla 16); es decir, los rendimientos registrados en los tratamientos T1 al T6, son estadísticamente similares al tratamiento T7 (testigo sin aplicación de fungicida), interpretándose que el cultivo no fue afectado por la baja incidencia de las royas y por la resistencia parcial de la variedad (INIAP, 2010).

Por lo anotado, el rendimiento promedio de la variedad Scarlett de 1,65 t/ha obtenido en el experimento, inferior a su rendimiento potencial de 4 ton/ha,

probablemente se debería a factores ambientales y a la severidad del virus del enanismo amarillo.

El coeficiente de variación de 34,28%, se considera alto para la variable rendimiento.

**Tabla 16.** Análisis de varianza de la variable rendimiento en la variedad Scarlett. La Pradera-Chaltura, 2012.

F de V	SC	Gl	CM	F. cal	F. Tab	
					5%	1%
Total	7,18	20				
Bloque	2,50	2	1,25	3,91 *	3,89	6,93
Tratamientos	0,88	6	0,14	0,44 <sup>ns</sup>	3,00	4,82
Fungicidas (F)	0,24	2	0,12	0,38 <sup>ns</sup>	3,89	6,93
Épocas (E)	0,15	1	0,15	0,47 <sup>ns</sup>	4,75	9,33
FxE	0,07	2	0,04	0,41 <sup>ns</sup>	3,89	6,93
T vs Resto	0,41	1	0,41	1,28 <sup>ns</sup>	4,75	9,33
Error Exp	3,81	12	0,32			

ns no significativo  
 \* significativo al 5%  
 CV 34,28%  
 $\bar{X}$  1,65 ton/ha

**Tabla 17.** Rendimiento promedio registrado en la variedad Scarlett.

TRATAMIENTOS			MEDIA
N°	Fungicida + época de aplicación		(ton/ha)
T1	Propiconazole	0% de infección	1,70
T2	Azoxistrobina	0% de infección	1,42
T3	Benomil	0% de infección	1,72
T4	Propiconazole	10% de infección	1,98
T5	Azoxistrobina	10% de infección	1,69
T6	Benomil	10% de infección	1,73
T7	Testigo	Libre infección	1,31

#### 4.1.6 Rendimiento en la variedad Metcalfe

En la Tabla 18, los resultados del análisis de varianza de la variable rendimiento, indican que no existen diferencias significativa entre tratamientos. Este resultado se interpreta que los rendimientos registrados en los tratamientos T1 al T6, son estadísticamente similares al tratamiento T7 (testigo sin aplicación de fungicida).

El rendimiento promedio de 1,42 ton/ha, es inferior al rendimiento potencial de la variedad de 4 t/ha. El coeficiente de variación de 35,91%, es considerado alto para la variable rendimiento.

Al respecto, cabe mencionar los mismos argumentos realizados para la variedad Scarlett, en relación al bajo rendimiento de esta variedad en el experimento.

**Tabla 18.** Análisis de varianza para la variable rendimiento, en la variedad Metcalfe. La Pradera-Chaltura, 2012.

F de V	SC	Gl	CM	F. cal	F. Tab	
					5%	1%
Total	5,68	20				
Bloque	1,62	2	0,81	3,12 <sup>ns</sup>	3,89	6,93
Tratamientos	0,91	6	0,15	0,58 <sup>ns</sup>	3,00	4,82
Fungicidas (F)	0,39	2	0,20	0,77 <sup>ns</sup>	3,89	6,93
Épocas (E)	0,03	1	0,03	0,12 <sup>ns</sup>	4,75	9,33
FxE	0,28	2	0,14	0,54 <sup>ns</sup>	3,89	6,93
T vs Resto	0,21	1	0,21	0,82 <sup>ns</sup>	4,75	9,33
Error Exp	3,15	12	0,26			

ns no significativo  
 CV 35,91%  
 $\bar{X}$  1,42 ton/ha

**Tabla 19.** Rendimientos promedios registrados en la variedad Metcalfe.

TRATAMIENTOS			MEDIA
N°	Fungicida + época de aplicación		(ton/ha)
T1	Propiconazole	0% de infección	1,43
T2	Azoxistrobina	0% de infección	1,49
T3	Benomil	0% de infección	1,33
T4	Propiconazole	10% de infección	1,17
T5	Azoxistrobina	10% de infección	1,82
T6	Benomil	10% de infección	1,51
T7	Testigo	Libre infección	1,17

#### 4.1.7 Análisis Económico según el CIMMYT (1988), para la variedad Scarlett.

El análisis económico de presupuesto parcial, realizado para la variedad Scarlett, (Tablas: 20, 21, 22 y Figura 8), establece que el tratamiento T4 (Propiconazole aplicado con 10% de severidad de roya), es el más rentable por su tasa de retorno marginal de 39,98%.

**Tabla 20.** Presupuesto parcial para la variedad Scarlett. La Pradera-Chaltura, 2012.

	TRATAMIENTOS						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
<b>Rendimiento ton/ha</b>	1,70	1,42	1,72	1,98	1,69	1,73	1,31
<b>Rendimiento ajustado ton/ha</b>	1,62	1,35	1,63	1,88	1,61	1,64	1,24
<b>Beneficio neto en campo (USD)</b>	680,00	568,00	688,00	792,00	676,00	692,00	524,00
<b>Costos de mano de obra de aplicación de fungicidas (USD)</b>	15	15	15	15	15	15	0
<b>Costo de dosis de los fungicidas (USD)</b>	13,69	12,45	11,25	13,69	12,45	11,25	0
<b>Total de costos que varían</b>	28,69	27,45	26,25	28,69	27,45	26,25	0
<b>Beneficio neto</b>	651,31	540,55	661,75	763,31	648,55	665,75	524,00

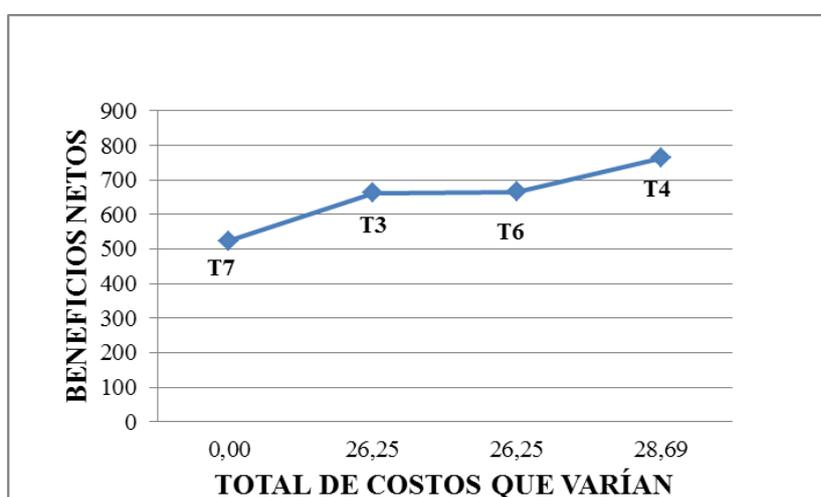
El precio de la cebada maltera Scarlett fue de 20,00 dólares el quintal de 50 kg.

**Tabla 21.** Análisis de dominancia para la variedad Scarlett. La Pradera-Chaltura, 2012.

Tratamientos	Código	Total de costos que varían (\$/ha)	Beneficio neto (\$/ha)	
T7	e <sub>0</sub> f <sub>0</sub>	0,00	524,00	
T3	e <sub>1</sub> f <sub>3</sub>	26,25	661,75	
T6	e <sub>2</sub> f <sub>3</sub>	26,25	665,75	
T2	e <sub>1</sub> f <sub>2</sub>	27,45	540,55	D
T5	e <sub>2</sub> f <sub>2</sub>	27,45	648,55	D
T1	e <sub>1</sub> f <sub>1</sub>	28,69	651,31	D
T4	e <sub>2</sub> f <sub>1</sub>	28,69	763,31	

**Tabla 22.** Análisis marginal para la variedad Scarlett. La Pradera-Chaltura, 2012.

Tratamientos	Total de costos que varían (\$/ha)	Costo marginal	Beneficio neto (\$/ha)	Beneficio marginal	Tasa de retorno marginal (%)
T7	0,00	0,00	524,00	0,00	0,00
T3	26,25	26,25	661,75	137,75	5,25
T6	26,25	0,00	665,75	4,00	0,00
T4	28,69	2,44	763,31	97,56	39,98



**Figura 8.** Curva de beneficios netos para la variedad Scarlett.

El Figura 8, la curva de beneficio neto, con pendiente positiva, evidencia que el tratamiento T4 presenta 39,98% de retorno marginal; es decir, por cada dólar que se invierte, se recupera, el dólar invertido más 2,99 dólares adicionales.

#### 4.1.8 Análisis Económico según el CIMMYT (1988), para la variedad Metcalfe.

El análisis económico de presupuesto parcial, realizado para la variedad Metcalfe, (Tablas: 23, 24, 25 y Figura 9), establece que el tratamiento T5 (Azoxistrobina con 10% de severidad de roya), es el más rentable por su tasa de retorno marginal de 102,33%.

**Tabla 23.** Presupuesto parcial para la variedad Metcalfe. La Pradera-Chaltura, 2012.

	TRATAMIENTOS						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
<b>Rendimiento ton/ha</b>	1,43	1,49	1,33	1,17	1,82	1,51	1,17
<b>Rendimiento ajustado ton/ha</b>	1,36	1,42	1,26	1,66	1,73	1,43	1,11
<b>Beneficio neto en campo (USD)</b>	572,00	596,00	532,00	468,00	728,00	604,00	468,00
<b>Costos de mano de obra de aplicación de fungicidas (USD)</b>	15	15	15	15	15	15	0
<b>Costo de dosis de los fungicidas (USD)</b>	13,69	12,45	11,25	13,69	12,45	11,25	0
<b>Total de costos que varían</b>	28,69	27,45	26,25	28,69	27,45	26,25	0
<b>Beneficio neto</b>	543,31	568,55	505,75	439,31	700,55	577,75	468,00

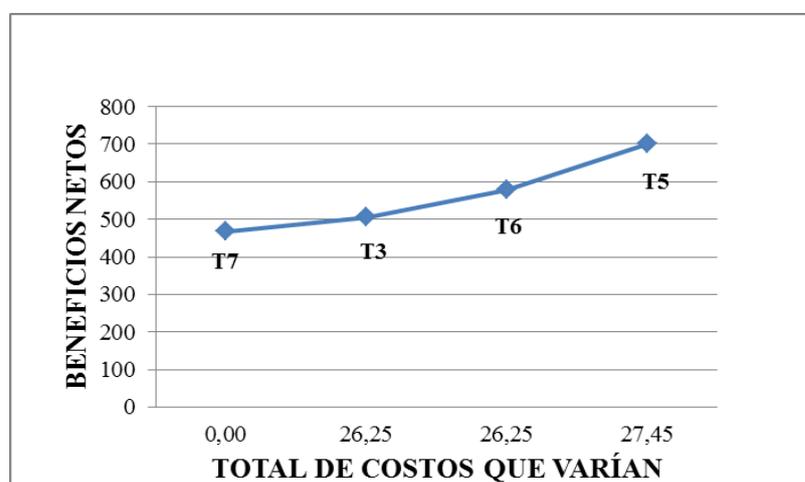
El precio de la cebada maltera Metcalfe fue de 20,00 dólares el quintal de 50 kg.

**Tabla 24.** Análisis de dominancia para la variedad Metcalfe. La Pradera-Chaltura, 2012.

Tratamientos	Código	Total de costos que varían (\$/ha)	Beneficio neto (\$/ha)	
T7	e <sub>0</sub> f <sub>0</sub>	0,00	468,00	
T3	e <sub>1</sub> f <sub>3</sub>	26,25	505,75	
T6	e <sub>2</sub> f <sub>3</sub>	26,25	577,75	
T2	e <sub>1</sub> f <sub>2</sub>	27,45	568,55	D
T5	e <sub>2</sub> f <sub>2</sub>	27,45	700,55	
T1	e <sub>1</sub> f <sub>1</sub>	28,69	543,31	D
T4	e <sub>2</sub> f <sub>1</sub>	28,69	439,31	D

**Tabla 25.** Análisis marginal para la variedad Metcalfe. La Pradera-Chaltura, 2012.

Tratamientos	Total de costos que varían (\$/ha)	Costo marginal	Beneficio neto (\$/ha)	Beneficio marginal	Tasa de retorno marginal (%)
T7	0,00	0,00	468,00	0,00	0,00
T3	26,25	26,25	505,75	37,75	1,44
T6	26,25	0,00	577,75	72,00	0,00
T5	27,45	1,20	700,55	122,80	102,33



**Figura 9.** Curva de beneficios netos para la variedad Metcalfe.

En la Figura 9, la curva de beneficio neto con pendiente positiva, evidencia que el tratamiento T5 presenta 102,33 % de retorno marginal; es decir, en este tratamiento, por cada dólar invertido se recuperará el dólar invertido, más 9,02 dólares adicionales.

## **4.2 Discusión**

Los bajos niveles de severidad de roya de la hoja, la ausencia de roya amarilla y los rendimientos, estadísticamente similares, registrados en los tratamientos en las dos variedades (Tablas 26 y 27), no permitieron determinar la eficiencia de control de los fungicidas Propiconazole, Azoxistrobina y Benomil.

La severidad baja de roya de la hoja y la ausencia de roya amarilla, se aduce a que las condiciones ambientales que se presentaron durante la ejecución del experimento, no fueron adecuadas para el desarrollo de la enfermedad, 17,08°C de temperatura y 75,8% de humedad relativa, en comparación con 10-15°C de temperatura y de 100% de humedad relativa, reportados por el CIMMYT (2012).

Además, la resistencia parcial de las dos variedades de cebada (INIAP, 2010), se considera que también influyó en la severidad baja de la roya de la hoja y en la ausencia de la roya amarilla.

Al respecto, Rowell (1982) reporta que 15% de severidad de estas royas, causa pérdidas de 3 a 10% de rendimiento en variedades susceptibles, hecho que posiblemente no sucedió en las variedades Scarlett y Metcalfe que poseen resistencia parcial (INIAP, 2010).

En relación al virus BYDV, los valores de severidad promedio de 4, registrado en las dos variedades, la literatura indica que representa pérdidas de 20% de rendimiento, hecho que se asume fue lo que influyó en los rendimientos promedios bajos de 1,65 y 1,42 ton/ha registrados en Scarlett y Metcalfe, respectivamente, en relación al rendimiento óptimo de 4 ton/ha, para las dos variedades, reportado por INIAP (2010).

Por otra parte, al considerar la precipitación de 135,1 mm registrada durante el desarrollo del cultivo y los 312,12 mm aportados por el riego, para un total de 447, 22 mm, se establece que los requerimientos hídricos estuvieron cerca al límite inferior del intervalo de 400 a 600 mm requeridos, por lo cual se podría asumir como una más de las causas que contribuyeron a los bajos rendimientos registrados en las dos variedades.

Al respecto, González (2001) menciona que las condiciones climáticas en las que se desarrolla el cultivo, influyen directamente en el rendimiento, puntualiza que el estrés hídrico durante el período de encañado y de espigado, puede reducir considerablemente el rendimiento de la cebada.

Un aspecto importante que muestran los resultados obtenidos es que, si bien los beneficios netos establecen que los tratamientos T4 (Propiconazole aplicado con 10% de severidad de roya) y T5 (Azoxistrobina con 10% de severidad de roya), son los más rentables en las variedades Scarlett y Metcalfe, respectivamente, por su tasa de retorno marginal de 39,98% y de 102,33%, en su orden, los rendimientos (estadísticamente similares) obtenidos en las dos variedades, determina que los tratamientos que contienen a los fungicidas, no influyeron en el rendimiento, en relación al tratamiento testigo sin fungicida. Esta es la principal razón considerada para concluir que no fue posible determinar la eficiencia de control de los fungicidas.

Finalmente, los resultados obtenidos sugieren que, la baja severidad de las royas registrada en los tratamientos, no afectó significativamente los rendimientos y que la severidad de grado 4 del virus del enanismo amarillo, fue la que más afectó el rendimiento en 20%, seguida por estrés hídrico parcial.

**Tabla 26.** Datos promedio de severidad de *Puccinia hordei*, *Puccinia striiformis*, virus BYDV, rendimiento (ton/ha) y análisis económico para la variedad Scarlett. La Pradera-Chaltura, 2012.

Tratamientos		Incidencia de:				Rendimiento (t/ha)	Análisis económico		
Nº	Código	<i>Puccinia hordei</i> (%)	<i>Puccinia striiformis</i> (%)		Virus BYDV (escala 1-9)		Beneficio neto (\$/ha)	Dominancia	Tasa de retorno (%)
			Hoja	Espiga					
T1	e <sub>1</sub> f <sub>1</sub>	10 a	0	0	4 a	1,70 a	651,31	D	0,00
T2	e <sub>1</sub> f <sub>2</sub>	10 a	0	0	4 a	1,42 a	540,55	D	0,00
T3	e <sub>1</sub> f <sub>3</sub>	15 a	0	0	4 a	1,72 a	661,75		5,25
T4	e <sub>2</sub> f <sub>1</sub>	10 a	0	0	4 a	1,98 a	763,31		39,98
T5	e <sub>2</sub> f <sub>2</sub>	15 a	0	0	4 a	1,69 a	648,55	D	0,00
T6	e <sub>2</sub> f <sub>3</sub>	15 a	0	0	4 a	1,73 a	665,75		0,00
T7	e <sub>0</sub> f <sub>0</sub>	30 b	0	0	4 a	1,31 a	524,00		0,00
CV		24,67			16,58	34,28			
$\bar{X}$		15,00			4,00	1,65			

**Tabla 27.** Datos promedios de severidad de *Puccinia hordei*, *Puccinia striiformis*, virus BYDV, rendimiento (ton/ha) y análisis económico para la variedad Metcalfe. La Pradera-Chaltura, 2012.

Tratamientos		Incidencia de:				Rendimiento (t/ha)	Análisis económico		
Nº	Código	<i>Puccinia hordei</i> (%)	<i>Puccinia striiformis</i> (%)		Virus BYDV (escala 1-9)		Beneficio neto (\$/ha)	Dominancia	Tasa de retorno (%)
			Hoja	Espiga					
T1	e <sub>1</sub> f <sub>1</sub>	10 a	0	0	4 a	1,43 a	543,31	D	0,00
T2	e <sub>1</sub> f <sub>2</sub>	10 a	0	0	4 a	1,49 a	568,55	D	0,00
T3	e <sub>1</sub> f <sub>3</sub>	15 a b	5	0	4 a	1,33 a	505,75		1,44
T4	e <sub>2</sub> f <sub>1</sub>	15 a b	0	0	3 a	1,17 a	439,31	D	0,00
T5	e <sub>2</sub> f <sub>2</sub>	20 a b	0	0	4 a	1,82 a	700,55		102,33
T6	e <sub>2</sub> f <sub>3</sub>	20 a b	0	0	4 a	1,51 a	577,75		0,00
T7	e <sub>0</sub> f <sub>0</sub>	30 b	0	0	4 a	1,17 a	468,00		0,00
CV		33,38			17,18	35,91			
$\bar{X}$		17,14			3,86	1,42			

# **CAPÍTULO V**

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 Conclusiones**

Con base a los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

- No fue posible determinar la eficiencia de control de los fungicidas.
  
- Entre los factores que influyeron en la obtención de este resultado negativo fueron: la incidencia baja de la roya de la hoja y la ausencia de la roya amarilla, debido a condiciones climáticas adversas que se presentaron durante el desarrollo del cultivo, en especial a déficit hídrico.

## **5.2 Recomendaciones**

De acuerdo a las conclusiones obtenidas se realiza la siguiente recomendación:

- Evaluar la eficiencia de control de los fungicidas en una zona apta para el desarrollo del cultivo de cebada maltera, alta incidencia de las royas, presencia de condiciones climáticas adecuadas para el desarrollo de la enfermedad y ausencia del virus del enanismo amarillo (BYDV).
- Se recomienda para investigaciones futuras sobre eficiencia de fungicidas realizar con variedades de cebada maltera susceptibles a las royas.

# **CAPÍTULO VI**

## **ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EsIA)**

### **6.1 Introducción**

El uso de fungicidas para el control de roya en dos variedades de cebada maltera, pueden producir impactos ambientales positivos o negativos. Entre los positivos tendríamos generación de empleo, mano de obra, ingresos para la población, rotación de cultivos, industrialización de la cebada maltera y entre los negativos estarían el uso de fungicidas, fertilizantes y pérdida de fertilidad del suelo. Con el fin de mitigar estos impactos negativos, este estudio pretende proponer un plan de manejo sustentable del cultivo.

### **6.2 Objetivos**

#### **6.2.1 General**

Conocer los efectos e impactos ambientales que ocasionó la investigación “RESPUESTA DE TRES FUNGICIDAS EN EL CONTROL DE LA ROYA (*Puccinia hordei* G.H. Otth y *Puccinia striiformis* Westend.) EN CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) VARIEDADES MALTERAS SCARLETT Y METCALFE EN CHALTURA – IMBABURA”

#### **6.2.2 Específicos**

Determinar el área de influencia directa.

Determinar el área de influencia indirecta.

Caracterizar los componentes bióticos, abióticos y socioeconómicos.

Evaluar los impactos positivos y negativos.

Establecer las medidas para reducir el impacto ambiental.

### **6.3 Marco Legal**

Constitución política de la República del Ecuador aprobada en el registro oficial No 449 de 20 de octubre del 2008.

Sección segunda Ambiente sano

**Art. 14.-** Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

El Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS) manifiesta:

**Art 13.-** El objetivo del proceso de Evaluación de Impactos Ambientales es garantizar que los funcionarios públicos y la sociedad en general tengan acceso, en forma previa a la decisión sobre su implementación o ejecución, a la información ambiental trascendente, vinculada con cualquier actividad o proyecto. Aparte de ello, en el referido proceso de Evaluación de Impactos Ambientales deben determinarse, describirse y evaluarse los potenciales impactos y riesgos respecto a las variables relevantes del medio físico, biótico, socio – cultural, así como otros aspectos asociados a la salud pública y al equilibrio de ecosistemas.

**Mediante el Art. 22** De la Prevención y Control de la Contaminación de los Suelos el MAG puede limitar, regular, o prohibir el empleo de sustancias, contaminantes en las explotaciones agropecuarias que den un mal uso a los productos utilizados en las diferentes actividades ya que pueden causar contaminación para el medio ambiente.

**Art. 22.-** (Ley de Aguas) Prohíbese toda contaminación de las aguas que afecte a la salud humana o al desarrollo de la flora o de la fauna.

#### **6.4 Descripción del proyecto**

El estudio “RESPUESTA DE TRES FUNGICIDAS EN EL CONTROL DE LA ROYA (*Puccinia hordei* G.H. Otth y *Puccinia striiformis* Westend.) EN CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) VARIEDADES MALTERAS SCARLETT Y METCALFE EN CHALTURA – IMBABURA” tuvo como objetivo determinar el mejor fungicida y época de aplicación en las dos variedades de cebada maltera (*Hordeum vulgare* L.), para establecer cuál variedad presentó menor incidencia de roya.

##### **6.4.1 Áreas de influencia**

###### **Áreas de influencia directa (AID)**

El área de influencia directa correspondió al sitio donde se realizó la investigación con una superficie de 775,00 m<sup>2</sup>.

###### **Área de Influencia Indirecta (AII)**

El área de influencia indirecta correspondió a los sectores de Chaltura debido a algunos son aptos para el cultivo de cebada maltera.

##### **6.4.2 Caracterización del ambiente**

En la parroquia en donde se realizó el proyecto se registran temperaturas promedio de 17 °C, una humedad relativa de 74% y precipitación media anual de 600 mm.

Se encontró especies de animales silvestres tales como son: *Podarcis muralis*, *Hirundo rustica*, *Streptopelia turtur*, *Coragyps atratus*, etc.

Además especies silvestres de flora como son: *Tecoma stans*, *Hibiscus rosa-sinensis*, *Caesalpinia spinosa* entre otras y especies introducidas como es el caso de *Eucalyptus globulus*, *Persea americana*, *Citrus limon*, *Prunus persica*, *Citrus nobilis* etc.

Por otra parte el ensayo estuvo ubicado en un campus de estudio, de trabajo y actividad económica.

## 6.5 Evaluación del impacto

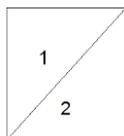
Se utilizó el método de la matriz de Leopold, que consiste en una evaluación cuantitativa y cualitativa de los impactos que generó la investigación.

### 6.5.1 Calificación

Baja: 1

Media: 2

Alta: 3



1= importancia del impacto

2= magnitud del impacto

## 6.5.2 Identificación de impactos

Tabla 28. Matriz de identificación de impactos

COMPONENTES		ACCIONES												
		DELIMITACIÓN DEL TERRENO	PREPARACIÓN DEL SUELO	ARADA	RASTRA	INSTALACIÓN DEL ENSAYO	SIEMBRA	TOMA DE VARIABLES	MANEJO DEL CULTIVO	RIEGO	DESHIERBAS	CONTROLES FITOSANITARIOS	COSECHA	
ABIÓTICO	SUELO	Erosión		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
		Calidad del suelo		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
	AGUA	Calidad del agua		X			X	X		X	X	X	X	
		Aguas superficiales		X			X	X		X	X	X	X	
	AIRE	Calidad del aire		X									X	
Olores			X									X		
BIÓTICO	FLORA	Vegetación arbórea		X	X	X					X	X	X	
		Áreas de regeneración		X	X	X					X	X	X	
	FAUNA	Aves		X	X						X	X	X	
		Diversidad		X	X						X	X	X	
	MICROFLORA	Calidad			X	X		X		X	X		X	
		Conservación			X	X		X		X	X		X	
	MICROFAUNA	Calidad		X	X			X		X	X		X	
		Conservación		X	X			X		X	X		X	
CULTIVO	Plagas		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Enfermedades		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
SOCIOECONÓMICO	SALUD	Infecciones											X	
	EMPLEO	Requerimiento de mano de obra	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X
	CALIDAD DE PRODUCCIÓN	Manejo del cultivo		X	X	X		X	X	X	X	X	X	
	INGRESOS ECONÓMICOS	Cosecha	X										X	X

### 6.5.3 Evaluación de impactos

Tabla 29. Matriz de evaluación de impactos ambientales por el método de Leopold

COMPONENTES		ACCIONES													AFECTACIONES POSITIVAS		AFECTACIONES NEGATIVAS		AGREGACIÓN DE IMPACTOS
		DELIMITACIÓN DEL TERRENO	PREPARACIÓN DEL SUELO	ARADA	RASTRA	INSTALACIÓN DEL ENSAYO	SIEMBRA	TOMA DE VARIABLES	MANEJO DEL CULTIVO	RIEGO	DESHIERBAS	CONTROLES FITOSANITARIOS	COSECHA						
ABIÓTICO	SUELO	Erosión	-3	2	2	1	3		2	2	1	2	3	7	-5				
		Calidad del suelo	1	-2	-2	1	3		2	-1	-2	-1	3	7	-5				
	AGUA	Calidad del agua	-1			2	3		2	2	1	2	4	3	15				
		Aguas superficiales	1			2	3		2	-1	1	-1	4	3	15				
AIRE	Calidad del aire	1									2	0	2	-5					
	Olores	-1									-2	0	2	-5					
BIÓTICO	FLORA	Vegetación arbórea	1	1	2				2	2	2	2	2	4	-6				
		Áreas de regeneración	-2	-2	-1				1	1	-2		2	4	-6				
	FAUNA	Aves	2	1					2	2	2	2	2	3	-3				
		Diversidad	-2	-1					1	2	-2		2	3	-3				
	MICROFLORA	Calidad		2	2		3		2	2		2	3	3	5				
		Conservación		-2	-2		3		2	2		-2	3	3	5				
	MICROFAUNA	Calidad	-1	2			3		2	2		2	3	3	4				
		Conservación	3	-2			3		2	2		-3	3	3	4				
	CULTIVO	Plagas	-3	2	2	3	3	3	3	3	3	2	3	10	1	66			
		Enfermedades	3	2	2	3	3	3	3	3	3	2	3	10	1	66			
SOCIOECONÓMICO	SALUD	Infecciones									2	-3	0	1	-6				
		Requerimiento de mano de obra	3	3	3	3	2	2	3		2	3	9	1	57				
	CALIDAD DE PRODUCCIÓN	Manejo del cultivo	2	2	2		3	3	2	2	3	2	8	1	40				
		Cosecha	2								2	3	2	1	13				
AFECTACIONES POSITIVAS		1	2	3	3	4	7	3	7	6	6	1	3	COMPROBACIÓN					
AFECTACIONES NEGATIVAS		-1	7	5	3	0	0	0	0	2	1	10	1						
AGREGACIÓN DE IMPACTOS		0	-11	2	7	23	58	22	38	21	24	-34	25	175					

## **6.6 Interpretación de la matriz de evaluación de impactos**

Al analizar la evaluación de impactos se pudo apreciar que la mayoría de los aspectos son impactos positivos, inclusive la puntuación más alta que es 66 la tiene el cultivo, lo que demostró que el trabajo investigado fue ambientalmente viable.

## **6.7 Medidas de mitigación**

Manejo adecuado de la maquinaria agrícola en el momento de preparar el terreno e implementar prácticas de conservación de suelos.

Identificar las especies nativas para su adecuado manejo y conservación.

Aplicación adecuada de los fungicidas en el control de enfermedades.

Realizar un control integrado de plagas.

Establecer sistemas de rotación de cultivos.

Fertilización orgánica de suelos para mantener su fertilidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- AFECOR. (2011). *Guía técnica Pamona*<sup>®</sup>. Consultado 05 julio 2012. Recuperado de: <http://afecor.com/propiconazole.php>
- Agro siembra. (2010). *Agricultura*. Consultado 05 julio 2012. Recuperado de: <http://www.agrosiembra.com/nc=BENOMIL-21>
- Agro siembra. (2011). *Agricultura*. Consultado 05 julio 2012. Recuperado de: [http://www.agrosiembra.com/nc=AMISTAR\\_XTRA\\_\\_28\\_SC-14](http://www.agrosiembra.com/nc=AMISTAR_XTRA__28_SC-14)
- Alberione, E; Donaire, G; Bainotti, C; Arburúa, M. (2011). *Fungicidas foliares en trigo aplicados en distintos momentos para controlar mancha amarilla y roya anaranjada*.
- Alemandri, V y Truol, G. (2009). *Enfermedades virales asociadas al cultivo de trigo en Argentina*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Buenos Aires. pp 21-29.
- BCE. (2010). *División de Comercio Exterior*. Banco Central del Ecuador. Quito. Consultado 10 de mayo 2012. Recuperado de: [http://www.portal.bce.fin.ec/vto\\_bueno/ComercioExterior.jsp](http://www.portal.bce.fin.ec/vto_bueno/ComercioExterior.jsp)
- Browder, L. (1971). *Pathogenic specialization in cereal rust fungi, especially Puccinia hordei: Concepts, methods of study and application*. USDA. Tech. Bull.1432. Washington. 51 pp.
- Bustamante, et al. (1997). *Densidad de siembra en cebadas de ciclo corto*. Menorca, Centro de Capacitación y Experiencias Agrarias de Mahón de España. Información Técnica N° 2.
- Carmona, M; Reis, M; Cortese. (2007). *Royas del Trigo: Diagnóstico, epidemiología y estrategias de control*. Medellín, Carmona. p.21.
- Castañeda, M. et al, (2004). *Crecimiento y Desarrollo de Cebada y Trigo*. Revista Fitotecnia Mexicana 27(2):167-175.
- Cathme, M. (2012). *Parámetros de evaluación y selección en Cereales*. Quito, Ecuador: INIAP.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, MX). (1992). *Las royas del trigo: Conceptos y métodos para el manejo de esas enfermedades*. México. p 81.

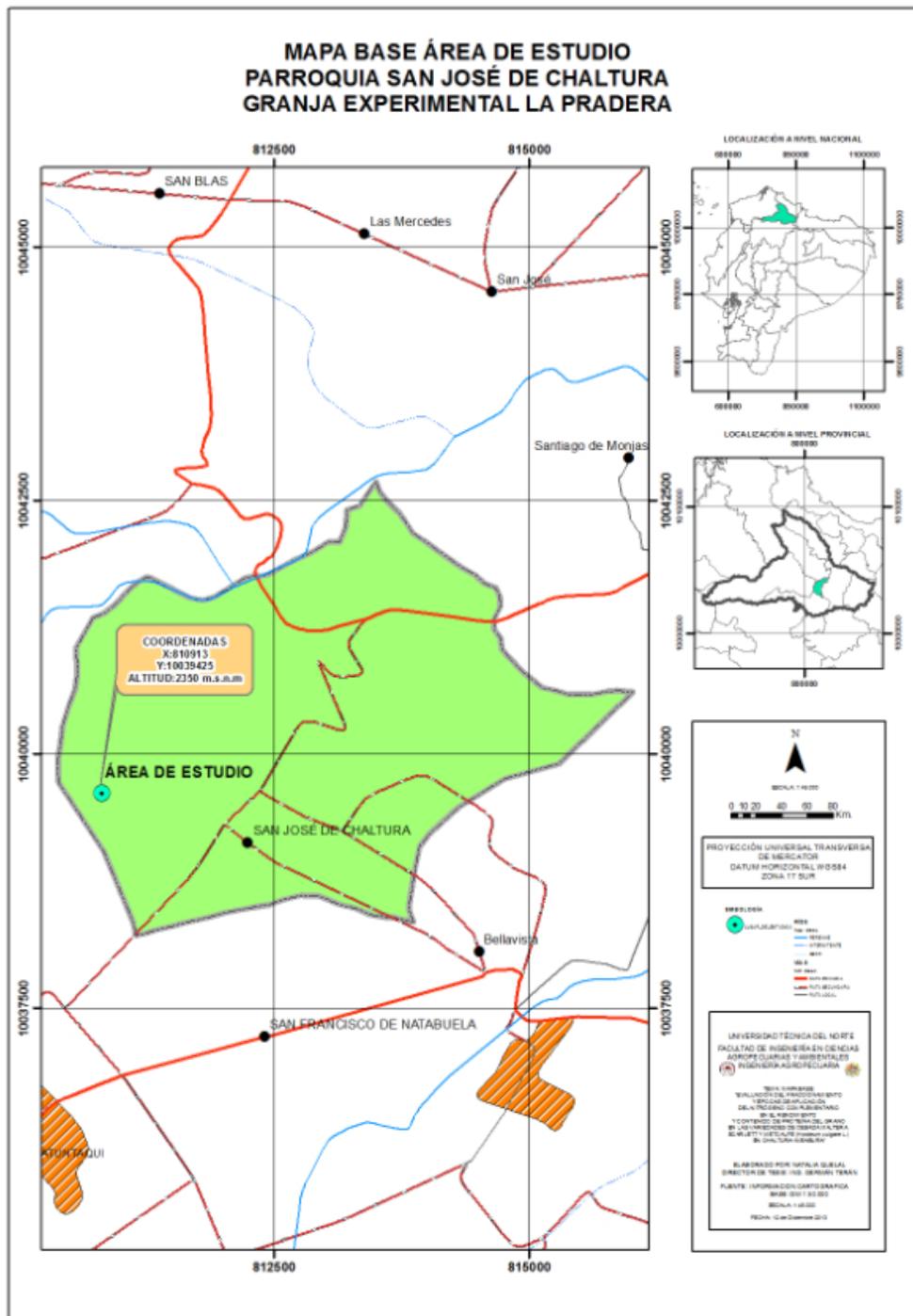
- CIMMYT. (2012). Consultado 28 mayo 2013. Recuperado de: <http://wheatdoctor.org/es/component/content/article/139-espanol/plagas-y-enfermedades/314-roya-lineal>
- CIMMYT. (2012). Consultado 28 de mayo 2012. Recuperado de: <http://wheatdoctor.cimmyt.org/es/plagas-y-enfermedades/lista/122?task=view>
- CIMMYT. (2012). Consultado 03 junio 2012. Recuperado de: <http://wheatdoctor.org/es/plagas-y-enfermedades/lista/139-espanol/plagas-y-enfermedades/181-enanismo-amarillo-de-la-cebada>
- Contreras, E. (2007). *Roya amarilla o polvillo estriado*. Boletín informativo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Chile.
- Cruz, F. (2009). *Resultados de los análisis de laboratorio de variedades de cebada tropicalizadas para Ecuador*. Cervecería Nacional.
- Cuesta, A. (2007). *Control genético de la floración en cebada: caracterización de los principales loci y relación de patrones de espigado con el rendimiento*. Universidad de Lleida. Zaragoza.
- Chase, A. y Febres, Z. (1971). *Primer libro de las gramíneas: la estructura de las gramíneas*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Lima, 109 pp.
- FAO. (2001). *Escala Decimal de Zadoks*. FAO. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/006/X8234S/x8234s05.htm#TopOfPage>
- Falconí, E. (2010). *Informe de actividades 2009 del Convenio INIAP-CORPOINIAP-CERVECERÍA NACIONAL*. Quito.
- Formento, A; Souza, J. (2009). *Roya de la hoja (Puccinia hordei) de la cebada y su respuesta al uso de triazoles en Entre Rios, Argentina*. XV Congreso Latinoamericano y XVIII Congreso Argentino de Fitopatología. Libro de Resúmenes: 256. Santiago de Chile. 12-16 enero.
- García, A. (2008). *Criterios para la fertilización nitrogenada en cultivos de invierno*. INIA, pp 15, 20, 24-25.
- Garófalo, J. (2012). *Evaluación de royas en cebada maltera*. Quito.
- Garófalo, J. (2013). *Evaluación de royas en cebada maltera Estaciones Experimentales del INIAP*. Quito.
- Gobierno Municipal de Antonio Ante. (2013). *Parroquia de San José de Chaltura*. Recuperado de: [http://www.antonioante.gob.ec/web/?page\\_id=26](http://www.antonioante.gob.ec/web/?page_id=26)
- Gobierno Provincial de Imbabura. (2009). *Producción de cebada maltera en Imbabura*. Ibarra.

- González, A. (2001). *Estudio de caracteres fenológicos, agronómicos, morfológicos y fisiológicos en relación con la tolerancia al estrés hídrico en cebada*. Universidad Complutense. Madrid.
- Guerrero, A. (1999). *Cultivos herbáceos extensivos*. Editorial Mundi – Prensa. Madrid.
- Guerrero, A. (2010) *Cultivos herbáceos extensivos*. Editorial Mundi – Prensa. Madrid.
- Gupta, K *et al.* (2004). *Antimitotic antifungal compound benomyl inhibits brain microtubule polymerization and dynamics and cancer cell proliferation at mitosis, by binding to a novel site in tubulin*. *Biochemistry*.
- INIAP. (2000). *Programa de Cebada, Trigo y Quinoa .Generación y desarrollo de tecnología sostenible para la producción de cereales (cebada, trigo, avena, triticale) en Ecuador*. Evaluación de poblaciones segregantes en trigo. Quito, EC. p. 35-38
- INIAP. (2003). *Nuevas variedades de cebada para la Sierra Centro-Norte Ecuatoriana*. Quito, EC: Boletín Divulgativo N° 295.
- INIAP. (2005). *Inventario tecnológico del Programa de Cereales del INIAP*. Quito, EC. p. 39
- INIAP. (2010). *El cultivo de la cebada guía para la producción artesanal de semilla de calidad*. Programa de cereales Estación Experimental Santa Catalina. Boletín Divulgativo N°. 390 pp 8, 9,10.
- INIAP. (2010). *La variabilidad de virus causantes de la enfermedad del enanismo amarillo en cereales de grano pequeño en Santa Catalina*. Quito, EC: Boletín divulgativo N° 4 pp 43-45.
- INPOFOS (Instituto de la Potasa y el Fósforo, Ecuador). (1997). *Manual Internacional de Fertilidad de Suelos: Nitrógeno*. Quito.
- Lacadena, J. (1996). *Citogenética*, Editorial Complutense, Madrid.
- Lafarga, A. (2003). *Requerimientos edafoclimáticos de cebada maltera*. Quito.
- Marathee, J. (1996). *La producción de cebada maltera en el mundo y en América del Sur*. In Primera Reunión Latinoamericana de Cebada Cervecera. FAO. Cochabamba - La Paz.
- Ochoa, J. (1997). *Primer Taller de Preduza en Resistencia Duradera en Cultivos Altos en la zona Andina: La roya amarilla del trigo en Ecuador, aspectos epidemiológicos y de resistencia*. Ed. D Danial. Quito, p. 45-52. Consultado 19 enero 2014. Recuperado de: [http://www.preduza.org/ce1\\_13.htm](http://www.preduza.org/ce1_13.htm)

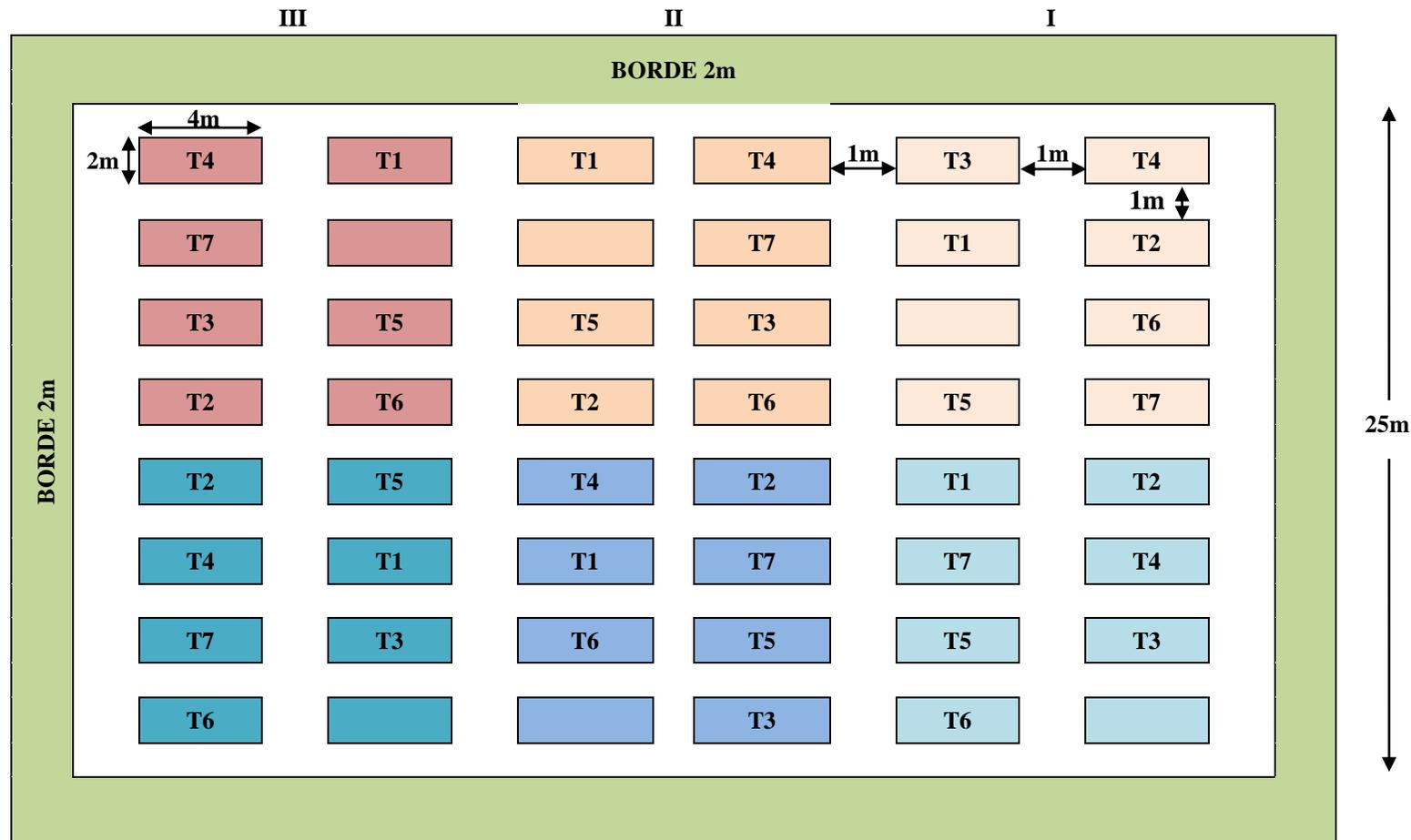
- Ochoa, J; Danial, D; Paucar, B. (2007). *Virulence of wheat yellow rust races and resistance genes of wheat cultivars in Ecuador*. Euphytica Special Edition. 153: 287-293
- Orellana, H; Vega, J; Ruiz, W. (1978). *La roya amarilla de la cebada, enemigo que amenaza*. Boletín Divulgativo N° 97. Quito. p.1-3.
- Pastore, M; Simón, M. y Cordo, C. (2011). *Efecto de la fertilización nitrogenada y la aplicación de fungicidas sobre la severidad de mancha de la hoja, mancha amarilla, roya de la hoja y el rendimiento de la cebada*. Libro de Resúmenes del 2° Congreso Argentino de Fitopatología. Mar del Plata. Julio, 2011.
- Rivadeneira, M. (2002). *Proyecto de Resistencia Duradera para la Zona Andina. Fitomejoramiento contra roya de la hoja en cebada y roya amarilla en trigo de Ecuador*. Programa de Cereales, E.E. Santa Catalina, Quito. p 62.
- Rivadeneira, M. (2005). *Inventario Técnico del Programa de Cereales*. Proyecto: INIAP-DPI-IT-05/2005. Quito.
- Roelfs, A., Singh, R. y Saari, E. (1992). *Las Royas del Trigo*. CIMMYT. México. p 81.
- Rowell, J y Olien, C. (1957). *Controlled inoculation of wheat seedings with urediospores of Puccinia hordei*. Phytopathology 47: 650-655.
- Rowell, J. (1957). *Oil inoculation of wheat with spores of Puccinia hordei*. Phytopathology 47: 689-690.
- Rowell, J. (1982). *Control of wheat stem rust by low receptivity to infection conditioned by a single dominant gene*. Phytopathology 72: 297-299.
- Satorre, E. *et al.* (2003). *Escala de Zadoks FAO - CALISTER*. Recuperado de: <http://www.calister.com.uy/media/zadoks.pdf>
- Stubbs, R. *et al.* (1986). *Manual de Metodología sobre las Enfermedades de los Cereales*. CIMMYT. México. pp 8-11, 18.
- Villacres, E. (1996). *Evaluación de la calidad maltera de la cebada en Ecuador*. In Primera Reunión Latinoamericana de Cebada Cervecera. FAO. Cochabamba - La Paz.
- Zadoks, J y Chang, T. (1974). *A decimal code for the growth stages of cereals*. Weed Research 14, 415-421 and Eucarpia Bulletin No. 7, pp. 49-52.

# **ANEXOS**

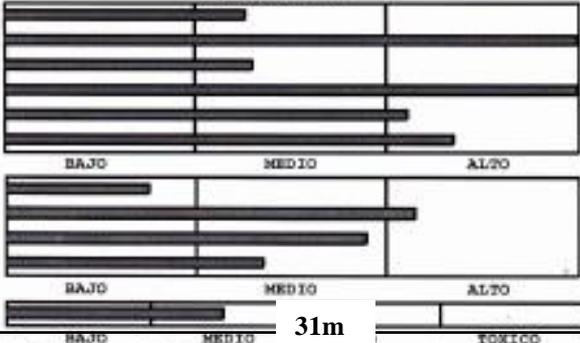
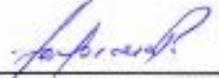
Anexo 1. Mapa de ubicación geográfica del área de estudio



Anexo 2. Distribución de los tratamientos en el sitio experimental. La Pradera-Chaltura, 2012.



Anexo 3. Datos del análisis de suelo. La Pradera-Chaltura, 2012.

	<b>ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"</b> <b>LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS</b> Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340 Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693																																				
<b>REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS</b>																																					
<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b> Nombre : LUIS PONCE Dirección : ANTONIO ANTE Ciudad : Teléfono : Fax :	<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b> Nombre : GRANJA LA PRADERA Provincia : IMBABURA Cantón : ANTONIO ANTE Parroquia : Ubicación :																																				
<b>DATOS DEL LOTE</b> Cultivo Actual : Cultivo Anterior : Fertilización Ant. : Superficie : Identificación :	<b>PARA USO DEL LABORATORIO</b> N° Reporte : 2477 N° Muestra Lab. : 46137 Fecha de Muestreo : 01/02/2012 Fecha de Ingreso : 23/03/2012 Fecha de Salida : 23/07/2012																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Nutriente</th> <th>Valor</th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>N</td><td>38,00</td><td>ppm</td></tr> <tr><td>P</td><td>58,00</td><td>ppm</td></tr> <tr><td>S</td><td>13,00</td><td>ppm</td></tr> <tr><td>K</td><td>1,10</td><td>meq/100 ml</td></tr> <tr><td>Ca</td><td>8,90</td><td>meq/100 ml</td></tr> <tr><td>Mg</td><td>2,70</td><td>meq/100 ml</td></tr> <tr><td>Zn</td><td>1,50</td><td>ppm</td></tr> <tr><td>Cu</td><td>4,60</td><td>ppm</td></tr> <tr><td>Fe</td><td>38,00</td><td>ppm</td></tr> <tr><td>Mn</td><td>8,50</td><td>ppm</td></tr> <tr><td>B</td><td>1,50</td><td>ppm</td></tr> </tbody> </table>	Nutriente	Valor	Unidad	N	38,00	ppm	P	58,00	ppm	S	13,00	ppm	K	1,10	meq/100 ml	Ca	8,90	meq/100 ml	Mg	2,70	meq/100 ml	Zn	1,50	ppm	Cu	4,60	ppm	Fe	38,00	ppm	Mn	8,50	ppm	B	1,50	ppm	<b>INTERPRETACION</b>  <p style="text-align: center; margin-left: 150px;">← 31m</p>
Nutriente	Valor	Unidad																																			
N	38,00	ppm																																			
P	58,00	ppm																																			
S	13,00	ppm																																			
K	1,10	meq/100 ml																																			
Ca	8,90	meq/100 ml																																			
Mg	2,70	meq/100 ml																																			
Zn	1,50	ppm																																			
Cu	4,60	ppm																																			
Fe	38,00	ppm																																			
Mn	8,50	ppm																																			
B	1,50	ppm																																			
pH 6,75 Acidez lat. (Al+H) meq/100 ml Al meq/100 ml Na meq/100 ml CE mmhos/cm MO 2,60 t	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Acido</td> <td style="text-align: center;">Lig. Acid.</td> <td style="text-align: center;">Práctic. Neutra</td> <td style="text-align: center;">Lig. Alc.</td> <td style="text-align: center;">Alcalino</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">ADECUADO</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">LIGERAMENTE TOXICO</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">TOXICO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">No Salino</td> <td style="text-align: center;">Lig. Salino</td> <td style="text-align: center;">Salino</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Muy Salino</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">BAJO</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">MEDIO</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALTO</td> </tr> </table>	Acido	Lig. Acid.	Práctic. Neutra	Lig. Alc.	Alcalino	ADECUADO	LIGERAMENTE TOXICO		TOXICO		No Salino	Lig. Salino	Salino	Muy Salino		BAJO	MEDIO		ALTO																	
Acido	Lig. Acid.	Práctic. Neutra	Lig. Alc.	Alcalino																																	
ADECUADO	LIGERAMENTE TOXICO		TOXICO																																		
No Salino	Lig. Salino	Salino	Muy Salino																																		
BAJO	MEDIO		ALTO																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Cu</th> <th>Mg</th> <th>Ca+Mg</th> <th>(meq/100ml)</th> <th>%</th> <th>ppm</th> <th colspan="3">Clase Textural</th> </tr> <tr> <th>Mg</th> <th>K</th> <th>K</th> <th>Σ Bases</th> <th>NTot</th> <th>Cl</th> <th>Arena</th> <th>Limo</th> <th>Arcilla</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3,3</td> <td>2,5</td> <td>10,5</td> <td>12,7</td> <td></td> <td></td> <td>47</td> <td>38</td> <td>15</td> <td style="text-align: center;">Franco</td> </tr> </tbody> </table>	Cu	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	Clase Textural			Mg	K	K	Σ Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	3,3	2,5	10,5	12,7			47	38	15	Franco									
Cu	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	Clase Textural																															
Mg	K	K	Σ Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla																													
3,3	2,5	10,5	12,7			47	38	15	Franco																												
 RESPONSABLE LABORATORIO	 LABORATORISTA																																				

**Anexo 4.** Costos de producción de una hectárea de cebada.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL/ha (USD)
<b>1.1 Servicios de Laboratorio</b>				
Análisis de Suelo	Unidad	1	40,00	40,00
<b>1.2 Preparación del suelo</b>				
Tractor: (Arada)	Hora	3	20,00	60,00
Tractor: (Rastra)	Hora	2	20,00	40,00
<b>1.3 Semilla</b>				
Semilla	Kg	150	3,00	450,00
<b>2. MANO DE OBRA</b>				
Tapado de semilla (manual)	Jornal	4	12,00	48,00
Fertilización (siembra)	Jornal	2	12,00	24,00
Fertilización (A los 54 días)	Jornal	2	12,00	24,00
Control de malezas (fumigación)	Jornal	2	12,00	24,00
Control de malezas (manual)	Jornal	4	12,00	48,00
<b>3. INSUMOS</b>				
<b>3.1 Fertilizantes</b>				
Fosfato diamónico (18-46-0)	Kg	45	0,99	44,55
Úrea (46-0-0)	Kg	45	0,76	34,20
Sulpomag (0-0-22-11-22)	Kg	45	0,56	25,20
<b>3.2 Control de malezas</b>				
Ally	g	15	0,60	9,00
<b>3.3 Control Fitosanitario</b>				
Propiconazole (Pamona)	lt	1	27,37	27,37
Amistar	g	16	4,98	4,98
Benomil (Benomil 50WP)	g	100	2,25	2,25
Disfol Ph	cc	100	1,50	1,50
<b>4. COSECHA</b>				
Corte manual	Jornal	12	12,00	144,00
Trilla	Saco	80	2,00	160,00
<b>5. POSCOSECHA</b>				
Secado	Jornal	2	12,00	24,00
Ensayado	Jornal	4	12,00	48,00
<b>6. OTROS</b>				
Técnico	Visitas	3	20,00	60,00
<b>Subtotal</b>				<b>1343,05</b>
<b>Imprevistos (10%)</b>				<b>134,31</b>
<b>TOTAL</b>				<b>1477,36</b>

**Anexo 5.** Datos climáticos registrados durante la ejecución del experimento. La Pradera-Chaltura, 2012.

<b>Meses</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Precipitación (mm)</b>	<b>Humedad relativa (%)</b>
Julio	16,8	3,3	75,0
Agosto	16,8	4,7	73,0
Septiembre	17,9	1,1	70,0
Octubre	17,0	66,3	78,0
Noviembre	16,9	59,7	83,0
	<b>X 17,08</b>	<b>Total 135,1</b>	<b>X 75,8</b>

**Anexo 6.** Datos de precipitación, cantidad de agua aplicada por riego y total mensual y por ciclo. La Pradera-Chaltura, 2012.

<b>Meses</b>	<b>JULIO</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>SEPTIEMBRE</b>	<b>OCTUBRE</b>	<b>NOVIEMBRE</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Precipitación registrada (mm)</b>	3,3	4,7	1,1	66,3	59,7	135,1
<b>Cantidad de agua por el riego (mm)</b>	100,98	100,98	110,16	-	-	312,12
<b>Total mensual/ciclo (mm)</b>	104,28	105,68	111,26	66,3	59,7	447,22
<b>Precipitación/ciclo requerida (mm)</b>						400 a 600

**Anexo 7.** Fechas, frecuencia y tiempo de duración del riego. La Pradera-Chaltura, 2012.

<b>Fecha</b>	<b>Detalle</b>	<b>Duración</b>	<b>Volumen de agua aplicado (mm)</b>
2012-07-04	Riego por aspersion	Antes de la siembra	
2012-07-11	Riego por microaspersión	1 hora	18,36
2012-07-16	Riego por microaspersión	1 hora	18,36
2012-07-19	Riego por microaspersión	1 hora	18,36
2012-07-23	Riego por microaspersión	1 hora	18,36
2012-07-31	Riego por microaspersión	1 hora 30 min	27,54
2012-08-03	Riego por microaspersión	1 hora	18,36
2012-08-09	Riego por microaspersión	1 hora	18,36
2012-08-20	Riego por microaspersión	1 hora 30 min	27,54
2012-08-27	Riego por microaspersión	1 hora	18,36
2012-08-31	Riego por microaspersión	1 hora	18,36
2012-09-04	Riego por microaspersión	1 hora	18,36
2012-09-08	Riego por microaspersión	1 hora	18,36
2012-09-12	Riego por microaspersión	1 hora	18,36
2012-09-16	Riego por microaspersión	1 hora 30 min	27,54
2012-09-21	Riego por microaspersión	1 hora 30 min	27,54
<b>Total</b>			<b>312,12</b>

**Anexo 8.** Datos de severidad de *Puccinia hordei* registrados en la variedad Scarlett.

<b>Tratamientos</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>Sumatoria</b>	<b>Media</b>
1	15	10	5	30	10
2	15	10	5	30	10
3	15	15	15	45	15
4	10	15	5	30	10
5	15	15	15	45	15
6	20	20	5	45	15
7	30	30	30	90	30
Sumatoria	120	115	80	315	15
Media	17,14	16,43	11,43		

**Anexo 9.** Datos de severidad de *Puccinia hordei* registrados en la variedad Metcalfe.

Tratamientos	R1	R2	R3	Sumatoria	Media
1	20	5	5	30	10
2	15	20	10	45	15
3	20	20	20	60	20
4	30	10	5	45	15
5	15	10	5	30	10
6	20	20	20	60	20
7	40	30	20	90	30
Sumatoria	160	115	85	360	17,14
Media	22,86	16,43	12,14		

**Anexo 10.** Datos de severidad del virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV), registrados en la variedad Scarlett.

Tratamientos	R1	R2	R3	Sumatoria	Media
1	5	3	4	12	4
2	5	3	4	12	4
3	5	5	3	13	4
4	5	3	3	11	4
5	4	4	3	11	4
6	4	4	4	12	4
7	5	4	4	13	4
Sumatoria	33	26	25	84	4
Media	4,71	3,71	3,57		

**Anexo 11.** Datos de severidad del virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV), registrados en la variedad Metcalfe.

Tratamientos	R1	R2	R3	Sumatoria	Media
1	4	4	3	11	4
2	4	5	3	12	4
3	5	3	3	11	4
4	4	4	2	10	3
5	4	4	4	12	4
6	4	5	4	13	4
7	5	4	3	12	4
Sumatoria	30	29	22	81	3,86
Media	4,28	4,14	3,14		

**Anexo 12.** Datos de rendimiento total en ton/ha de la variedad Scarlett

Tratamientos	R1	R2	R3	Sumatoria	Media
1	0,55	3,35	1,20	5,10	1,70
2	0,91	1,88	1,48	4,27	1,42
3	1,94	1,70	1,53	5,17	1,72
4	1,66	2,22	2,06	5,94	1,98
5	1,99	1,89	1,20	5,08	1,69
6	1,16	2,15	1,87	5,18	1,73
7	0,80	1,61	1,53	3,94	1,31
Sumatoria	9,01	14,80	10,87	34,68	1,65
Media	1,28	2,11	1,55		

**Anexo 13.** Datos de rendimiento total en ton/ha de la variedad Metcalfe

Tratamientos	R1	R2	R3	Sumatoria	Media
1	1,56	1,25	1,48	4,29	1,43
2	2,28	1,44	0,76	4,48	1,49
3	1,16	1,61	1,23	4,00	1,33
4	1,18	1,42	0,91	3,51	1,17
5	1,86	2,02	1,57	5,45	1,82
6	2,86	0,79	0,87	4,52	1,51
7	1,66	0,71	1,13	3,50	1,17
Sumatoria	12,56	9,24	7,95	29,75	1,42
Media	1,79	1,32	1,14		

**Anexo 14.** Fotografías del desarrollo de la investigación

A. Toma de muestras del suelo



B. Riego del terreno antes de la siembra



C. Medición y trazado del terreno



D. Preparación de las semillas



E. Siembra mecanizada



F. Tapado de la semilla



G. Emergencia



## H. Control de malezas



## I. Inoculación de las esporas de la roya de la hoja y roya amarilla





J. Primera aplicación de los fungicidas (preventiva)



K. Fertilización química



L. Incidencia de la roya



M. Incidencia del virus del enanismo amarillo (BYDV)



N. Espigamiento



O. Segunda aplicación de los fungicidas (curativa)



P. Control fitosanitario



Q. Cosecha



R. Trilla



S. Limpieza del grano



T. Pesado del grano

