



INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
Estación Experimental Santa Catalina

PERFIL DE PROYECTO DE INVESTIGACION

FECHA DE PRESENTACIÓN: Enero 2013

ESTACION EXPERIMENTAL: Santa Catalina

PROGRAMA: Programa de Cereales

ÁREA DE TRABAJO: Fitopatología

PROYECTO: Código: PIC-12-INIAP-007/Actividad 3.6
Fortalecimiento de la cadena agro-productiva y fomento del cultivo de trigo en la sierra ecuatoriana, a través de la generación y difusión de nuevas tecnologías.

RESULTADO: Identificar fuentes de resistencia a roya amarilla y roya de la hoja en el germoplasma promisorio de trigo del INIAP

ACTIVIDAD: Evaluación de la resistencia a roya amarilla (*Puccinia striiformis*) y roya de la hoja (*Puccinia triticina*) en el germoplasma promisorio de trigo (*Triticum aestivum* L.) del INIAP.

UBICACIÓN:

Localidad:	1	2
Provincia:	Pichincha	Pichincha
Cantón:	Mejía	Quito
Parroquia:	Cutuglagua	Tumbaco

AUTOR(S): Jonathan Guillermo Ponce

CO AUTOR(S): Ing. José Ochoa
Ing. Luis Ponce
Ing. Mayra Cathme

COLABORADORES: Dpto. Protección Vegetal
Granja Experimental Tumbaco

FECHA DE INICIO: 2012-10-01

FECHA DE TERMINACIÓN: 2013-09-30

PRESUPUESTO: USD 4081.63

FUENTES DE FINANCIAMIENTO: INIAP (100%)

I. ANTECEDENTES

El trigo (*Triticum aestivum* L.) ha formado parte del desarrollo económico y cultural del hombre, convirtiéndose de esta manera en el cereal más cultivado a nivel mundial (Álvarez y Tusa, 2009). Se estima que en el presente año existirá una producción aproximada de 690 millones de toneladas de trigo en todo el mundo, 10 millones de toneladas menos que el volumen récord del año pasado, pero todavía la segunda mayor cosecha hasta el momento (FAO, 2012).

En el Ecuador el trigo tiene una fundamental importancia como parte de la alimentación familiar, sin embargo, el nivel actual de producción del país es insuficiente para cubrir la demanda interna. Dicho consumo es abastecido en un 98% por trigo importado de Canadá, Estados Unidos y Argentina, lo que representa para Ecuador un gasto aproximado de USD 145 millones (FAO, 2012).

En una perspectiva global las enfermedades fúngicas son las principales restricciones bióticas que reducen el rendimiento del trigo. De estas, las enfermedades causadas por patógenos biotróficos como las royas, son las que ocasionan mayores daños al cultivo dadas sus características, intensidades y momentos ontogénicos del cultivo en que ataca (Carretero *et al.*, 2012).

La roya amarilla, ocasionada por *Puccinia striiformis* es una enfermedad que afecta al trigo en lugares con temperaturas que oscilan entre 10 y 15°C, con una elevada humedad ambiental (INTA, 2010). Chen, citado por Pazmiño (2012), indica que la roya amarilla es potencialmente destructiva en el cultivo de trigo ya que ocasiona pérdidas en la cosecha entre el 10 y el 70% y deteriora el grano. Ochoa, citado por Pazmiño (2012), menciona que en el país las pérdidas pueden llegar al 96% en variedades susceptibles.

La roya de la hoja *Puccinia triticina* es una enfermedad que produce menor número de granos por espiga, una disminución del rendimiento y menor calidad del grano. Posee una importancia moderada-alta, las pérdidas causadas pueden llegar a ser del 30% o más dependiendo de la susceptibilidad de las variedades de trigo (Carrasco *et al.*, 2005).

Con la finalidad de conocer los tipos de resistencia presentes en el germoplasma del Programa de Cereales se han venido realizando algunos estudios en plántula y planta adulta hasta el año 2010 en los cuales se encontró que la población ecuatoriana de roya amarilla ha desarrollado virulencias para los genes Yr1, Yr2, Yr2+, Yr3V, Yr3N, Yr6, Yr6+, Yr7, Yr7+, Yr9, yr9+, YrA+, YrSP, YrSU, YrSD y YrCV, además se registró resistencia para los genes Yr5, Yr8, Yr10 y Yr15, los cuales están siendo utilizados en el programa de mejoramiento genético (Ochoa *et al.*, 2007; INIAP, 2010).

El desarrollo de variedades resistentes es la forma más económica y ecológicamente viable de contrarrestar el daño provocado en los cultivos de trigo, por las enfermedades como las anteriormente descritas.

II. JUSTIFICACIÓN

La producción de trigo en el Ecuador es significativamente inferior a los volúmenes que el país demanda de este cereal, siendo una de las razones más importantes, la susceptibilidad de las variedades locales actuales a roya amarilla y roya de la hoja.

La evolución de roya amarilla en el país ha sido muy dinámica, con el rápido desarrollo de virulencias, resultando en una corta duración de la resistencia. La roya de la hoja ha sido una enfermedad poco frecuente en el país, por ser una enfermedad que se presenta en condiciones con temperaturas más altas, sin embargo, esta enfermedad debido al incremento de temperatura a causa del calentamiento global y el cambio climático, se ha vuelto recurrente por lo que es necesario tomar precauciones de manejo.

La vida útil de una variedad de trigo depende, entre otras características, de la durabilidad de su resistencia a las principales enfermedades. El desarrollo de variedades mejoradas y más productivas es una prioridad para incrementar la productividad de trigo en el país, por esta razón, el manejo genético de las enfermedades mencionadas debe ser un proceso continuo por ser esta la alternativa más económica y efectiva de proteger al cultivo (Broers *et al.*, 1996). Es importante entonces identificar las fuentes de resistencia disponibles en el programa de mejoramiento genético para desarrollar variedades con resistencia eficiente para mejorar la estabilidad de la producción de trigo en el país, por lo tanto el presente proyecto identificará la resistencia a roya amarilla y roya de la hoja de germoplasma promisorio de trigo del Programa de Cereales del INIAP.

III. OBJETIVOS

General:

- Identificar la resistencia a roya amarilla y roya de la hoja del germoplasma promisorio de trigo generado por el Programa de Cereales del INIAP Estación Experimental Santa Catalina.

Específicos:

- Evaluar la resistencia en plántula del germoplasma de trigo del Programa de Cereales a dos razas de roya amarilla y dos razas de roya de la hoja.
- Evaluar la resistencia en campo del germoplasma de trigo del Programa de Cereales a roya amarilla y roya de la hoja.

IV. HIPÓTESIS

H0: No existen fuentes de resistencia a roya amarilla y/o roya de la hoja en el germoplasma de trigo del INIAP.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales

5.1.1. Material biológico

- Aislamientos de roya amarilla y roya de la hoja
- Semilla de líneas de trigo para evaluación
- Set de diferenciales roya amarilla y roya de la hoja

5.1.2. Material de laboratorio

- Bandejas plásticas
- Macetas
- Ampollas de vidrio
- Silica gel
- Alcohol potable
- Caja de cotonetes
- Papel de aluminio
- Frascos de vidrio
- Aceite mineral
- Bomba para inoculación

5.1.3. Material de campo y oficina

- Herramientas
- Fertilizantes
- Herbicidas
- Cuaderno de campo
- Material bibliográfico
- Computador
- Material de oficina

5.2. Metodología

5.2.1. Características del sitio experimental

El ensayo se realizará en la Estación experimental Santa Catalina (EESC) del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Programa de Cereales, y en la Granja Experimental del INIAP en Tumbaco.

Cuadro 1. Ubicación política y geográfica de la localidad 1.

Provincia:	Pichincha
Cantón:	Mejía
Parroquia:	Cutuglagua
Sitio:	INIAP Estación Experimental Santa Catalina
Altitud:	3058 m
Longitud:	78°33'00''O
Latitud:	00°22'00''S
Precipitación anual:	1500 mm
Temperatura promedio anual:	11.37°C
Humedad relativa:	83.62%

Fuente: Estación Meteorológica del INAMI (INIAP Santa Catalina)

Cuadro 2. Ubicación política y geográfica de la localidad 2.

Provincia:	Pichincha
Cantón:	Quito
Parroquia:	Tumbaco
Sitio:	INIAP Granja Experimental Tumbaco
Altitud:	2348 m
Longitud:	78°24'O
Latitud:	00°13'S
Precipitación anual:	800 mm
Temperatura promedio anual:	17.2°C
Humedad relativa:	75.2%

Fuente: Estación Meteorológica del INAMI (INIAP Tumbaco)

Experimento 1. Evaluación de la resistencia a roya amarilla

Etapas 1: Evaluación de líneas promisorias a roya amarilla (Invernadero/PC/EESC)

5.3. Factores en estudio

Genotipos de trigo (Anexo 1)

Razas de roya amarilla: raza 1 y raza 2

5.3.1. Tratamientos

Los tratamientos estarán constituidos por la combinación de los factores en estudio, 52 líneas promisorias de trigo y 12 variedades testigo evaluadas con 2 razas de roya amarilla (Anexo 2).

5.3.2. Unidad experimental

Una bandeja con diez plántulas de trigo.

5.3.3. Diseño experimental

La distribución de los tratamientos en invernadero se realizará utilizando un DCA (Diseño Completamente al Azar); debido a que no se realizará análisis estadístico los resultados se presentarán en cuadro de promedios.

5.3.4. Variables en estudio

5.3.4.1. Tipo de reacción

Esta variable se determinará utilizando la escala de Mc Neal (Anexo 3); en la cual los tipos de reacción de los niveles 0 – 6 se considerarán como resistentes, y como susceptibles cuando la reacción sea de 7 – 9.

5.3.5. Manejo específico del experimento

5.3.5.1. Identificación de razas de roya

Previo a la siembra e inoculación de los genotipos de trigo se realizará una identificación de las razas de roya amarilla mediante la utilización de un set de líneas primarias (diferenciales), mediante la metodología establecida por Ochoa *et al.*, (1997).

5.3.5.2. Siembra

La siembra de diferenciales para roya amarilla y genotipos de trigo se realizará en bandejas plásticas sobre un sustrato compuesto por tres partes de tierra, una parte de turba, y una parte de pomina, en el cual se sembrarán 10 semillas de cada diferencial y de cada genotipo de trigo.

5.3.5.3. Inoculación

La inoculación de diferenciales y genotipos se realizará utilizando una bomba de vacío y un atomizador de Vilbiss, asperjando el inóculo de roya amarilla sobre las hojas primarias, cuando las plantas tengan 10 días después de la siembra. Una vez finalizada

la inoculación las plantas se colocarán en cámara húmeda por 18 horas, con una humedad relativa de 90% y temperatura de 12 – 18°C.

5.3.5.4. Selección de raza virulenta

Finalizada la fase de invernadero se seleccionará la raza de roya amarilla que haya presentado mayor virulencia para los genotipos de trigo en estudio. La raza de roya amarilla seleccionada será utilizada para la etapa de investigación en campo.

Etapas 2. Evaluación de líneas promisorias a roya amarilla (campo/ESSC)

5.4. Factores en estudio

Genotipos de trigo (Anexo 1)

5.4.1. Tratamientos

El número total de tratamientos será de 64 constituidos por los genotipos de trigo (52 líneas promisorias y 12 variedades testigos) y una raza de roya amarilla (Anexo 4).

5.4.2. Unidad experimental

Dos surcos de 1m de longitud por cada genotipo de trigo sembrado a chorro continuo, separados entre sí a 0.15m.

5.4.3. Diseño experimental

Los tratamientos se dispondrán en un diseño de látice 8 x 8 con tres repeticiones (Anexo 5).

5.4.4. Análisis estadístico

Cuadro 3. Esquema del ADEVA

Fuentes de variación	Grados de libertad
Total	191
Repeticiones	2
Bloques (eliminando variedades)	21
Componente(b)	21
Variedades (ignorando bloques)	63
Error Intrabloque	105

5.4.5. Análisis funcional

Mediante el análisis de variancia para las variables establecidas se calculará el coeficiente de variación y para aquellas variables que resulten significativas y altamente significativas se aplicará la prueba de Tukey al 5%.

5.4.6. Variables en estudio

5.4.6.1. Tipo de reacción

Para la evaluación de esta variable se utilizará la escala presente en la guía de evaluación para royas del CIMMYT (Anexo 6).

5.4.6.2. Severidad de la roya

Para medir esta variable se utilizará la escala modificada de Cobb (Anexo 7), la evaluación se realizará semanalmente desde el inicio de la epidemia hasta la madurez fisiológica. En cada lectura se identificará el estado fenológico de la planta según la escala de Zadoks (Anexo 8).

5.4.6.3. AUDPC

Para el cálculo de esta variable se empleará la siguiente fórmula.

$$\text{AUDPC} = \sum_{i=1}^n [(X_{i+1} + X_i)/2] (T_{(i+1)} - T_i)$$

Dónde:

X_i = Proporción de tejido afectado en la i -ésima observación

T = Tiempo en días desde la siembra hasta el momento de la evaluación

$T_{(i+1)} - T_i$ = Tiempo en días entre dos lecturas

n = Número total de observaciones.

5.4.6.4. Días al espigamiento*

Para la medición de esta variable se contabilizará el número de días que han transcurrido desde la siembra hasta la aparición de la espiga (50% de las plantas de la unidad experimental).

5.4.6.5. Tamaño de la espiga*

La evaluación de esta variable se realizará seleccionando 10 plantas al azar de cada parcela neta cuando se encuentren en estado de madurez fisiológica y utilizando una regla se procederá a medir la espiga y el resultado será expresado en cm

*Variable utilizada por el Programa de Cereales INIAP-EESC

5.4.6.6. Número de granos en la espiga*

Para medir esta variable se utilizará las 10 plantas seleccionadas en la variable anterior y se procederá a contabilizar el número granos por espiga.

5.4.6.7. Peso de 1000 granos*

Para la medición de esta variable se tomarán dos muestras de 1000 granos al azar de cada parcela neta y se procederá a tomar el peso en una balanza digital, el resultado del promedio de las muestras será expresado en gramos.

5.4.6.8. Rendimiento por planta*

La medición de esta variable se realizará tomando 10 plantas al azar de cada parcela y se pesará el rendimiento por planta de grano limpio.

5.4.7. Manejo específico del experimento

5.4.7.1. Siembra

La siembra en campo se realizará en forma manual, en parcelas sobre las cuales se dispondrán dos líneas de siembra de 1m de longitud y a una distancia entre sí de 0.15m, además se sembrarán bordes susceptibles (compuestos por la mezcla de variedades susceptibles) para homogenizar la epidemia. A partir de la siembra empezaremos con la toma de datos de las diferentes variables anteriormente descritas.

5.4.7.2. Fertilización inicial

La fertilización se realizará de acuerdo a los resultados obtenidos del análisis de suelo.

5.4.7.3. Inoculación

La inoculación con roya amarilla se realizará cuando las plantas estén en la fase de macollamiento, trasplantando plántulas inoculadas con una raza conocida, y asperjando una solución compuesta de urediniosporas y aceite mineral sobre las plantas de cada parcela, utilizando un atomizador manual.

5.4.7.4. Control de malezas

Para el control de malezas se utilizará Metsulfuron Methil, a una dosis de 15 g/ha.

*Variable utilizada por el Programa de Cereales INIAP-EESC

5.4.7.5. Fertilización complementaria

La fertilización complementaria se la realizará a los 45 días después de la siembra de acuerdo con los resultados obtenidos del análisis de suelo.

Experimento 2. Evaluación de la resistencia a roya de la hoja

Etapas 1: Evaluación de líneas promisorias para roya de la hoja (Invernadero/PC/EESC)

5.5. Factores en estudio

Genotipos de trigo (Anexo 1)

Razas de roya de la hoja: raza 1 y raza 2

5.5.1. Tratamientos

Los tratamientos estarán constituidos por la combinación de los factores en estudio, 52 líneas promisorias de trigo y 12 variedades testigo evaluadas con 2 razas de roya de la hoja (Anexo 9).

5.5.2. Unidad experimental

Una bandeja con diez plántulas de trigo.

5.5.3. Diseño experimental

La distribución de los tratamientos en invernadero se realizará utilizando un DCA (Diseño Completamente al Azar); debido a que no se realizará análisis estadístico los resultados se presentarán en cuadro de promedios.

5.5.4. Variables en estudio

5.5.4.1. Tipo de reacción

Para determinar el tipo de reacción se utilizará la escala para roya de la hoja (Anexo 10); en la cual los tipos de reacción de los niveles 0, 0; 1 y 2 se considerarán como resistentes, y susceptibles cuando la reacción sea de 3 o 4. Se clasificará como X a una reacción heterogénea.

5.5.5. Manejo específico del experimento

5.5.5.1. Identificación de razas de roya

Previo a la siembra e inoculación de los genotipos de trigo se realizará una identificación de las razas de roya de la hoja mediante la utilización de un set específico de líneas primarias (diferenciales), mediante la metodología estandarizada por Roelfs *et al.*, (1992).

5.5.5.2. Siembra

La siembra de líneas primarias (diferenciales) para roya de la hoja y genotipos de trigo se realizará en bandejas plásticas sobre un sustrato compuesto por tres partes de tierra, una parte de turba, y una parte de pomina, en el cual se sembrarán 10 semillas de cada diferencial y genotipo de trigo.

5.5.5.3. Inoculación

La inoculación de diferenciales y genotipos se realizará cuando las plantas tengan 10 días después de la siembra, asperjando el inóculo de roya de la hoja sobre las hojas primarias, utilizando una bomba de vacío y un atomizador de Vilbiss. Una vez finalizada la inoculación las plantas se colocarán en cámara húmeda por 18 horas, con una humedad relativa de 90% y temperatura de 12 – 18°C.

5.5.5.4. Selección de raza virulenta

Finalizada la fase de invernadero se seleccionará la raza de roya de la hoja que haya presentado mayor virulencia para los genotipos de trigo en estudio. La raza de roya de la hoja seleccionada será utilizada para la etapa de investigación en campo.

Etapa 2. Evaluación de líneas promisorias a roya de la hoja (campo/INIAP Tumbaco)

5.6. Factores en estudio

Genotipos de trigo (Anexo 1)

5.6.1. Tratamientos

El número total de tratamientos será de 64 constituidos por los genotipos de trigo (52 líneas promisorias y 12 variedades testigos) y una raza de roya de la hoja (Anexo 11).

5.6.2. Unidad experimental

Dos surcos de 1m de longitud por cada genotipo de trigo sembrado a chorro continuo, separados entre sí a 0.15m.

5.6.3. Diseño experimental

Los tratamientos se dispondrán en un diseño de látice 8 x 8 con tres repeticiones (Anexo 5).

5.6.4. Análisis estadístico

Cuadro 4. Esquema del ADEVA

Fuentes de variación	Grados de libertad
Total	191
Repeticiones	2
Bloques (eliminando variedades)	21
Componente(b)	21
Variedades (ignorando bloques)	63
Error Intrabloque	105

5.6.5. Análisis funcional

Mediante el análisis de variancia para las variables establecidas se calculará el coeficiente de variación y para aquellas variables que resulten significativas y altamente significativas se aplicará la prueba de Tukey al 5%.

5.6.6. Variables en estudio

5.6.6.1. Tipo de reacción

Para evaluar esta variable se utilizará la escala para roya de la hoja empleada por el CIMMYT (Anexo 12).

5.6.6.2. Severidad de la roya

Para medir esta variable se utilizará la escala modificada de Cobb (Anexo 7), la evaluación se realizará semanalmente desde el inicio de la epidemia hasta la madurez fisiológica. En cada lectura se identificará el estado fenológico de la planta según la escala de Zadoks (Anexo 8).

5.6.6.3. AUDPC

Para el cálculo de esta variable se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{AUDPC} = \sum_{i=1}^n [(X_{i+1} + X_i)/2] (T_{(i+1)} - T_i)$$

Dónde:

X_i = Proporción de tejido afectado en la i-ésima observación

T = Tiempo en días desde la siembra hasta el momento de la evaluación

$T_{(i+1)} - T_i$ = Tiempo en días entre dos lecturas

n = Número total de observaciones.

5.6.6.4. Días al espigamiento*

Para la medición de esta variable se contabilizará el número de días que han transcurrido desde la siembra hasta la aparición de la espiga (50% de las plantas de la unidad experimental).

5.6.6.5. Tamaño de la espiga*

La evaluación de esta variable se realizará seleccionando 10 plantas al azar de cada parcela neta cuando se encuentren en estado de madurez fisiológica y utilizando una regla se procederá a medir la espiga y el resultado será expresado en cm.

5.6.6.6. Número de granos en la espiga*

Para medir esta variable se utilizará las 10 plantas seleccionadas en la variable anterior y se procederá a contabilizar el número granos por espiga.

5.6.6.7. Peso de 1000 granos*

Para la medición de esta variable se tomarán dos muestras de 1000 granos al azar de cada parcela neta y se procederá a tomar el peso en una balanza eléctrica, el resultado del promedio de las muestras será expresado en gramos.

5.6.6.8. Rendimiento por planta*

La medición de esta variable se realizará tomando 10 plantas al azar de cada parcela y se pesará el rendimiento por planta de grano limpio.

*Variable utilizada por el Programa de Cereales INIAP-EESC

5.6.7. Manejo específico del experimento

5.6.7.1. Siembra

La siembra en campo se realizará en forma manual, en parcelas sobre las cuales se dispondrán dos líneas de siembra de 1m de longitud y a una distancia entre sí de 0.15m, además se sembrarán bordes susceptibles (compuestos por la mezcla de variedades susceptibles) para homogenizar la epidemia. A partir de la siembra se empezará a la toma de datos de las diferentes variables anteriormente descritas.

5.6.7.2. Fertilización inicial

La fertilización se realizará de acuerdo a los resultados obtenidos del análisis de suelo.

5.6.7.3. Inoculación

La inoculación con roya de la hoja se realizará cuando las plantas estén en la fase de macollamiento, trasplantando plántulas inoculadas con una raza conocida, y asperjando una solución compuesta de urediniosporas y aceite mineral sobre las plantas de cada parcela, utilizando un atomizador manual.

5.6.7.4. Control de malezas

Para el control de malezas se utilizará Metsulfuron Methyl, a una dosis de 15 g/ha.

5.6.7.5. Fertilización complementaria

La fertilización complementaria se la realizará a los 45 días después de la siembra de acuerdo con los resultados obtenidos del análisis de suelo.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, F; Tusa, E. 2009. Elaboración de pan dulce precocido enriquecido con *inulina* (*Fructo-oligosacáridos*). Tesis Ingeniero. Agroindustrial. Ibarra, Ecuador. Universidad Técnica del Norte. 113p.
- Carretero, R; Serrano, R; Millares, Daniel. 2012. Las enfermedades foliares en el cultivo de trigo: Una perspectiva ecofisiológica (en línea). Argentina. Consultado 3 oct. 2012. Disponible en: <http://www.engormix.com/MA-agricultura/trigo/articulos/las-enfermedades-foliares-cultivo-t4379/998-p0.htm>
- Carrasco, N; Báes, A; Belmonte, M. 2005. Trigo manual de campo. RIAN. Argentina. Consultado 14 ene. 2013. Disponible en: http://rian.inta.gov.ar/agronomia/Manual_Trigo.pdf.
- Broers, L; Cuesta, X; López, R. 1996. Field assessment of quantitative resistance to yellow rust in ten spring bread wheat cultivars. *Euphytica*. 90 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2012. Perspectivas de cosecha y situación alimentaria (en línea). SMIA. Consultado 3 oct. 2012. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/015/al985s/al985s00.pdf>
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 2010. Informe técnico anual del Programa de Cereales. Estación Experimental Santa Catalina.
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 2010. Identificación de roya estriada del trigo (*Puccinia striiformis*) en el dpto Paraná, Entre Ríos (en línea). Consultado 3 oct. 2012. Disponible en: <http://agrolluvia.com/wp-content/uploads/2011/05/Identificación-de-roya-estriada-del-trigo-Puccinia-striiformis-en-el-dpto-Paraná-Entre-Ríos.pdf>
- McNeal, F; Konzak, E; Smith, W; Rusell, T. 1971. A uniform system for recording and processing cereal reseach data. U.S Dept. Agriculture. 121 p.
- Ochoa J. 1997. La roya amarilla del trigo en el Ecuador; aspectos epidemiológico y de resistencia. In: Danial DL (Ed.) Primer taller de resistencia duradera en cultivos altos en la zona andina. PREDUZA, Quito, Ecuador. 52 p.
- Ochoa, J; Danial, D; Paucar, B. 2007. Virulence of wheat yellow rusts races and resistance genes of wheat cultivars in Ecuador. *Euphytica*. 287-293 p.
- Pazmiño, V. 2012. Evaluación de la respuesta del germoplasma de trigo (*Triticum aestevum* L.) del INIAP a la aplicación de dos métodos biotecnológicos para la obtención y selección de plantas resistentes a roya amarilla. Tesis Ingeniera. Biotecnóloga. Sangolquí, Ecuador. ESPE. 122 p.
- Peterson, R; Campbell, A; Hannah, A. 1948. A diagrammatic scale for estimating rust intensity of leaves and stem of cereals. *CAN*. 496 p.
- Roelfs, A; Sing, R; Saari, E. 1992. Las royas del trigo: Conceptos y métodos para el manejo de esas enfermedades. México. CIMMYT. 88 p.
- Rust scoring guide. México. CIMMYT. 10 p.
- Stubbs, R; Prescott, J; Saari, E; Dubin, H. 1986. Cereal Disease Methodology Manual. México. CIMMYT. 46 p.

VII. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDADES	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
Revisión de bibliografía	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Elaboración y aprobación de propuesta	■	■	■	■								
Adaptación de protocolos			■	■								
Evaluación de líneas promisorias en invernadero				■	■	■						
Preparación del terreno			■	■								
Siembra					■							
Inoculación con roya amarilla y roya de la hoja						■						
Evaluación							■	■	■	■	■	
Cosecha											■	
Análisis de resultados					■			■	■	■	■	
Elaboración del documento										■	■	■

VIII. PRESUPUESTO ESTIMADO DEL ENSAYO

RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
FASE DE INVERNADERO				
Alcohol	litro	1	8.00	8.00
Aceite mineral	litro	1	16.00	16.00
Ampollas de vidrio	unidad	50	0.15	7.50
Bandejas de germinación	unidad	10	2.00	20.00
Bomba para inoculación (depreciación)	dólares/año	1 año	67.5	67.5
Caja de cotonetes	unidad	1	1.00	1.00
Etiquetas	unidad	100	0.03	3.00
Macetas	unidad	150	0.45	67.50
Papel aluminio	Caja	1	5.00	5.00
Papel absorbente	rollo	3	4.00	12.00
Semillas diferenciales	kg		sin valor comercial	
Semillas líneas seleccionadas	kg		sin valor comercial	
FASE DE CAMPO				
Preparación del terreno				
Análisis de suelo	unidad	2	22	44
Arada	hora	0.32	25.00	8.00
Rastra	hora	0.16	25.00	4
Insumos				
Fertilizantes				
Urea	kg	3	0.60	1.80
Sulphomag	kg	2	0.85	1.70
11-52-0	kg	5	1.71	8.55
Herbicida				
Metsulfuron Methil	gr	2.03	8.00	1.08
Semilla	kg		sin valor comercial	
Cosecha				
Sobres grandes de papel	unidad	400	0.10	40.00
Sobres pequeños de papel	unidad	400	0.08	32.00
Mano de obra				
Sicmbra	jornal	4	10.00	40.00
Fertilización	jornal	2	10.00	20.00
Control malezas	jornal	2	10.00	20.00
Cosecha	jornal	4	10.00	40.00
Procesamiento de datos				
Hojas	resma	2	5.00	10.00
Impresión y empastado	Tesis	5	40.00	200.00
Libro de campo	unidad	2	1.50	3.00
Otros				
Ayuda económica becario	meses	8	400.00	3200.00
Subtotal				3881.63
Imprevistos				200.00
Total				4081.63

IX. ANEXOS

Anexo 1. Líneas promisorias de trigo seleccionadas del CIMMYT y el INIAP Estación Experimental Santa Catalina.

Número de orden	Pedigree	Origen
Líneas seleccionadas de Tesis previa		
1	MILAN/S87230//BABAX	29 ESWYT/09 S-105
2	FRET2/TUKURU//FRET2	ESWYT/09 S-111
3	WBLL1*2/KKTS	ESWYT/09 S-112
4	WAXWING/4/SIN/TRAP#1/3/KAUZ*2/TRAP//KAUZ	ESWYT/09 S-113
5	WAXWING*2/BRAMBLING	ESWYT/09 S-117
6	GRACKLE	ESWYT/09 S-122
7	WAXWING*2 TUKURU	ESWYT/09 S-123
8	WAXWING*2/TUKURU	ESWYT/09 S-124
9	CHEN/AE.SQ//2*WEAVER/3/BABAX/4/JARU	16 HRWYT/09 S-218
10	THELIN#2/TUKURU	HRWYT/09 S-220
11	THELIN/3/BABAX/LR42//BABAX/4/BABAX/LR42//BABAX	HRWYT/09 S-223
12	BABAX/LR42//BABAX*2/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ*2...	HRWYT/09 S-228
13	BABAX/LR42//BABAX*2/3/KUKUNA	HRWYT/09 S-230
14	BABAX/LR42//BABAX*2/3/TUKURU	HRWYT/09 S-232
15	CS/TH.CU//GLEN/3/GEN/4/SUZ8/5/TOW/SARA...	Línea Avanzada/09 S-12
16	KVZ//BB/CHAT/3/TRM/4/TEMU36.78/5/OVAI	Línea Avanzada/09 S-6
17	CBRD	Línea Avanzada/09 S-31
18	TOB/ERA//TOB/CNO67/3/PLO/4/VEE#5/5/KAUZ...	16 SAWYT/09 S-309
19	PASTOR/3/KAUZ*2/OPATA//KAUZ/4/CHEN/AE.SQ...	SAWYT/09 S-312
20	PASTOR/3/KAUZ*2/OPATA//KAUZ/4/CHEN/AE.SQ...	SAWYT/09 S-313
21	PASTOR/3/URES/JUN//KAUZ/4/WBLL1	SAWYT/09 S-318
22	PRL/SARA//TSI/VEE#5/3/WBLL1	SAWYT/09 S-323
23	HXL7573/2*BAU//WBLL1	SAWYT/09 S-331
24	TACUPETO F2001*2/KUKUNA	ST S-35
Líneas seleccionas de Ensayos Esteban Falconí		
25	CHIBIA/WEAVER/5/KAUZ//ALTAR 84/AOS/3/...	EF 2010 En-145 S- 2094
26	PBW343*2/KUKUNA//PBW343*2/KUKUNA/3/PBW343	EF2010 En-153 S- 1104
27	SOKOLL/SLVS	EF2010 En-295 S- 1260
28	PFAU/MILAN//SOVA/3/PBW65/2*SERI.1B	EF2010 En-141 S- 2092
29	FRET2*2/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ*2/TRAP//...	EF2010 En-225 S- 1215
30	FRET2*2/KUKUNA//PRINIA/PASTOR	EF2010 En-226 S- 1214
31	NG8675/CBRD//MILAN/7/CAL/NH//H567.71...	EF2010 En-232 S- 2234
32	ROLF07*2/4/CROC_1/AE.SQUARROSA (205)...	EF-2011 S – 1185
33	FRANCOLIN #1/4/BABAX/LR42//BABAX*2/3/KURUKU	EF-2011 S – 1012
34	WBLL1/KUKUNA//TACUPETO F2001/3/...	EF-2011 S – 1058
35	NG8675/CBRD//FN/2*mazar 99/4/THELIN/...	EF-2011 S – 1254
36	NG8675/CBRD//FN/2*PASTOR/4/THELIN/3/...	EF-2011 S – 1241

37	WBLL1*2/4/BABAX/LR42//BABAX/3/BABAX/LR42...	EF-2011 S – 1278
38	BABAX/LR42//BABAX/3/ER2000	EF-2011 S – 1152
39	ROLF07*2/4/BOW/NKT//CBRD/3/CBRD	EF-2011 S – 1044
40	BABAX/LR42//BABAX*2/3/KURUKU	EF-2011 S – 1021
41	PFAU/SERI.1B//AMAD/3/WAXWING/4/BABAX/LR42...	EF-2011 S – 1155
42	BABAX/LR42//BABAX*2/3/KUKUNA/4/TAM200/...	EF-2011 S – 1045
43	WBLL1*2/BRAMBLING/4/BABAX/LR42//BABAX...	EF-2011 S – 1072
44	WAXWING/2*ROLF07	EF-2011 S – 1077
	Líneas seleccionadas de Ensayos de Alto Rendimiento	
45	BABAX/LR42//BABAX*2/3/VIVITSI	30 ESWYT/10 S-142
46	BABAX/LR42//BABAX/3/ER2000	17 SAWYT/10 S-309
47	BABAX/LR42//BABAX/3/ER2000	17 SAWYT/10 S-310
48	BABAX/LR42//BABAX/3/ER2000	17 SAWYT/10 S-311
49	BABAX/LR42//BABAX/3/ER2000	17 SAWYT/10 S-312
50	BABAX/LR42//BABAX*2/3/TUKURU	17 HRWYT/10 S-248
51	BABAX/LR42//BABAX*2/3/PAVON 7S3, +LR47	17 HRWYT/10 S-249
52	BABAX/LR42//BABAX*2/3/PAVON 7S3, +LR47	17 HRWYT/10 S-250
	Variedades Testigo	
53	INIAP-ALTAR 82	
54	INIAP-VIVAR 2010	
55	INIAP-COJITAMBO 92	
56	INIAP-COTACACHI 98	
57	INIAP-COTOPAXI 88	
58	INIAP-MIRADOR 2010	
59	MOROCCO	
60	INIAP-QUILINDAÑA 94	
61	INIAP-SAN JACINTO 2010	
62	INIAP-IMBABURA	
63	INIAP TUNGURAHUA 82	
64	INIAP-ZHALAO 2003	

Anexo 2. Tratamientos para roya amarilla bajo invernadero (Tratamiento roya amarilla (Tra)).

Código Trat.	Genotipos/Origen	Roya Amarilla
Tra 1	29 ESWYT/09 S-105	Raza 1
Tra 2	29 ESWYT/09 S-111	Raza 1
Tra 3	29 ESWYT/09 S-112	Raza 1
Tra 4	29 ESWYT/09 S-113	Raza 1
Tra 5	29 ESWYT/09 S-117	Raza 1
Tra 6	29 ESWYT/09 S-122	Raza 1
Tra 7	29 ESWYT/09 S-123	Raza 1
Tra 8	29 ESWYT/09 S-124	Raza 1
Tra 9	16 HRWYT/09 S-218	Raza 1
Tra 10	16 HRWYT/09 S-220	Raza 1
Tra 11	16 HRWYT/09 S-223	Raza 1
Tra 12	16 HRWYT/09 S-228	Raza 1
Tra 13	16 HRWYT/09 S-230	Raza 1
Tra 14	16 HRWYT/09 S-232	Raza 1
Tra 15	Línea Avanzada/09 S-12	Raza 1
Tra 16	Línea Avanzada/09 S-6	Raza 1
Tra 17	Línea Avanzada/09 S-31	Raza 1
Tra 18	16 SAWYT/09 S-309	Raza 1
Tra 19	16 SAWYT/09 S-312	Raza 1
Tra 20	16 SAWYT/09 S-313	Raza 1
Tra 21	16 SAWYT/09 S-318	Raza 1
Tra 22	16 SAWYT/09 S-323	Raza 1
Tra 23	16 SAWYT/09 S-331	Raza 1
Tra 24	ST S-35	Raza 1
Tra 25	EF 2010 En-145 S- 2094	Raza 1
Tra 26	EF2010 En-153 S- 1104	Raza 1
Tra 27	EF2010 En-295 S- 1260	Raza 1
Tra 28	EF2010 En-141 S- 2092	Raza 1
Tra 29	EF2010 En-225 S- 1215	Raza 1
Tra 30	EF2010 En-226 S- 1214	Raza 1
Tra 31	EF2010 En-232 S- 2234	Raza 1
Tra 32	EF-2011 S - 1185	Raza 1

Código Trat.	Genotipos/Origen	Roya Amarilla
Tra 33	EF-2011 S - 1012	Raza 1
Tra 34	EF-2011 S - 1058	Raza 1
Tra 35	EF-2011 S - 1254	Raza 1
Tra 36	EF-2011 S - 1241	Raza 1
Tra 37	EF-2011 S - 1278	Raza 1
Tra 38	EF-2011 S - 1152	Raza 1
Tra 39	EF-2011 S - 1044	Raza 1
Tra 40	EF-2011 S - 1021	Raza 1
Tra 41	EF-2011 S - 1155	Raza 1
Tra 42	EF-2011 S - 1045	Raza 1
Tra 43	EF-2011 S - 1072	Raza 1
Tra 44	EF-2011 S - 1077	Raza 1
Tra 45	30 ESWYT/10 S-142	Raza 1
Tra 46	17 SAWYT/10 S-309	Raza 1
Tra 47	17 SAWYT/10 S-310	Raza 1
Tra 48	17 SAWYT/10 S-311	Raza 1
Tra 49	17 SAWYT/10 S-312	Raza 1
Tra 50	17 HRWYT/10 S-248	Raza 1
Tra 51	17 HRWYT/10 S-249	Raza 1
Tra 52	17 HRWYT/10 S-250	Raza 1
Tra 53	INIAP-ALTAR 82	Raza 1
Tra 54	INIAP-VIVAR 2010	Raza 1
Tra 55	INIAP-COJITAMBO 92	Raza 1
Tra 56	INIAP-COTACACHI 98	Raza 1
Tra 57	INIAP-COTOPAXI 88	Raza 1
Tra 58	INIAP-MIRADOR 2010	Raza 1
Tra 59	MOROCCO	Raza 1
Tra 60	INIAP-QUILINDAÑA 94	Raza 1
Tra 61	INIAP-SAN JACINTO 2010	Raza 1
Tra 62	INIAP-IMBABURA	Raza 1
Tra 63	INIAP TUNGURAHUA 82	Raza 1
Tra 64	INIAP-ZHALAO 2003	Raza 1

Código Trat.	Genotipos/Origen	Roya Amarilla
Tra 65	29 ESWYT/09 S-105	Raza 2
Tra 66	29 ESWYT/09 S-111	Raza 2
Tra 67	29 ESWYT/09 S-112	Raza 2
Tra 68	29 ESWYT/09 S-113	Raza 2
Tra 69	29 ESWYT/09 S-117	Raza 2
Tra 70	29 ESWYT/09 S-122	Raza 2
Tra 71	29 ESWYT/09 S-123	Raza 2
Tra 72	29 ESWYT/09 S-124	Raza 2
Tra 73	16 HRWYT/09 S-218	Raza 2
Tra 74	16 HRWYT/09 S-220	Raza 2
Tra 75	16 HRWYT/09 S-223	Raza 2
Tra 76	16 HRWYT/09 S-228	Raza 2
Tra 77	16 HRWYT/09 S-230	Raza 2
Tra 78	16 HRWYT/09 S-232	Raza 2
Tra 79	Línea Avanzada/09 S-12	Raza 2
Tra 80	Línea Avanzada/09 S-6	Raza 2
Tra 81	Línea Avanzada/09 S-31	Raza 2
Tra 82	16 SAWYT/09 S-309	Raza 2
Tra 83	16 SAWYT/09 S-312	Raza 2
Tra 84	16 SAWYT/09 S-313	Raza 2
Tra 85	16 SAWYT/09 S-318	Raza 2
Tra 86	16 SAWYT/09 S-323	Raza 2
Tra 87	16 SAWYT/09 S-331	Raza 2
Tra 88	ST S-35	Raza 2
Tra 89	EF 2010 En-145 S- 2094	Raza 2
Tra 90	EF2010 En-153 S- 1104	Raza 2
Tra 91	EF2010 En-295 S- 1260	Raza 2
Tra 92	EF2010 En-141 S- 2092	Raza 2
Tra 93	EF2010 En-225 S- 1215	Raza 2
Tra 94	EF2010 En-226 S- 1214	Raza 2
Tra 95	EF2010 En-232 S- 2234	Raza 2
Tra 96	EF-2011 S - 1185	Raza 2

Código Trat.	Genotipos/Origen	Roya Amarilla
Tra 97	EF-2011 S - 1012	Raza 2
Tra 98	EF-2011 S - 1058	Raza 2
Tra 99	EF-2011 S - 1254	Raza 2
Tra 100	EF-2011 S - 1241	Raza 2
Tra 101	EF-2011 S - 1278	Raza 2
Tra 102	EF-2011 S - 1152	Raza 2
Tra 103	EF-2011 S - 1044	Raza 2
Tra 104	EF-2011 S - 1021	Raza 2
Tra 105	EF-2011 S - 1155	Raza 2
Tra 106	EF-2011 S - 1045	Raza 2
Tra 107	EF-2011 S - 1072	Raza 2
Tra 108	EF-2011 S - 1077	Raza 2
Tra 109	30 ESWYT/10 S-142	Raza 2
Tra 110	17 SAWYT/10 S-309	Raza 2
Tra 111	17 SAWYT/10 S-310	Raza 2
Tra 112	17 SAWYT/10 S-311	Raza 2
Tra 113	17 SAWYT/10 S-312	Raza 2
Tra 114	17 HRWYT/10 S-248	Raza 2
Tra 115	17 HRWYT/10 S-249	Raza 2
Tra 116	17 HRWYT/10 S-250	Raza 2
Tra 117	INIAP-ALTAR 82	Raza 2
Tra 118	INIAP-VIVAR 2010	Raza 2
Tra 119	INIAP-COJITAMBO 92	Raza 2
Tra 120	INIAP-COTACACHI 98	Raza 2
Tra 121	INIAP-COTOPAXI 88	Raza 2
Tra 122	INIAP-MIRADOR 2010	Raza 2
Tra 123	MOROCCO	Raza 2
Tra 124	INIAP-QUILINDAÑA 94	Raza 2
Tra 125	INIAP-SAN JACINTO 2010	Raza 2
Tra 126	INIAP-IMBABURA	Raza 2
Tra 127	INIAP TUNGURAHUA 82	Raza 2
Tra 128	INIAP-ZHALAO 2003	Raza 2

Anexo 3. Escala de Mc Neal

Descripción del tipo de reacción	Símbolo de codificación	Valor en el índice
Sin afección visible	0	0
Moteado necrótico/clorótico sin esporulación	MR	1
Líneas necróticas/cloróticas sin esporulación	R	2
Líneas necróticas/cloróticas con trazas de esporulación	MoR	3
Líneas necróticas/cloróticas con esporulación ligera	LoR	4
Líneas necróticas/cloróticas con esporulación intermedia	Mo	5
Líneas necróticas/cloróticas con esporulación moderada	EM	6
Líneas necróticas/cloróticas con esporulación abundante	MoS	7
Clorosis debajo de la esporulación abundante	S	8
Sin necrosis ni clorosis con abundante esporulación	MS	9

Fuente: Mc Neal *et al.*, 1971

Anexo 4. Tratamientos para roya amarilla en campo (Tratamiento roya amarilla campo (Trac)) (Raza más virulenta (Rmv)).

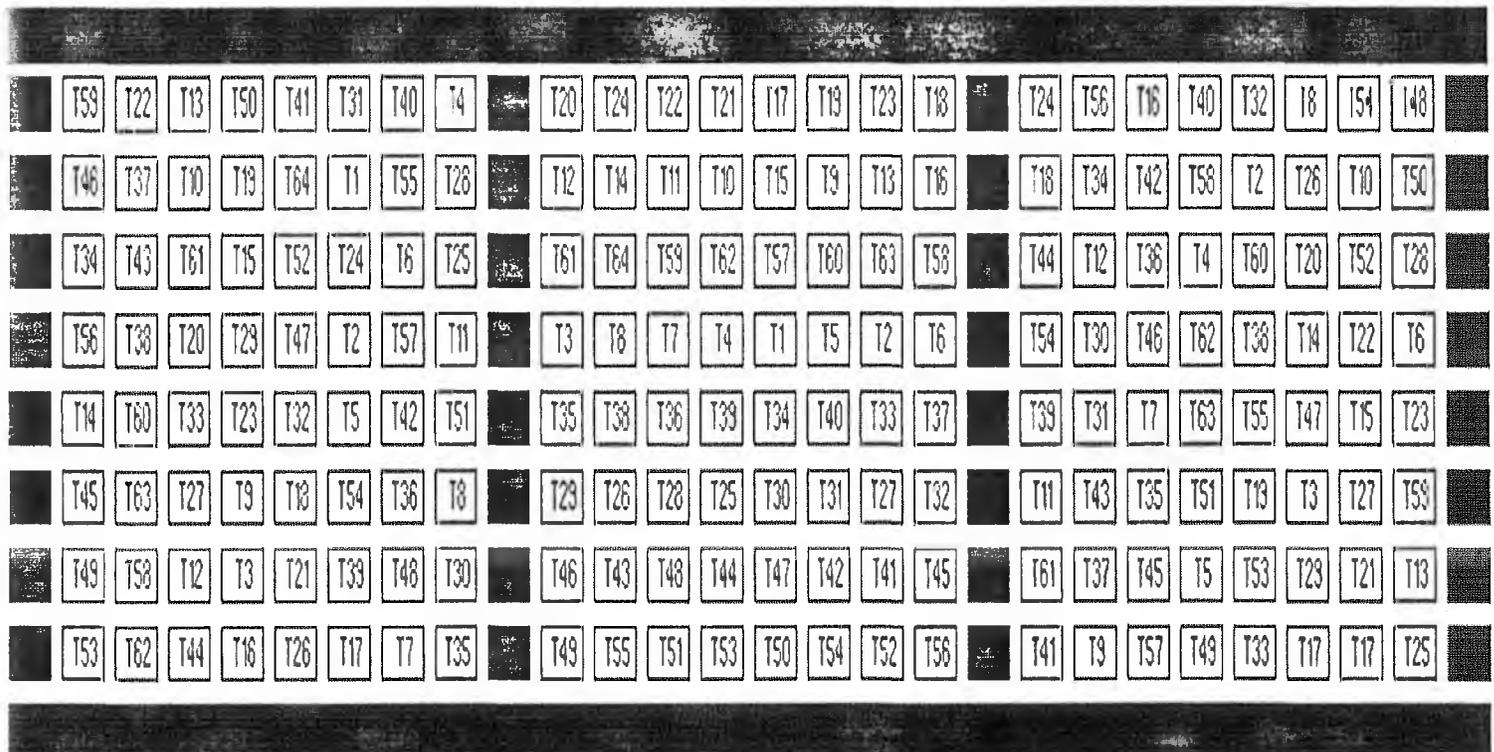
Código Trat.	Genotipos/Origen	Roya Amarilla
Trac 1	29 ESWYT/09 S-105	Rmv
Trac 2	29 ESWYT/09 S-111	Rmv
Trac 3	29 ESWYT/09 S-112	Rmv
Trac 4	29 ESWYT/09 S-113	Rmv
Trac 5	29 ESWYT/09 S-117	Rmv
Trac 6	29 ESWYT/09 S-122	Rmv
Trac 7	29 ESWYT/09 S-123	Rmv
Trac 8	29 ESWYT/09 S-124	Rmv
Trac 9	16 HRWYT/09 S-218	Rmv
Trac 10	16 HRWYT/09 S-220	Rmv
Trac 11	16 HRWYT/09 S-223	Rmv
Trac 12	16 HRWYT/09 S-228	Rmv
Trac 13	16 HRWYT/09 S-230	Rmv
Trac 14	16 HRWYT/09 S-232	Rmv
Trac 15	Línea Avanzada/09 S-12	Rmv

Código Trat.	Genotipos/Origen	Roya Amarilla
Trac 16	Línea Avanzada/09 S-6	Rmv
Trac 17	Línea Avanzada/09 S-31	Rmv
Trac 18	16 SAWYT/09 S-309	Rmv
Trac 19	16 SAWYT/09 S-312	Rmv
Trac 20	16 SAWYT/09 S-313	Rmv
Trac 21	16 SAWYT/09 S-318	Rmv
Trac 22	16 SAWYT/09 S-323	Rmv
Trac 23	16 SAWYT/09 S-331	Rmv
Trac 24	ST S-35	Rmv
Trac 25	EF 2010 En-145 S-2094	Rmv
Trac 26	EF2010 En-153 S-1104	Rmv
Trac 27	EF2010 En-295 S-1260	Rmv
Trac 28	EF2010 En-141 S-2092	Rmv
Trac 29	EF2010 En-225 S-1215	Rmv
Trac 30	EF2010 En-226 S-1214	Rmv

Código Trat.	Genotipos/Origen	Roya Amarilla
Trac 31	EF2010 En-232 S- 2234	Rmv
Trac 32	EF-2011 S – 1185	Rmv
Trac 33	EF-2011 S – 1012	Rmv
Trac 34	EF-2011 S – 1058	Rmv
Trac 35	EF-2011 S – 1254	Rmv
Trac 36	EF-2011 S – 1241	Rmv
Trac 37	EF-2011 S – 1278	Rmv
Trac 38	EF-2011 S – 1152	Rmv
Trac 39	EF-2011 S – 1044	Rmv
Trac 40	EF-2011 S – 1021	Rmv
Trac 41	EF-2011 S – 1155	Rmv
Trac 42	EF-2011 S – 1045	Rmv
Trac 43	EF-2011 S – 1072	Rmv
Trac 44	EF-2011 S – 1077	Rmv
Trac 45	30 ESWYT/10 S-142	Rmv
Trac 46	17 SAWYT/10 S-309	Rmv
Trac 47	17 SAWYT/10 S-310	Rmv

Código Trat.	Genotipos/Origen	Roya Amarilla
Trac 48	17 SAWYT/10 S-311	Rmv
Trac 49	17 SAWYT/10 S-312	Rmv
Trac 50	17 HRWYT/10 S-248	Rmv
Trac 51	17 HRWYT/10 S-249	Rmv
Trac 52	17 HRWYT/10 S-250	Rmv
Trac 53	INIAP-ALTAR 82	Rmv
Trac 54	INIAP-VIVAR 2010	Rmv
Trac 55	INIAP-COJITAMBO 92	Rmv
Trac 56	INIAP-COTACACHI 98	Rmv
Trac 57	INIAP-COTOPAXI 88	Rmv
Trac 58	INIAP-MIRADOR 2010	Rmv
Trac 59	MOROCCO	Rmv
Trac 60	INIAP-QUILINDAÑA 94	Rmv
Trac 61	INIAP-SAN JACINTO 2010	Rmv
Trac 62	INIAP-IMBABURA	Rmv
Trac 63	INIAP TUNGURAHUA 82	Rmv
Trac 64	INIAP-ZHALAO 2003	Rmv

→
N 415m



9.5m

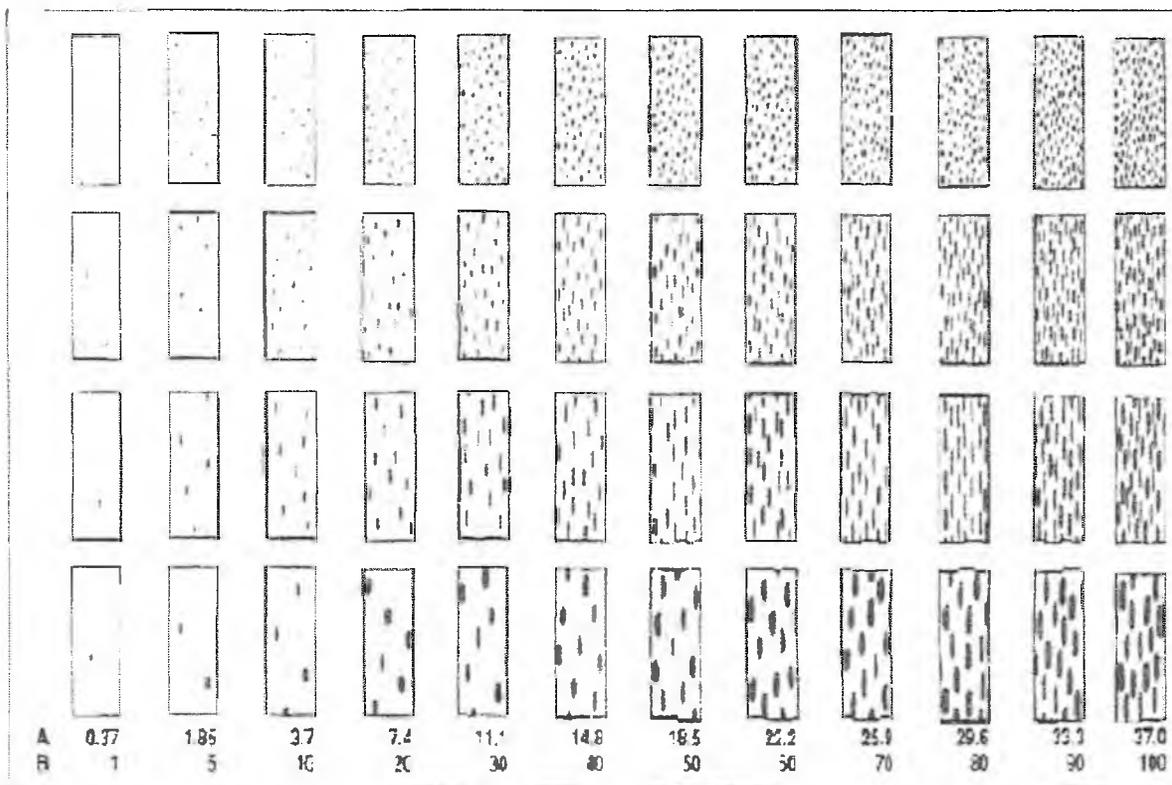
 Borde susceptible Areatotal: 394.25m²
 Tratamientos Areatota: 96m²

Anexo 6. Escala para roya amarilla (campo)

Código	Descripción
O	Infección no visible sobre planta.
R	Clorosis o necrosis visible, sin presencia de uredia.
MR	Presentes pequeñas uredias y rodeadas por áreas cloróticas o necróticas.
M	Presencia de uredias de medida variable algunas con clorosis, necrosis, o ambas.
MS	Presencia de uredias de tamaño mediano y posiblemente rodeadas por áreas necróticas
S	Presencia de uredias largas, generalmente con poco o sin clorosis y sin necrosis.

Fuente: Rust scoring guide CIMMYT.

Anexo 7. Escala modificada de Cobb



Fuente: Peterson *et al.*, 1948.

Anexo 8. Escala de Zadocks

Codificación/Estadio		Codificación/Estadio	
0	Germinación	4	Embucho
0	Semilla seca	41	La vaina de la hoja bandera se extiende
1	Empieza la imbibición	43	Embuchamiento apenas visible
3	Imbibición completa	45	Embuchamiento hinchado
5	La radícula emerge de la semilla	47	La vaina de la hoja bandera se abre
7	El coleoptilo emerge de la semilla	49	Las primeras barbas visibles
9	Hoja justo en la punta del coleoptilo		
		5	Emisión de la espiga
1	Crecimiento de la plántula	51	La primera espiguilla de la espiga apenas visible
10	Primera hoja emerge del coleoptilo	53	Emerge una cuarta parte de la espiga
11	Primera hoja desplegada	55	Emerge la mitad de la espiga
12	Dos hojas desplegadas	57	Emergen tres cuartos de la espiga
13	Tres hojas desplegadas	59	Emisión de la espiga completa
14	Cuatro hojas desplegadas		
15	Cinco hojas desplegadas	6	Floración
16	Seis hojas desplegadas	61	Comienzo de la floración
17	Siete hojas desplegadas	65	Mitad de la floración completa
18	Ocho hojas desplegadas	69	Floración completa
19	Nueve o más hojas desplegadas		
		7	Estado lechoso
2	Macollamiento	71	Madurez acuosa
20	Solo el brote principal	73	Estado lechoso temprano
21	Brote principal y un macollo	75	Estado lechoso medio
22	Brote principal y dos macollos	77	Estado lechoso tardío
23	Brote principal y tres macollos		
24	Brote principal y cuatro macollos	8	Estado masoso
25	Brote principal y cinco macollos	83	Comienzo del estado lechoso
26	Brote principal y seis macollos	85	Madurez masosa suave (la impresión de la uña no permanece)
27	Brote principal y siete macollos	87	Madurez masosa dura (la impresión de la uña se mantiene; la testa pierde clorofila)
28	Brote principal y ocho macollos		
29	Brote principal y nueve macollos o mas	9	Madurez
		91	Grano duro (difícil de dividir con la uña)
3	Alargamiento del tallo	92	Grano duro (no se puede marcar con la uña)
30	Seudotallo erecto (solo cereales invierno)	93	Grano suelto durante el día
31	Se detecta el primer nudo	94	Sobre madurez; paja muerta

32	Se detecta el segundo nudo	95	Dormancia de la semilla
33	Se detecta el tercer nudo	96	Semilla viable germina un 50%
34	Se detecta el cuarto nudo	97	Semilla sin dormancia
35	Se detecta el quinto nudo	98	Dormancia secundaria inducida
36	Se detecta el sexto nudo	99	Dormancia secundaria perdida
37	Hoja bandera apenas visibles		
39	Ligula de la hoja bandera apenas visible		

Fuente: Stubbs *et al.*, 1986

Anexo 9. Tratamientos para roya de la hoja bajo invernadero (Tratamiento roya hoja (Trh)).

Código Trat.	Genotipos/Origen	Roya de la Hoja
Trh 1	29 ESWYT/09 S-105	Raza 1
Trh 2	29 ESWYT/09 S-111	Raza 1
Trh 3	29 ESWYT/09 S-112	Raza 1
Trh4	29 ESWYT/09 S-113	Raza 1
Trh5	29 ESWYT/09 S-117	Raza 1
Trh 6	29 ESWYT/09 S-122	Raza 1
Trh 7	29 ESWYT/09 S-123	Raza 1
Trh 8	29 ESWYT/09 S-124	Raza 1
Trh 9	16 HRWYT/09 S-218	Raza 1
Trh 10	16 HRWYT/09 S-220	Raza 1
Trh 11	16 HRWYT/09 S-223	Raza 1
Trh 12	16 HRWYT/09 S-228	Raza 1
Trh 13	16 HRWYT/09 S-230	Raza 1
Trh 14	16 HRWYT/09 S-232	Raza 1
Trh 15	Linea Avanzada/09 S-12	Raza 1
Trh 16	Linea Avanzada/09 S-6	Raza 1
Trh 17	Linea Avanzada/09 S-31	Raza 1
Trh 18	16 SAWYT/09 S-309	Raza 1
Trh 19	16 SAWYT/09 S-312	Raza 1
Trh 20	16 SAWYT/09 S-313	Raza 1
Trh 21	16 SAWYT/09 S-318	Raza 1
Trh 22	16 SAWYT/09 S-323	Raza 1
Trh 23	16 SAWYT/09 S-331	Raza 1
Trh 24	ST S-35	Raza 1
Trh 25	EF 2010 En-145 S- 2094	Raza 1
Trh 26	EF2010 En-153 S- 1104	Raza 1
Trh 27	EF2010 En-295 S- 1260	Raza 1
Trh 28	EF2010 En-141 S- 2092	Raza 1

Código Trat.	Genotipos/Origen	Roya de la Hoja
Trh 33	EF-2011 S - 1012	Raza 1
Trh 34	EF-2011 S - 1058	Raza 1
Trh 35	EF-2011 S - 1254	Raza 1
Trh 36	EF-2011 S - 1241	Raza 1
Trh 37	EF-2011 S - 1278	Raza 1
Trh 38	EF-2011 S - 1152	Raza 1
Trh 39	EF-2011 S - 1044	Raza 1
Trh 40	EF-2011 S - 1021	Raza 1
Trh 41	EF-2011 S - 1155	Raza 1
Trh 42	EF-2011 S - 1045	Raza 1
Trh 43	EF-2011 S - 1072	Raza 1
Trh 44	EF-2011 S - 1077	Raza 1
Trh 45	30 ESWYT/10 S-142	Raza 1
Trh 46	17 SAWYT/10 S-309	Raza 1
Trh 47	17 SAWYT/10 S-310	Raza 1
Trh 48	17 SAWYT/10 S-311	Raza 1
Trh 49	17 SAWYT/10 S-312	Raza 1
Trh 50	17 HRWYT/10 S-248	Raza 1
Trh 51	17 HRWYT/10 S-249	Raza 1
Trh 52	17 HRWYT/10 S-250	Raza 1
Trh 53	INIAP-ALTAR 82	Raza 1
Trh 54	INIAP-VIVAR 2010	Raza 1
Trh 55	INIAP-COJITAMBO 92	Raza 1
Trh 56	INIAP-COTACACHI 98	Raza 1
Trh 57	INIAP-COTOPAXI 88	Raza 1
Trh 58	INIAP-MIRADOR 2010	Raza 1
Trh 59	MOROCCO	Raza 1
Trh 60	INIAP-QUILINDAÑA 94	Raza 1

Trh 29	EF2010 En-225 S- 1215	Raza 1
Trh 30	EF2010 En-226 S- 1214	Raza 1
Trh 31	EF2010 En-232 S- 2234	Raza 1
Trh 32	EF-2011 S – 1185	Raza 1

Trh 61	INIAP-SAN JACINTO 2010	Raza 1
Trh 62	INIAP-IMBABURA	Raza 1
Trh 63	INIAP TUNGURAHUA 82	Raza 1
Trh 64	INIAP-ZHALAO 2003	Raza 1

Código Trat.	Genotipos/Origen	Roya de la Hoja
Trh 65	29 ESWYT/09 S-105	Raza 2
Trh 66	29 ESWYT/09 S-111	Raza 2
Trh 67	29 ESWYT/09 S-112	Raza 2
Trh 68	29 ESWYT/09 S-113	Raza 2
Trh 69	29 ESWYT/09 S-117	Raza 2
Trh 70	29 ESWYT/09 S-122	Raza 2
Trh 71	29 ESWYT/09 S-123	Raza 2
Trh 72	29 ESWYT/09 S-124	Raza 2
Trh 73	16 HRWYT/09 S-218	Raza 2
Trh 74	16 HRWYT/09 S-220	Raza 2
Trh 75	16 HRWYT/09 S-223	Raza 2
Trh 76	16 HRWYT/09 S-228	Raza 2
Trh 77	16 HRWYT/09 S-230	Raza 2
Trh 78	16 HRWYT/09 S-232	Raza 2
Trh 79	Línea Avanzada/09 S-12	Raza 2
Trh 80	Línea Avanzada/09 S-6	Raza 2
Trh 81	Línea Avanzada/09 S-31	Raza 2
Trh 82	16 SAWYT/09 S-309	Raza 2
Trh 83	16 SAWYT/09 S-312	Raza 2
Trh 84	16 SAWYT/09 S-313	Raza 2
Trh 85	16 SAWYT/09 S-318	Raza 2
Trh 86	16 SAWYT/09 S-323	Raza 2
Trh 87	16 SAWYT/09 S-331	Raza 2
Trh 88	ST S-35	Raza 2
Trh 89	EF 2010 En-145 S- 2094	Raza 2
Trh 90	EF2010 En-153 S- 1104	Raza 2
Trh 91	EF2010 En-295 S- 1260	Raza 2
Trh 92	EF2010 En-141 S- 2092	Raza 2
Trh 93	EF2010 En-225 S- 1215	Raza 2
Trh 94	EF2010 En-226 S- 1214	Raza 2
Trh 95	EF2010 En-232 S- 2234	Raza 2
Trh 96	EF-2011 S – 1185	Raza 2

Código Trat.	Genotipos/Origen	Roya de la Hoja
Trh 97	EF-2011 S - 1012	Raza 2
Trh 98	EF-2011 S - 1058	Raza 2
Trh 99	EF-2011 S - 1254	Raza 2
Trh 100	EF-2011 S - 1241	Raza 2
Trh 101	EF-2011 S - 1278	Raza 2
Trh 102	EF-2011 S - 1152	Raza 2
Trh 103	EF-2011 S - 1044	Raza 2
Trh 104	EF-2011 S - 1021	Raza 2
Trh 105	EF-2011 S - 1155	Raza 2
Trh 106	EF-2011 S - 1045	Raza 2
Trh 107	EF-2011 S - 1072	Raza 2
Trh 108	EF-2011 S - 1077	Raza 2
Trh 109	30 ESWYT/10 S-142	Raza 2
Trh 110	17 SAWYT/10 S-309	Raza 2
Trh 111	17 SAWYT/10 S-310	Raza 2
Trh 112	17 SAWYT/10 S-311	Raza 2
Trh 113	17 SAWYT/10 S-312	Raza 2
Trh 114	17 HRWYT/10 S-248	Raza 2
Trh 115	17 HRWYT/10 S-249	Raza 2
Trh 116	17 HRWYT/10 S-250	Raza 2
Trh 117	INIAP-ALTAR 82	Raza 2
Trh 118	INIAP-VIVAR 2010	Raza 2
Trh 119	INIAP-COJITAMBO 92	Raza 2
Trh 120	INIAP-COTACACHI 98	Raza 2
Trh 121	INIAP-COTOPAXI 88	Raza 2
Trh 122	INIAP-MIRADOR 2010	Raza 2
Trh 123	MOROCCO	Raza 2
Trh 124	INIAP-QUILINDAÑA 94	Raza 2
Trh 125	INIAP-SAN JACINTO 2010	Raza 2
Trh 126	INIAP-IMBABURA	Raza 2
Trh 127	INIAP TUNGURAHUA 82	Raza 2
Trh 128	INIAP-ZHALAO 2003	Raza 2

Anexo 10. Escala para roya de la hoja

Valor en el índice	Descripción del tipo de reacción
0	Inmune: Sin enfermedad
0;	Prácticamente inmune: Sin pústulas, pero pecas (pequeñas áreas de tejido muerto) por hipersensibilidad observable.
1	Muy resistente: Pústulas de la roya aisladas y muy pequeñas, a menudo rodeadas por pecas nítidas y continuas causadas por hipersensibilidad
2	Moderadamente resistente: Las pústulas son de tamaño pequeño o mediano, generalmente presentes en áreas verdosas rodeadas de tejido amarillo, clorótico o muerto.
3	Moderadamente sensible: Las pústulas son de tamaño mediano, generalmente separadas, sin áreas de tejido muero, pueden aparecer partes amarillentas (cloróticas)
4	Sensible: Pústulas grandes, numerosas y con frecuencia unidas, (aglutinadas), sin tejido muerto; la clorosis puede presentarse bajo condiciones de crecimiento desfavorables.
X	Reacciones heterogénea: Las pústulas son variables en tamaño, se pueden encontrar todos los tipos de infección en una hoja; no es posible la separación mecánica. Al aislarse y reinocularse, las pústulas pequeñas pueden producir grandes y viceversa.

Fuente: Stubbs *et al.*, 1986

Anexo 11. Tratamientos para roya de la hoja en campo (Tratamiento roya hoja campo (Trhc)) (Raza más virulenta (Rmv)).

Código Trat.	Genotipos/Origen	Roya de la Hoja
Trhc 1	29 ESWYT/09 S-105	Rmv
Trhc 2	29 ESWYT/09 S-111	Rmv
Trhc 3	29 ESWYT/09 S-112	Rmv
Trhc 4	29 ESWYT/09 S-113	Rmv
Trhc 5	29 ESWYT/09 S-117	Rmv
Trhc 6	29 ESWYT/09 S-122	Rmv
Trhc 7	29 ESWYT/09 S-123	Rmv
Trhc 8	29 ESWYT/09 S-124	Rmv
Trhc 9	16 HRWYT/09 S-218	Rmv
Trhc 10	16 HRWYT/09 S-220	Rmv
Trhc 11	16 HRWYT/09 S-223	Rmv

Código Trat.	Genotipos/Origen	Roya de la Hoja
Trhc 16	Línea Avanzada/09 S-6	Rmv
Trhc 17	Línea Avanzada/09 S-31	Rmv
Trhc 18	16 SAWYT/09 S-309	Rmv
Trhc 19	16 SAWYT/09 S-312	Rmv
Trhc 20	16 SAWYT/09 S-313	Rmv
Trhc 21	16 SAWYT/09 S-318	Rmv
Trhc 22	16 SAWYT/09 S-323	Rmv
Trhc 23	16 SAWYT/09 S-331	Rmv
Trhc 24	ST S-35	Rmv
Trhc 25	EF 2010 En-145 S-2094	Rmv
Trhc 26	EF2010 En-153 S-1104	Rmv

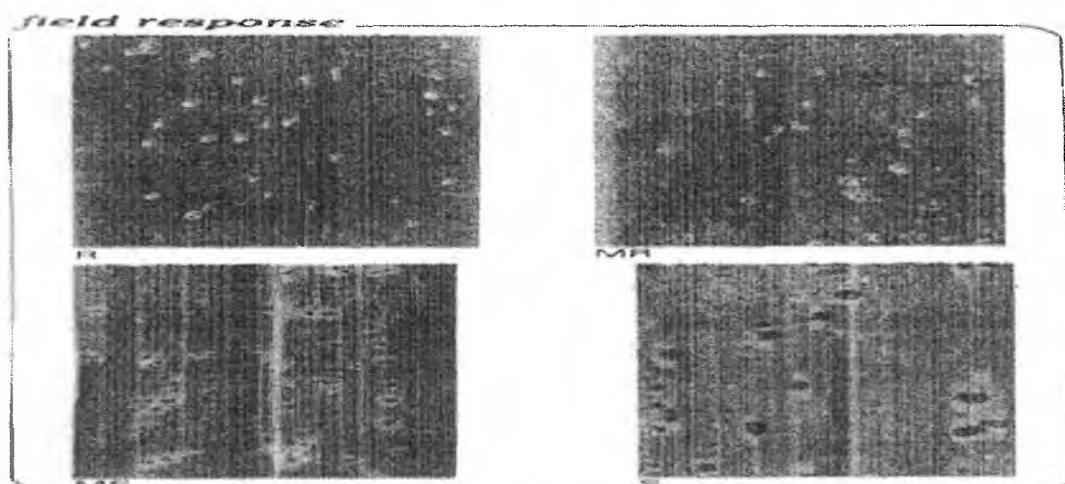
Trhc 12	16 HRWYT/09 S-228	Rmv
Trhc 13	16 HRWYT/09 S-230	Rmv
Trhc 14	16 HRWYT/09 S-232	Rmv
Trhc 15	Línea Avanzada/09 S-12	Rmv

Trhc 27	EF2010 En-295 S-1260	Rmv
Trhc 28	EF2010 En-141 S-2092	Rmv
Trhc 29	EF2010 En-225 S-1215	Rmv
Trhc 30	EF2010 En-226 S-1214	Rmv

Código Trat.	Genotipos/Origen	Roya de la Hoja
Trhc 31	EF2010 En-232 S- 2234	Rmv
Trhc 32	EF-2011 S – 1185	Rmv
Trhc 33	EF-2011 S – 1012	Rmv
Trhc 34	EF-2011 S – 1058	Rmv
Trhc 35	EF-2011 S – 1254	Rmv
Trhc 36	EF-2011 S – 1241	Rmv
Trhc 37	EF-2011 S – 1278	Rmv
Trhc 38	EF-2011 S – 1152	Rmv
Trhc 39	EF-2011 S – 1044	Rmv
Trhc 40	EF-2011 S – 1021	Rmv
Trhc 41	EF-2011 S – 1155	Rmv
Trhc 42	EF-2011 S – 1045	Rmv
Trhc 43	EF-2011 S – 1072	Rmv
Trhc 44	EF-2011 S – 1077	Rmv
Trhc 45	30 ESWYT/10 S-142	Rmv
Trhc 46	17 SAWYT/10 S-309	Rmv
Trhc 47	17 SAWYT/10 S-310	Rmv

Código Trat.	Genotipos/Origen	Roya de la Hoja
Trhc 48	17 SAWYT/10 S-311	Rmv
Trhc 49	17 SAWYT/10 S-312	Rmv
Trhc 50	17 HRWYT/10 S-248	Rmv
Trhc 51	17 HRWYT/10 S-249	Rmv
Trhc 52	17 HRWYT/10 S-250	Rmv
Trhc 53	INIAP-ALTAR 82	Rmv
Trhc 54	INIAP-VIVAR 2010	Rmv
Trhc 55	INIAP-COJITAMBO 92	Rmv
Trhc 56	INIAP-COTACACHI 98	Rmv
Trhc 57	INIAP-COTOPAXI 88	Rmv
Trhc 58	INIAP-MIRADOR 2010	Rmv
Trhc 59	MOROCCO	Rmv
Trhc 60	INIAP-QUILINDAÑA 94	Rmv
Trhc 61	INIAP-SAN JACINTO 2010	Rmv
Trhc 62	INIAP-IMBABURA	Rmv
Trhc 63	INIAP TUNGURAHUA 82	Rmv
Trhc 64	INIAP-ZHALAO 2003	Rmv

Anexo 12. Escala para roya de la hoja (campo)



Fuente: Rust scoring guide CIMMYT.