

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**Herencia a la Resistencia Genética a Roya de la hoja  
(*Puccinia triticina* E), en Trigos duros en Batán Texcoco.**



**POR:**

**VICTOR IVAN CASTEL VEGA.**

**TESIS**

**Presentada como Requisito Parcial  
Para Obtener el Título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

**Saltillo, Coahuila, México  
Junio 2011**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA**

Herencia a la Resistencia Genética a Roya de la hoja  
(*Puccinia triticina E*), en Trigos duros en Batán Texcoco.

Presentada por:  
**VICTOR IVAN CASTEL VEGA.**

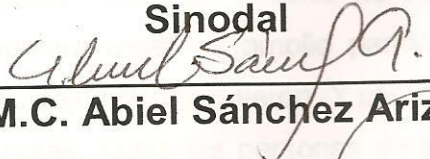
**TESIS**

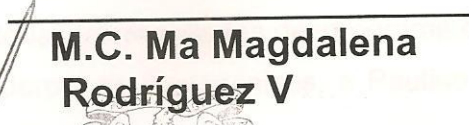
Que se somete a consideración del H. Jurado  
Examinador como requisito  
Parcial para obtener el título de:

**INGENIRO AGRÓNOMO PARASITOLOGO**

Aprobada  
Presidente del Jurado

  
**M. C. Ma. Elizabeth Galindo C**

Sinodal  
  
**M.C. Abiel Sánchez Arizpe**

Sinodal  
  
**M.C. Ma Magdalena  
Rodríguez V**

  
**Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo**

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMIA**

Coordinación  
División de Agronomía

**Saltillo, Coahuila, México.**

**Junio 2011**

## AGRADECIMIENTOS

A la “**Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**”, por arrollarme en su seno, y darme las mejores armas para enfrentar la vida; los conocimientos, para mí son la riqueza más importante. Por siempre llevare en alto tu nombre mi “**ALMA MATER**”.

**AL M. C. Ma Elizabeth Galindo Cepeda.** Por permitirme ser su discípulo, y enseñarme grandes cosas en el área de fitopatología y de la vida. Por su amistad sincera, y por su valioso tiempo dedicado.

**Al M. C. Abiel Sánchez Arizpe.** Por sus grandes e importantes consejos en la redacción del presente trabajo y su más sincera amistad, por forjarme en una persona profesional, además de inculcarme una gran responsabilidad.

**Al M. C. Ma Magdalena Rodríguez V.** Por su valiosa colaboración y correcciones acertadas en este trabajo. Por su gran nobleza y amistad además de su sagrado tiempo en las revisiones de este trabajo.

A todo el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo quien me brindo la oportunidad de realizar este trabajo y aprovechar de sus conocimientos que me obsequio, en especial al Dr. Julio Huerta Espino y Don Javier Varela M, quienes no se limitaron en sus conocimientos para que yo pudiera tener un amplio panorama dentro del rango y sobre todo por sus consejos que me dieron. Y como olvidar a todas las amistades del programa de cruza, todas las personas de los invernaderos, de transgénicos, a Paulino y todo el personal del laboratorio de Fitopatología.

A todo el departamento de Parasitología. En especial a mis amigos; Mayo, Pardo, Alfonso, Adán, Limones, Roberto, Changuito, Oscar. Por lo grandes momentos vividos durante la carrera.

A mis compañeros de cuarto; Luis Martínez Cruz, Emanuel Ramírez Vega, Hugo de Jesús y Tomas Maldonado por la buena amistad incondicional brindada y por el apoyo moral que siempre nos tuvimos.

## DEDICATORIA

### **A Dios y A la Virgen de Guadalupe.**

Por darme la luz del entendimiento y permitirme terminar mis estudios Profesionales satisfactoriamente.

### **A mis Padres.**

Ma de Lourdes Vega Pérez y Víctor I Castel Chávez. Por darme la vida y ser los mejores padres del mundo, por inculcarme siempre los buenos principios, responsabilidad y respeto al trabajo. Porque no hay mejor herencia que el estudio. Por los desvelos especialmente de ti mamá y valorando el desvelo del trabajo tuyo papá. Dios los bendiga donde quieran que anden. Los amo.

### **A mi Hermano.**

Israel Tonatiúh Castel Vega: Por darme el apoyo incondicional, moral y sentimental a demás de su paciencia de estar solo cuando más necesitaba de su hermano te amo hermano y muchas gracias por confiar en mi dios te bendiga.

De manera especial **a mi futura Esposa Ilse Lizbeth Rosales Rueda**, por el gran amor que me ha demostrado, por su paciencia y por confiar en mí, te amo mami.

### **A mis primos (as).**

Román, José Manuel, Dora luz, Yesica, Michael, Susana, Yurani, Constantino, Fátima, Fernanda, Luciana, Oscar, Uriel, Fernando, Andrés, Luciano, Ivonne, Jacqueline, Érica.

**A mis abuelos.****Luciano Vega Hernández ( ), Eduwiges Pérez Montes.****Salvador Castel Castañeda ( ), Elvira Chávez Rivera ( ).**

Quien gracias a ellos y sus consejos pude lograr mi meta y ser alguien en esta vida y que los recordare con todo mi corazón, gracias por saber guiar a su nieto para poderse defender en la vida.

**A toda mi familia:**

Castel: Por su confianza y apoyo.

Vega: Por sus consejos, su confianza en mí, por todo el apoyo moral y sin dejar a un lado a sus esposas y esposos muchas gracias.

**INDICE DE CONTENIDO**

<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>iv</b>
<b>INDICE DE CUADROS.....</b>	<b>viii</b>
<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>ix</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>3</b>
<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>3</b>
<b>REVISION DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
<b>Antecedentes del patógeno.....</b>	<b>4</b>
<b>Epidemiología.....</b>	<b>6</b>
<b>Signos de <i>Puccinia triticina E</i>.....</b>	<b>7</b>
<b>Herencia de la resistencia.....</b>	<b>9</b>
<b>Identificación de razas fisiológicas de la roya de la     hoja.....</b>	<b>10</b>
<b>METODOS DE CONTROL.....</b>	<b>12</b>
<b>Control cultural.....</b>	<b>13</b>
<b>Control químico.....</b>	<b>13</b>

<b>Ubicación del experimento.....</b>	<b>14</b>
<b>Obtención del inóculo.....</b>	<b>14</b>
<b>Incremento de plantas susceptibles.....</b>	<b>15</b>
<b>Aislamiento monopostular.....</b>	<b>15</b>
<b>Incremento de aislamientos.....</b>	<b>17</b>
<b>Siembra de diferenciales de la roya de la hoja.....</b>	<b>18</b>
<b>Inoculación de plántulas.....</b>	<b>19</b>
<b>Evaluación de la enfermedad.....</b>	<b>21</b>
<b>Recolección de inóculo en invernadero.....</b>	<b>24</b>
<b>Prácticas culturales.....</b>	<b>26</b>
<b>Análisis estadístico.....</b>	<b>26</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>	<b>29</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>34</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>35</b>
<b>APENDICE.....</b>	<b>38</b>

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.- Condiciones climáticas para la roya de la hoja.....	7
Cuadro 2.- Juego de diferenciales para razas de <i>Puccinia recóndita</i> .....	11
Cuadro 3.- Respuesta del hospedante y descripción de las reacciones de infección usadas para evaluar roya en hoja.....	21
Cuadro 4.- Toma de nota de diferenciales.....	28
Cuadro 5.-Reporte de los tratamientos.....	29
Cuadro 6.-Descripción genética.....	33
Cuadro 7.-Comparación de una descripción genética.....	33



## INDICE DE FIGURAS

Fig. 1.-Epidemiología de <i>Puccinia triticina</i> E .....	6
Fig. 2.-Sintomatología de la roya de la hoja .....	8
Fig. 3.- Área de muestreo.....	14
Fig. 4.-Incremento del inoculo.....	15
Fig. 5.-Incremento de inoculo monopostular.....	16
Fig. 6.-Camara de nebulización.....	17
Fig. 7.-Colecta del inoculo.....	18
Fig. 8.-Siembra de diferenciales.....	19
Fig. 9.-Germinación de la plántula de los diferenciales.....	19
Fig. 10.-Planta con rocío.....	20
Fig. 11.-Planta en invernadero con síntomas.....	20
Fig. 12.-Escala de severidad.....	22
Fig. 13.-Inoculación en campo.....	23
Fig. 14.-Preparación de charolas.....	24

Fig. 15.-Riego de charolas.....	24
Fig. 16.-Proceso de recolección de roya.....	25
Fig. 17.-Material de colecta de inóculo de <i>P. recóndita</i> .....	25
Fig. 18.-Planta sana.....	29
Fig. 19.-Reaccion de respuesta a la inoculación de <i>P. recóndita</i> ...	29
Fig. 20.-Diferenciales a evaluar.....	31

El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), es una organización internacional, sin fines de lucro, que se dedica a la investigación científica y a la capacitación. Cuenta con su sede en México y lleva a cabo programas de investigación a nivel mundial sobre el maíz, trigo y triticale, orientados a mejorar la productividad de los recursos agrícolas en los países en desarrollo. El CIMMYT es uno de los trece centros internacionales, con el cuentan investigadores con el propósito de mejorar la productividad a nivel mundial.

A través del CGIAR (Consultative Group on International Agricultural Research) Grupo Consultivo Sobre Investigación Agrícola Internacional, el CIMMYT recibe fondos para su presupuesto básico de varias fuentes.

## INTRODUCCIÓN

El trigo es cultivo que se siembra en grandes extensiones de zonas templadas del mundo y es utilizado en la gran escala de la alimentación del ser humano.

Se clasifica dentro del género *Triticum*, que tuvo su origen en las tierras fértiles de las tierras de Mesopotamia. La especie *Triticum turgidum* var *durum* Desf. ( $2n=4X=28$ ), conocida como trigo duro, macarrónero o cristalino, es el resultado del cruzamiento natural de dos cruzamientos diploides. Esta especie probablemente se origino en Egipto o cualquier otro país del mediterráneo. Las principales variedades de trigos tetraploides son cultivados en áreas semiáridas del mundo.

El trigo duro fue sembrado en aproximadamente 17 millones de hectáreas en el mundo respetando el 8% del área sembrada con las especies del género *Triticum*. Su producción está concentrada en el oriente medio, Norte de África, Continente Asiático y Europa (Mediterráneo). Otras áreas productoras incluyen parte de Etiopia, Argentina, Chile, México, Estados Unidos y Canadá. (Torres García Rocío. Genética de la Resistencia a la Roya de la Hoja en Trigos Duros. Tesis. Genética de la resistencia a roya de la hoja (*Puccinia triticina* E). En familias F3 Y F5 de trigos duros (*Triticum turgidum* var. *Durum* L).

En México el trigo duro es importante en el Noroeste, donde es cultivado bajo condiciones de riego, específicamente en los valles del Yaqui y del Mayo, en el estado de Sonora y en los Valles del Carrizo y del Fuerte, en el estado de Sinaloa. En esta región se siembran durante el ciclo otoño invierno cerca de 250 mil hectáreas. En el periodo 1999 – 2000 el consumo nacional industrial fue de 370 mil toneladas, para la exportación se dedicaron 530 mil y la industria porcina demandó 490 mil toneladas, mientras que en los periodos 2000 -2003 el consumo nacional aumento a 420,000 toneladas, se exportaron 360 mil y para la industria porcina fueron destinadas 220,000. Roelfs, *et.al* 1992.

El área cosechada en México de trigos harineros es superior a la de trigos duros, debido a que la demanda de los primeros es alrededor del 85% del consumo nacional, puesto que su harina es utilizada para la elaboración de pan, tortillas, galletas, pasteles, etc., mientras que los macarroneros sólo se utilizan para la fabricación de pastas (Villaseñor, 2000). La producción de trigos harineros en el sur de Sonora fue importante hasta la década de los ochenta, ya que por la aparición de la enfermedad conocida como carbón parcial (*Tilletia indica* Mit), este cultivo fue cuarentenado en esta región mediante la norma oficial fitosanitaria NOM-001-FITO-2001, dando paso a la siembra de trigos duros, especie que es resistente a este patógeno. Durante el período 1990 - 1991 se reporta una producción de trigo para el estado de Sonora de 1,175,000 toneladas, de las cuales el 10% fueron trigos duros, mientras que para el período 2001 – 2002 la producción fue de 1,670,000 toneladas, de las cuales el 78% correspondido a trigos duros, por otra parte, los productores que siembran este trigo en el Sur de Sonora han encontrado un mercado importante para su producto en las exportaciones hacia otros países, lo que explica el incremento en su área sembrada en esta región.

Por más de 30 años que fué cultivado en pequeña escala el trigo duro en el Noroeste de México, las variedades mostraron inmunidad a la roya de la hoja.

Sin embargo, cuando la superficie se incremento, se propiciaron condiciones para que el ciclo 0-1 2000 -2001, una raza nueva, denominada BBG/VN, rompiera la residencia de la variedad Altar C84; esta raza ha causado pérdidas de hasta 320 millones de pesos durante los últimos tres ciclos de cultivo.

Esta nueva raza fisiológica que fue detectada en el Noroeste de México ya está presente en casi todas las zonas trigales del país, dando como resultado que más del 90% de la variedad genética disponible en los trigos duros en México sea susceptible. Por lo que considera necesario diversificar y aumentar las fuerzas de resistencia.

Debido a la importancia económica que representa la raza de BBG/VN en la producción nacional de trigos duros.

**OBJETIVO.**

Determinar la herencia de la resistencia en plántula a la infección causada por la roya de la hoja *P.triticina* E, en trigos duros ventureros colectados en la región de la Mixteca Oaxaqueña, como una fuente de resistencia diferente a la disponible.

**OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- ❖ Evaluar tolerancia de la variedad Atil de trigo a la roya de la hoja (*P. triticina*).
- ❖ Identificación de razas fisiológicas.

Palabras claves:

El trabajo presenta el cómo poder identificar, evaluar y como llevar a la práctica de un buen manejo en campo he invernadero a cerca de la roya de la hoja principalmente en trigos cristalinos.

## REVISION DE LITERATURA

### Antecedentes del patógeno.

Las royas de las plantas, ocasionadas por Basidiomycetes del orden Uredinales se encuentran entre las enfermedades de las plantas más destructivas, han ocasionado hambre y arruinado la economía de grandes áreas y países enteros. Se conocen mejor por sus efectos devastadores que despliegan sobre los cultivos de granos, especialmente trigo, avena y cebada, estas royas atacan principalmente a las hojas y los tallos y en ocasiones a los frutos y flores.

Por lo común, las infecciones causadas por las royas tienen el aspecto de numerosas manchas de color rojizas, anaranjadas, amarillas o incluso de color blanco que ocasionan el rompimiento de la epidermis, la formación de hinchamientos y agallas. La mayoría de las infecciones por royas son estrictamente manchas locales, pero algunas pueden extenderse internamente hasta un grado más o menos limitado. Existen alrededor de 4000 especies de estos hongos.

La mayoría de las royas son parásitos muy especializados y atacan a ciertos géneros hospedantes a solo ciertas variedades de plantas, las royas que son morfológicamente idénticas pero que atacan a diferentes géneros hospedantes se consideran como formas especiales ( *formae specialis* ), como en el caso de *Puccinia graminis* f.sp. tritici en el trigo. Dentro de cada forma especial de una roya hay muchas de las denominadas razas patógenas (razas fisiológicas) que atacan solo a ciertas variedades dentro de cada especie y pueden detectarse e identificarse solo mediante una serie de variedades diferenciales que infectan.

Los hongos de las royas son parásitos obligados, aunque en la actualidad algunas de ellas se han podido cultivar en medios especiales en el laboratorio.

Otras royas producen además de teliosporas y basidiosporas espermacios (primeramente conocidos como picniosporas) en este orden y se les denomina **royas macrocíclicas o de ciclo de vida largo**. En algunos

casos las royas macrocíclicas, pueden faltar los espermacios las uredosporas o ambos. Aun cuando las basidiosporas se forman sobre los basidios, las demás formas de esporas lo hacen en estructuras fructíferas especializadas y denominadas esperma gonios, (conocidos también como uredinios) y telias respectivamente. Roelfs, *et.al.* 1992.

En las primeras crónicas no se distingue la roya de la hoja de la roya del tallo.

Para 1815 Candolle distinguió la roya de la hoja de otras royas del trigo y en el mismo año la de nomino *Uredo rubigo-vera*. Eriksson y Henning descubrieron los agentes causantes de las royas foliares del trigo y el centeno como *Puccinia dispersa*.

El nombre del patógeno sufrió una serie de modificaciones hasta que Cummins y Caldwell en 1956 propusieron el de *Puccinia triticina*. Caldwell, R.M. *et al.* (1930).

El hongo causante de la enfermedad pertenece a la:

**Clase:** Basidiomycetes.

**Subclase:** Heterobasidiomycetidae.

**Orden:** Uredinales.

**Familia:** Puccinaceae.

**Genero:** *Puccinia*.

**Especie:** *triticina*.

*Puccinia triticina* es un Uredinal imperfecto, los uredinios son de color rojo anaranjado, puede medir hasta 1.5 mm de diámetro, de redondos a ovoides y se caracterizan por ser uredinios elevados ; presentan uredinosporas equinuladas, esféricas, de color naranja o rojo oscuro y usualmente llegan a medir 20 a 28 mm de diámetro. Las telias se localizan en el envés de hoja, del mismo tamaño que los uredinios, presentando teliosporas bi-celulares de color café oscuro, redondas o aplanadas en su vértice. Fig. 1



## Epidemiología de *Puccinia triticina*

Los hongos que causan las royas por lo general son parásitos obligados, pues son incapaces de completar su ciclo de vida en ausencia de una planta hospedera, las urediniosporas inician la germinación den 30 min, posteriormente al contacto con el agua libre con temperaturas de 15-25 °C. El tubo germinal se desarrolla a lo largo de la superficie foliar hasta que llega a un estoma, se forma entonces un apresorio, seguido inmediatamente por un desarrollo de un gancho de penetración y una vesícula subestomatica a partir de la cual crecen las hifas primarias. Aparece una célula madre del haustorio contra las células del mesofilo y se produce la penetración directa. El periodo entre la germinación de las esporas y la esporulación puede abarcar 7 a 10 días cuando las temperaturas son óptimas y constantes, pero con temperaturas bajas (10 a 15 °C ) se requieren periodos más prolongados.( Cuadro No 1)

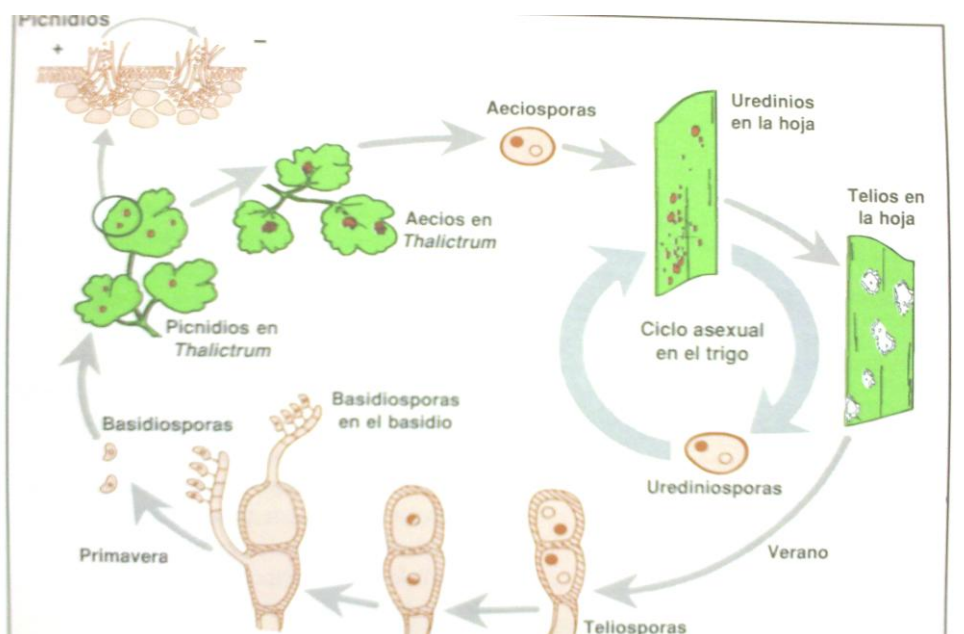


Fig. No 1. Epidemiología de *Puccinia triticina* E.

**Cuadro No 1.- Condiciones climáticas para la roya de la hoja.**

Estadios	Mínima	Optima	Máxima	Luz	Agua
Roya de la hoja					
Germinación	2°C	20°C	30°C	Poca	Esencial
Esporofito	5°C	15-20 °C	30°C	Poca	Esencial
Apresorio		15-20°C		Ninguna Ningún	Esencial
Penetración	10°C	20°C	30°C	efecto	Esencial
Crecimiento	2°C	25°C	35°C	Mucha	Ninguna
Esporulación	10°C	25°C	35°C	Mucha	Ninguna

**Signos de *Puccinia triticina* E.**

Después de emerger las plántulas todas las partes aéreas son susceptibles, sin embargo, las estructuras más dañadas son las hojas, al iniciarse la infección presentan manchas cloróticas de forma redonda u ovaladas, después se desarrollan los uredinios o pústulas de color café rojizo-naranja los cuales contienen las masas de urediniosporas que se observan como polvillo de color rojo-naranja sobre las láminas de las hojas como si estuviesen oxidadas o enmohecidas. Las pústulas o lesiones se distribuyen en el haz de las hojas, pero las variedades susceptibles se les pueden encontrar en vainas, pedúnculos, glumas y aristas. (Fig.No.2)

## SÍNTOMAS Y MORFOLOGÍA DE LAS ESPORAS DE LAS ROYAS

### ROYA DE LA HOJA

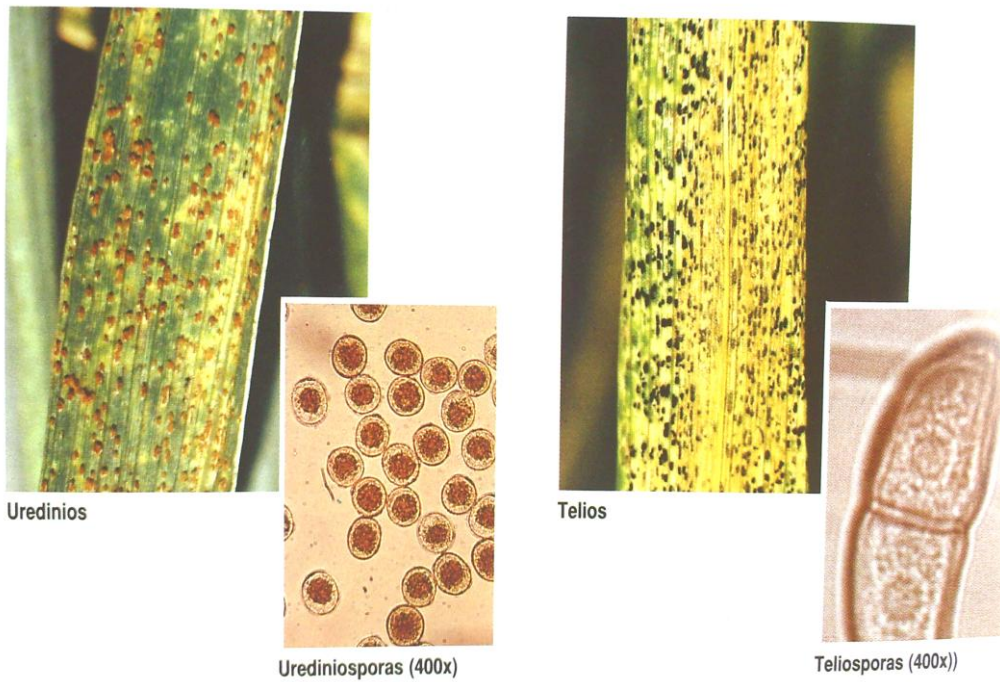


Fig. No 2.- Sintomatología de la roya de la hoja (*Puccinia triticina E*) de acuerdo a Roelfs, et.al. 1992.

## Herencia de la resistencia

Para la herencia mono génica se registra la primera observación de la respuesta de los híbridos en una F1, una respuesta resistente similar a la de un progenitor resistente que indica la dominancia de la resistencia. Sin embargo, cuando la F1 es susceptible, entonces la resistencia está siendo determinada por genes recesivos. La dominancia parcial se caracteriza por una respuesta intermedia. El control de esta enfermedad se ha logrado mediante el uso de variedades resistentes. Los inicios del mejoramiento en México fueron encaminados a usar genes de resistencia específica que facilitaban la selección al cruzar resistente por susceptible o resistente por resistente; estos factores heredan en forma mendeliana, lo cual orienta a los mejoradores a seleccionar altos niveles de resistencia o casi inmunes. (Mariscal Amaro Luis Antonio. Genética de la Resistencia de la Roya de la Hoja en Líneas Elite de Trigo Duro para Riego. Tesis.)

A través del mejoramiento genético se han logrado acumular genes de resistencia en las variedades Mexicanas. Aunque el fitomejorador a trabajado constantemente en el período de resistencia efectiva de una variedad para prolongar su ciclo de vida, algunos mejoradores han sugerido varios procedimientos; Rosen sugirió el uso de poblaciones compuestas, Jensen propuso el uso de variedades multilíneas y Borlaug el uso de variedades compuestas.

Para 1970 el concepto de resistencia no específica o resistencia general controlada por un mayor número de genes de efectos aditivos y supuestamente de raza no específica, como consecuencia de esto, también fue posible estudiar la genética de este tipo de resistencia y determinar el número mínimo de genes para obtener niveles óptimos de resistencia.

Herrera- Foessel *et- -al.* (2005), realizaron un análisis genético con nueve progenitores de trigos duros que involucran a Júpare C2001, Hualita,

Pohowera, Somateria, Llareta INIA, Camayo, Storlom, Guayacan 2 y Guayacan INIA, los cuales fueron cursados con el progenitor susceptible Atil C2000. En el estudio, Atil C2000 exhibió un 100% de severidad, cinco progenitores (Jupare C2001, Hualita, Pohowera, Smetaeria y Storimo) fueron inmunes a la enfermedad, Llareta INIA, Guayacan 2 y Guayacan INIA, presentaron rastros de severidad (1% ) con reacciones de resistencia o resistencia moderada y Camayo presentó de un 5 a 10% de infección con una reacción de resistencia. Somateria y Llareta INIA presentaron respuestas F1 similares a la de los progenitores resistentes, indicando que la resistencia fue dominante. En las cruza resistentes, la resistencia fue parcialmente dominante. (Torres Rivera Tomas Willibaldo. Identificación de Genes de Resistencia la Roya de la Hoja en 18 Genotipos de Trigo. Tesis).

### **Identificación de las razas fisiológicas de la roya de la hoja**

La identificación de razas fisiológicas se puede hacer de acuerdo con las respuestas de diferentes variedades de trigo a las infecciones de un aislamiento de roya pura, se revisan las plántulas de un número determinado de variedades. Según de la clasificación de la respuesta de los hospedantes, se pueden emplear trabajos publicados para determinar un número de razas en caso de ser una raza nueva. Actualmente la base del estudio de razas fisiológicas se puede desarrollar a partir de teoría gen a gen propuesta por Flor, en donde cada patógeno está compuesto por un gran número de formas fisiológicas separables por el tipo de virulencia, la cual se manifiesta por la interacción de los genes específicos del hongo con los específicos del hospedante; estas formas fisiológicas parecen innumerables, pero más importante que su número es su frecuencia. (Rodríguez Contreras Ma. Elsa. Genética de la Resistencia a Roya de la Hoja en Trigos Duros. Tesis. Genética a la resistencia a roya de la hoja (*Puccinia triticina* E.) En trigos duros (*Triticum turgidum* var. *Durum* L).

En México, de 1988 a la fecha se han identificado alrededor de unas 50 razas fisiológicas que explican el porqué una variedad es susceptible en una región y resistente en otra, o porque en una variedad siendo resistente se torna susceptible. Long y Kolmer, 1989, propusieron un sistema de nomenclatura para designar las razas fisiológicas, donde las combinaciones de virulencia se les designan un código de tres letras. Los genes resistentes a la roya del trigo, se denominan después de las primeras letras del nombre común (en inglés) de la enfermedad.

Así para la roya de la hoja ( Leaf rust ) *Lr*, la virulencia de los genotipos en la escala de 0-4 por los altos tipos de infección (susceptible) y la avirulencia se determina por los bajos tipos de infección (resistente).

Singh ( 1991 ) agrego dos juegos para las condiciones de México, los genes empleados en la determinación de razas fisiológicas son: *Lr1*, *2<sup>a</sup>*, *2c*, *3*, *3bg*, *3ka*, *9*, *10*, *11*, *13*, *15*, *16*, *17*, *18*, *19*, *23*, *24*, *27+31* y *30*. Como se observa en el cuadro 2. Se toman para la evaluación dos reacciones de infecciones susceptibles ( 3 y 4 ) y resistente ( 0;, 1, y X ).

Cuadro 2.-Juego de diferenciales para razas de *Puccinia recondita*

Código de raza <sup>a</sup>	Reacción en el diferencial o gen				
	Set 1	<i>Lr 1</i>	<i>Lr 2a</i>	<i>Lr2c</i>	<i>Lr 3</i>
	Set 2	<i>Lr 9</i>	<i>Lr 16</i>	<i>Lr 24</i>	<i>Lr26</i>
	Set 3	<i>Lr 3ka</i>	<i>Lr 11</i>	<i>Lr 17</i>	<i>Lr 30</i>
	Set 4	<i>Lr 3bg</i>	<i>Lr 13</i>	<i>Lr 15</i>	<i>Lr 18</i>
	Set 5	<i>Lr 10</i>	<i>Lr 19</i>	<i>Lr 23</i>	<i>Lr 27+31</i>
B		R	R	R	R
C		R	R	R	S
D		R	R	S	R
F		R	R	S	S
G		R	S	R	R
H		R	S	R	S
J		R	S	S	R
K		R	S	S	S

L	S	R	R	R
M	S	R	R	S
N	S	R	S	R
P	S	R	S	S
Q	S	S	R	R
R	S	S	R	S
S	S	S	S	R
T	S	S	S	S

**S**= Reacción tipo susceptible; **R**= Reacción tipo resistente.

<sup>a</sup>Código de raza que indica el comportamiento de las cuatro diferenciales en el juego correspondiente.

El código de set de los diferenciales usados en la nomenclatura para la determinación de razas fisiológicas de la roya de la hoja (*P. triticina*), se tiene que los primeros tres juegos concuerdan con el sistema de USA y Canadá y los set 4 y 5 describen la variación de las poblaciones de la roya de la hoja en México.

## **METODO DE CONTROL**

Las pérdidas en el rendimiento y la epidemiología de la roya de hoja son de gran impacto económico en la producción de trigo, motivo por el cual se requiere el empleo de diferentes estrategias para el control de la enfermedad. El manejo integrado es el más adecuado, ya que combina las prácticas de cultivo, el uso de variedades resistentes y/o la aplicación de plaguicidas.

## **Control cultural**

El manejo de las fechas de siembra, la frecuencia y la cantidad de riegos y aplicaciones de fertilizantes pueden ayudar a combatir las enfermedades. Las prácticas de cultivo constituyen un método para lograr al menos un control parcial de las epifitias de la roya del trigo. Antes de la utilización de las variedades resistentes, los agricultores mexicanos habían aprendido a sembrar temprano para evitar el daño de roya del tallo. La eliminación del rastrojo mediante la labranza o la eliminación de plantas voluntarias varias veces durante en el ciclo en el que se cultiva trigo, también se utiliza para determinar las infecciones.

## **Control químico**

Dentro de los fungicidas sistémicos empleados para el control de la roya se encuentra en el grupo de los triazoles, el cual es el más grande de los inhibidores de la biosíntesis del ergosterol, el cultivo del trigo responde favorablemente a la aplicación de fungicidas.

La epidemia provocada por la roya durante el ciclo agrícola 1976-1977 en el Noroeste de México fue combatida mediante la aplicación de fungicidas como el Bayletón (Triadimefon).



# MATERIALES Y METODOS

## Ubicación del experimento.

Este experimento fué realizado en el Batán Texcoco Edo de México en el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo con el objetivo de complementar y dar culminación al trabajo de tesis. Cuyo centro se encuentra en Km. 45 Carretera México- Veracruz.

### OBTENCIÓN DEL INOCULO.

1. En el primer caso se toma una muestra de roya en el campo, para determinar el tipo de raza colectada.



Fig. No 3: Área de muestreo.

## 2. Inoculación de plantas susceptibles.

Cuando transcurren 16 días después de la siembra, las plántulas son inoculadas con una suspensión de urediniosporas de roya de la hoja de la raza BBG/BN. Las esporas fueron suspendidas en aceite mineral (sotrol 170 ). La concentración de esporas utilizadas fue de 2-3 mg/ml de aceite.

El momento adecuado para de la inoculación fue cuando las plántulas presentaron la hoja primaria bien extendida. Se asperjaron de manera uniforme, tratando de cubrir toda la planta, usando un atomizador conectado a un compresor de aire. Una vez que las plantas se inocularon, se dejan reposar por veinte minutos; luego se colocaron por 16 horas dentro de una cámara con humidificador a 100% de humedad relativa; posteriormente se trasladaron al invernadero donde se mantuvieron a una temperatura entre 20 a 24 °C, hasta la aparición de pústulas. Se utilizo **MOROCCO**: para trigos harineros y **ATIL**: que es muestra de trigos duros.



Fig. No 4.- Incremento de inoculo

## 3. Aislamientos mono postular.

Para realizar aislamientos monopostulares de la colecta, se hicieron inoculaciones en plántulas de MOROCCO, con 8 días de edad. A los 5 días todos los tratamientos de la variedad morocco fueron tratados con ácido maleico para regular el crecimiento de las plántulas; estas se mantuvieron dentro del invernadero, los cuales fueron nutridas con fertilizantes solubles

como son: 17-17-17 de N, P y K respectivamente. La inoculación se efectuó suspendiendo las urediniosporas de roya de la hoja en aceite mineral y se asperjaron sobre la lámina de la hoja primaria justo cuando esta extendida por completo. Se asperjan de manera uniforme tratando de cubrir toda la plántula, usando un atomizador conectado a un compresor de aire, una vez terminando de inocular se deja, secar por 20 minutos y luego se coloca en una cámara humedad donde se generó rocío por 12 horas; después son trasladadas a un invernadero cuyas temperaturas oscilan de 20 a 24°C, después los aislamientos fueron colocados en jaulas individuales cubiertas con plástico para evitar la contaminación.



Fig. No 5.- Incremento de inoculo monopostular.



Fig.6.- Cámara de nebulización.

#### 4.- Incremento de aislamientos.

Los estudios de las royas de los cereales exigen aumentar y conservar el inóculo, el cual en la mayoría de los casos, esta constituido por urediniosporas. Este se hizo en el invernadero de CIMMYT, ubicado en el Batán en el Estado de México, una vez en el laboratorio todo el material fue limpiado y conservado perfectamente; las esporas de las muestras en la hojas se colectaron utilizando boquillas recolectoras conectadas a un compresor, almacenándolas en una cápsula de gelatina y sometiéndolas a refrigeración a una temperatura de  $-55^{\circ}\text{C}$ .



Fig. No 7.- Colecta del inoculo.

#### 5.- Siembra de diferenciales de la roya de la hoja.

Se sembraron 48 diferenciales en una charola de 20 x 30 cm. Conteniendo suelo de una mezcla de tierra, la cual consistía de 50% arena y 50% peat moss previamente desinfectada; se les aplicó un riego de saturación, para después marcar con una plancha de acero pequeños orificios de un centímetro de diámetro por dos centímetros de profundidad ya que no debe de ser muy profunda para que pueda tener una mejor germinación. La disposición fue de 8 hileras y 6 columnas; estas fueron sembradas de izquierda a derecha colocando en cada uno de los orificios de 6 a 8 semillas; se les aplicó una ligera capa de tierra para cubrirlas y posteriormente dar un riego ligero. Fig. 8

Para la siembra de familias se siguió el mismo procedimiento, se utilizaron 20 charolas de plástico de 20 x 30 cm., con la misma mezcla de suelo y marcadas con la plancha de acero con pequeños surcos de 16 cm., de longitud por 2 centímetros de profundidad y la disposición fue de 6 columnas y 8 hileras, se sembró de izquierda a derecha colocando en cada uno de los surcos de 20 a 25 semillas. Posteriormente las charolas se colocaron en un invernadero con temperaturas de 18°C a 24°C. Fig 9



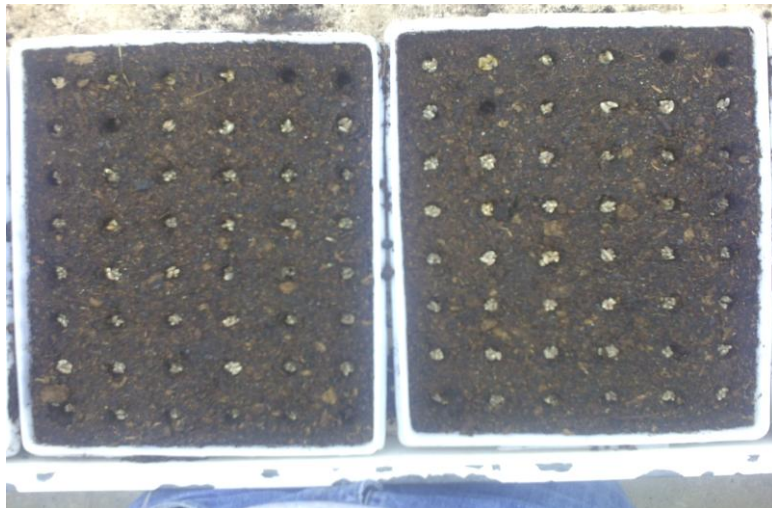


Fig. No 8.- Siembra de diferenciales.

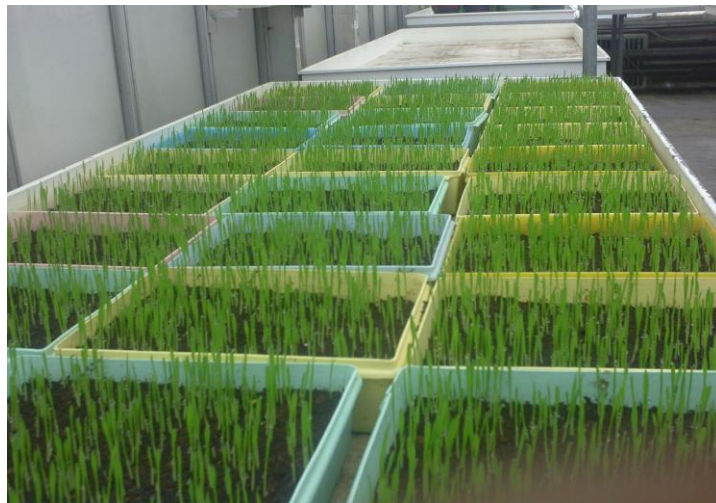


Fig. No 9.- Germinación de plántulas de los diferenciales.

### Inoculación de plántulas.

Cuando los diferenciales ya están germinados, son extraídos del invernadero y pasan al proceso de inoculación donde son cubiertos con aceite mineral, son cubiertas todas las hojas en su totalidad; se asperjan de manera uniforme utilizando un atomizador conectado a un compresor de aire. Una vez terminada de inocular, se deja secar por 20 minutos y luego son ingresadas a

una cámara donde son cubiertas en su totalidad por rocío. (Fig 10) Después de 12 horas en donde son tratadas en la cámara se extraen y vuelven a ser colocadas en el invernadero cuya temperatura debe ser de 20 a 24°C.



Fig. No 10.- Planta con rocío.



Fig. No11.- Planta en invernadero con síntomas.

### Evaluación de la enfermedad en campo.

La lectura o toma de notas se llevaron a cabo 12 días después de la inoculación una vez, que se presentó la infección. La evaluación de las plántulas se realizó de manera visual, tomando en cuenta las reacciones de infección producida por el patógeno de la hoja inoculada. Para realizar la evaluación se usó la escala de 0 a 4, en donde 0 = inmune y 4 = susceptible, con lecturas intermedias tal y como se observa en el cuadro, No 3, evaluándose mediante el conteo total de plántulas inoculadas; posteriormente se contabilizó el número de plántulas resistentes, el número de plántulas intermedias o segretantes y el número de plántulas susceptibles. Para el propósito del análisis, solo se consideraron dos grupos de fenotipos que son los susceptibles (3 a 3+ o 4) y los resistentes que son (0, “;”, 1 a 2).

Cuadro 3.- Respuestas del hospedante y descripciones de las reacciones de infección usadas para evaluar roya de la hoja en trigo.

Respuesta del Hospedante (clase)	Tipo de infección Escala 0 – 4	Síntomas o signos de la enfermedad
Inmune	0	Ningún uredinio presente.
Casi inmune	;	No uredinio pecas cloróticas o necróticas presentes que indican hipersensibilidad.
Muy resistente	1	Uredinios pequeños rodeados por necrosis.
Moderadamente Resistente	2	Uredinios pequeños o de tamaño mediano a menudo rodeados por clorosis o necrosis; puede haber una isla verde rodeada por un borde clorótico o necrótico.
Heterogénea	X	Uredinios de tamaño variable distribuidos al azar en una sola hoja.
Moderadamente susceptible	3	Uredinios de tamaño mediano que está asociado con ciertas clorosis.
Susceptible	4	Uredinios grandes sin clorosis.



(En la escala: **0**, **;**, **1**, **2** y **X** son resistentes, **3** y **4** son susceptibles). Las reacciones de infección se detallan de la siguiente manera: = uredinios muy pequeños en la reacción de infección; - uredinios algo pequeños en la reacción de infección; + uredinios grandes en la reacción de infección; ++, uredinios muy grandes en la reacción de infección; **C** indica más clorosis de lo normal; **N** presencia de necrosis en la reacción de infección). Fig No 12

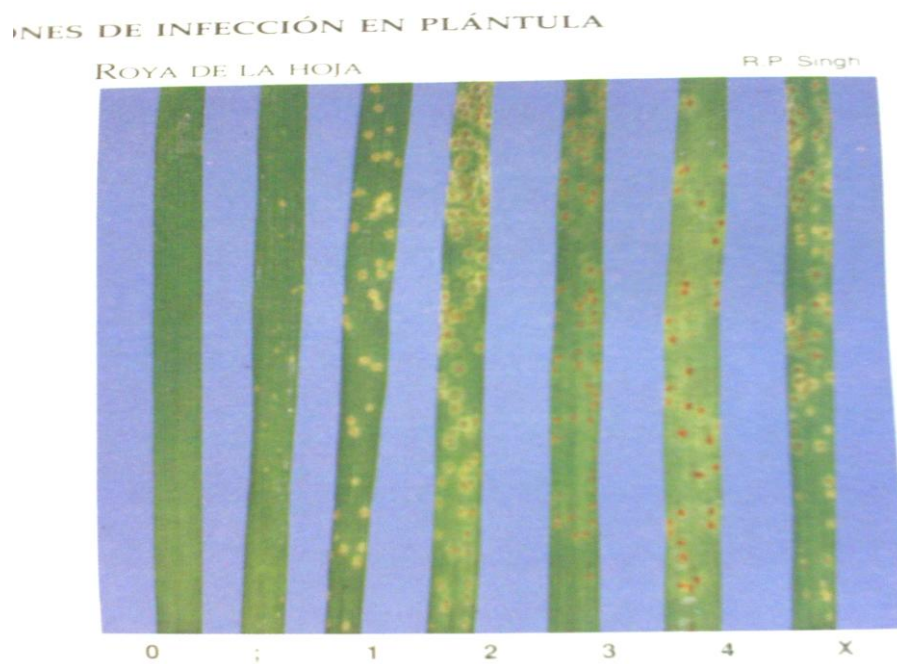


Fig. No 12.- Escala de severidad de la roya *P. triticina*.

Ya que se determinó el tipo de raza de roya, está es transportada y puesta directamente al campo, se toma de la muestra de roya y se coloca en un atomizador manual aproximadamente de un litro y es disuelto en aceite mineral (sotrol); esto debe de ser aplicado de preferencia a medio día o cuando no existe suficiente rocío en el campo ya que el inóculo se puede evaporar con las partículas de agua y no es aprovechada en su totalidad por eso es recomendable dichas condiciones en el cultivo en el que se aplico fué dividido por lotes al empezar cada hilera cuenta con un bordo dependiente a dicha hilera y se inoculo por bordos y en algunas hileras, se llevo a cabo tres aplicaciones con la misma cantidad de dosis del inóculo y se empieza a notar la infección aproximadamente 15 días después de la aplicación. Fig. No 13



Fig. No 13.- Inoculación en campo.

## Recolección de inoculo en invernadero

Se prepara tierra esterilizada y es mezclada con peat moss 50% de cada uno y son vaciadas en charolas, para poder sembrar semilla, cuando la semilla empieza a germinar se le agrega un ácido maleico haciendo este que la plántula no crezca en su totalidad, después es fertilizado en un porcentaje de que en un litro se fertilizan 6 charolas; por ejemplo:



Fig. No 14.- Preparación de charolas.



Fig. No 15.- Riego de charolas.

Cuando las plántulas están en su totalidad con el inóculo se prosigue a recolectar por medio de un motor y la roya es capturada en tubos de plástico que este motor contiene.



Fig. No 16.- Proceso de recolección de roya

Ya colectada las urediniosporas pasa a un proceso de secado, por dos días y luego esta tamizada para que en la hora de su aplicación, no lleve basura y no se llegue a tapar el artículo con el que se está aplicando.



Fig.No17.- Material de colecta de inóculo de *P. recóndita*.



Después se ponen en frascos de vidrio y son llevados al refrigerador para conservar la roya a temperatura de  $-55^{\circ}\text{C}$ .

### Prácticas culturales.

El trabajo se llevó a cabo el conteo de plantas que son susceptibles y resistentes a la roya utilizando dos tipos de razas que es Atil = BBG/BN, y la otra que es TCB/TD. Con estos dos tipos de razas fueron inoculadas seis charolas con 48 orificios y cada orificio contaba de una sola semilla, con excepción de las dos primeras hileras que fueron dobles para que nos dieran un total de 60 plántulas.

Las cuales fueron tratadas con 50% arena y 50% peat moss, dando un riego parcial para después ser planchadas y obtener los 48 orificios de 1 cm., de diámetro por 2 cm., de profundidad, son fertilizadas con fertilizantes solubles como: 17-17-17 N, P, K. Después de que son inoculadas esperamos los primeros signos y síntomas para poder leer las plántulas.

### ANALISIS ESTADISTICO

Para determinar si existe o no concordancia entre los valore obtenidos y los teóricos se emplea la prueba de  $X^2$ . El valor del parámetro  $X^2$  se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$X^2 = \sum \left[ \frac{(X - a)^2}{a} \right]$$

En la que la  $\sum$  indica la suma de términos,  $X$  representa los valores observados, y  $a$ , los valores calculados o teóricos. Esta fórmula nos dice que el valor de  $X^2$  es igual a la suma de las relaciones entre el cuadro de la diferencia entre cada valor observado y el correspondiente valor teórico, y este último valor teórico. Cuando los valores reales observados coincidieran con los costos

respectivos valores calculados o teóricos, todas las diferencias serían nulas y, por lo tanto, el valor hallado por  $\chi^2$  también lo sería. (Genética General y Aplicada. Derechos reservados por UTEHA S.A. de C.V. Unión tipográfica Editorial Hispano-Americana año de 1985 ISBN 986).

Para apreciar la significación de un valor de  $\chi^2$ , es decir, para estimar, a la vista del valor hallado para este parámetro, si existe o no concordancia entre los valores observados y los calculados, se recurre a la tabla de  $\chi^2$ . Dicha tabla proporciona los valores de  $\chi^2$  para probabilidades variables desde 0,99 a 0,01 y para números de grados de independencia que oscilan entre 1 y 30. Para usar la tabla citada una vez determinado el valor de  $\chi^2$ , para el caso particular que se esté utilizando, se busca en la fila encabezada por el número de grados de independencia con que se cuente, igual al número de comparaciones menos 1, el número que más se aproxime al valor hallado y se lee en el encabezamiento de la columna a que pertenece este número la probabilidad de encontrar dicho valor. Si esta probabilidad es mayor que 0,05, es decir, mayor que el 5 por ciento, se considera que los valores realmente observados se ajustan a la distribución teórica; en cambio, cuando la probabilidad encontrada en la tabla es menor del 5 por ciento, se considera que la discrepancia es demasiado grande para poder admitirse que existe concordancia entre los valores reales, calculados o teóricos. El límite del 5 por ciento adoptado es arbitrario pero en la inmensa mayoría de los casos permite obtener una interpretación correcta de los hechos. (Allen, R.F.(1930) A cytological study of heterothallism in *Puccinia graminis*. *J Agric. Res.* (Washington, D.C.) 40, 585-614).

Y para evaluar se conto y tomo en cuenta la resistencia y susceptibilidad de lo que estaba calificando y tomando en cuenta la escala de evaluación, agrupando de esta forma:

Cuadro 4.- Toma de notas de diferenciales.

Numero	Susceptible	Resistente
1	S	
2	S	
3		R
28		R
29		R
59		R
60		R

Donde la mayoría de las plantas fueron resistentes a la roya que se evaluó dando por consiguiente los siguientes resultados evaluados.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De 180 plantas evaluadas, 39 fueron resistentes, 51 presentaron una tolerancia intermedia y 71 susceptibles como se observa en el cuadro 5. se aprecia

Cuadro No 5 Reporte de los tratamientos.

Tratamiento	Resistente observado	Intermedio	Susceptible
R2	15	16	25
R3	12	16	27
R4	12	19	24
$\Sigma$	39	51	76

**RO** = Resistente observado; **I** = Intermedio; **S** = Susceptible

En la figura No 18 y 19, se observa el testigo, sin inocular y las plántulas que manifestaron susceptibilidad.



Fig. No 18 Planta sana.



Fig. No 19 Reacción de respuesta a la inoculación de *P. recóndita*.



El análisis de  $\chi^2$  demuestra que el gen de Atil está presente pero no se manifiesta en su totalidad.

Conteo de plántulas:

En las primeras tres charolas que fueron inoculadas con Atil BBG/BN tuvimos lo siguiente:

Repetición 2:

Hay 43 plántulas resistentes y 14 susceptibles dando un total de 57 plantas

$$57/4 = 14 \text{ dando una proporción de } 3:1$$

Descripción genética:

$$\begin{array}{l} \text{aa x AA} \quad 57/4 = 14.25 \quad 14.25 * 3 = 42.25 \\ \text{AA Aa} \quad \text{aa} \quad X^2 = (o-e)^2/e \\ 43 \quad : \quad 14 \\ \underline{57} \end{array}$$

Repetición 3

Hay 45 plantas resistentes y 11 susceptibles dando un total de 56 plántulas:

$$56/4 = 14 \text{ dando una proporción de } 3:1$$

Descripción genética:

$$\begin{array}{l} \text{aa x AA} \\ \text{AA Aa} \quad \text{aa} \\ 45 \quad : \quad 11 \\ \underline{56} \end{array}$$

## Repetición 4

Hay 42 plantas resistentes y 15 susceptibles dando un total de 57 plántulas:

$$57/4 = 14 \text{ dando una proporción de } 3:1$$

Descripción genética:

aa x AA

AA	Aa	aa
42	:	15

57

Se dan esas proporciones de 3:1 porque no se ajustan en sus dos genes complementarios.



Figura No 20.- Diferenciales a evaluar.

Sus progenitores se encontraban en los dos primeros orificios de izquierda a derecha empezando con susceptibles en el primer orificio y en el segundo con resistentes.

En el segundo caso de conteo con la raza TCB/TD fue un poco más complicado porque había más de un gen pero actuaban como genes complementarios:

Comprobación. De 166 plántulas obtenidas en las 3 repeticiones se evaluaron para la manifestación del gen Atil con el esquema propuesto por Medel  
 $166/16 = 10.37 \times 7 = 72.62$

Expresándolo el siguiente resultado en una proporción de 9 a 7, esto fue utilizando  $X^2 = (o - e)^2/e$

o = obtenido

e = esperado

Sería obtenido menos esperado al cuadrado entre lo esperado.

Donde se toma en cuenta 3 comparaciones donde en la tabla de  $X^2$  y en la fila 2 se encuentran los valores que tome en cuenta que son 0.713 y 1.386, como más próximos al valor hallado para  $X^2$  que esto nos indica o conduce a admitir una probabilidad aproximada al 90 por ciento lo que indica que existe concordancia entre los valores observados y calculados, y que, por lo tanto, la hipótesis formulada era correcta.

Cuadro 6.- Descripción genética

1	AA	1 BB	1/16 AA BB	R	S
		2 Bb	2/16 AA Bb	R	S
		1 bb	1/16 AA bb	S	S
2	Aa	1 BB	2/16 Aa BB	R	S
		2 Bb	4/16 Aa Bb	R	R
		1 bb	2/16 Aa bb	S	S
1	Aa	1 BB	1/16 aa BB	S	S
		2 Bb	2/16 aa Bb	S	R
		1 bb	1/16 aa bb	S	R
				9	7

**Nota:** En el trabajo que se evaluó se noto que el gen de Atil es recesivo.

Dando como resultado la proporción de 9:7

En este modelo, ambos organismos poseen el genotipo *Bb*, por lo que pueden producir gametos que contengan los alelos "B" y "b" (se acostumbra en los estudios de la genética usar mayúsculas para expresar los alelos dominantes y con minúscula a los recesivos). La probabilidad de que el producto tenga el genotipo *BB* es de 25%, con *Bb* es de 50% y con *bb* de 25%.

Cuadro No. 7 Comparación de una descripción genética.

		Materno	
		B	B
Paterno	B	BB	Bb
	b	Bb	Bb

## CONCLUSION

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

- ❖ Se comprueba la heterogeneidad de la resistencia de la roya de la hoja en trigos colectados en la Mixteca Oaxaqueña.
  
- ❖ Los trigos no son genotipos genéticamente homogéneos para la resistencia de la raza BBG/BN.
  
- ❖ La genética de la resistencia a la roya de la hoja en los diferentes genotipos evaluados es la herencia simple, ya que está condicionada por un número reducido de genes (1 a 2), el tipo de acción génica que opera la resistencia de los trigos fue dominante.

## BIBLIOGRAFIA

Allen, R.F.(1930) A cytological study of heterothallism in *Puccinia graminis*. *J Agric. Res.* (Washington, D.C.) 40, 585-614.

Anonymous (1981).Stakman-Craigie symposium on rust diseases. (Several paper.) *Phytopathology* 71, 967-1000.

Arthur, J .C., and Cummins, G.B. (1962). "Manual of the rust in United States and Canada." Hafner, New York.

Caldwell, R.M. *et al.* (1930).Efec of leaf rust (*Puccinia triticina* ) on yield, physical characters, and composition of winter wheats. *J. Agric Rest* ( *Washington D.C*) 48 1049-1071.

J.L de la Loma (1991). *Genética General y Aplicada*. Unión Tipográfica Hispano-Americana, S.A. de C.V. México. ISBN 968-18-3987-0

Mariscal Amaro Luis Antonio. (20079). *Genética de la Resistencia de la Roya de la Hoja en Líneas Elite de Trigo Duro ( *Triticum turgidum var. Durum* L.)*. Tesis de Maestría "Universidad Autónoma Chapingo. "

Mendel Gregorio. (1985). Mendelism and evolution. Cuatro estudios sobre Genetica M.C. Editores. Buenos Aires, 1946.

Rodríguez Contreras Ma. Elsa. (2006). Genética de la Resistencia a Roya de la Hoja en Trigos Duros (*Puccinia triticina E.*) En trigos duros (*Triticum turgidum var. Durum L.*). Tesis Maestría. “Universidad Autónoma Chapingo. “

Roelfs, A.P., R. P. Singer y E.E. Saari. 1992. Las royas del trigo: Conceptos y métodos para el manejo de esas enfermedades. México, D.F: CIMMYT.

Torres García Rocío. (2008). Genética de la Resistencia a la Roya de la Hoja en Trigos Duros (*Puccinia triticina E.*) En familias F3 Y F5 de trigos duros (*Triticum turgidum var. Durum L.*) Tesis Licenciatura. “Universidad Autónoma Chapingo. “

Torres Rivera Tomas Willibaldo. (2005). Identificación de Genes de Resistencia la Roya de la Hoja en 18 Genotipos de Trigo (*Triticum aestivum L.*) Y (*Triticum turgidum L . var. Durum*). Tesis de Licenciatura Instituto Tecnológico Agropecuario ROQUE, Celaya, Guanajuato.

Zirkle. (1935). C the beginnings of plant hybridization, Philadelphia (Estados Unidos).



**APENDICE**  
**Escala porcentual.**

DISTRIBUCION DE  $\chi^2$

Grados de libertad	Probabilidad											
	0,95	0,90	0,80	0,70	0,50	0,30	0,20	0,10	0,05	0,01	0,001	
1	0,004	0,02	0,06	0,15	0,46	1,07	1,64	2,71	3,84	6,64	10,83	
2	0,10	0,21	0,45	0,71	1,39	2,41	3,22	4,60	5,99	9,21	13,82	
3	0,35	0,58	1,01	1,42	2,37	3,66	4,64	6,25	7,82	11,34	16,27	
4	0,71	1,06	1,65	2,20	3,36	4,88	5,99	7,78	9,49	13,28	18,47	
5	1,14	1,61	2,34	3,00	4,35	6,06	7,29	9,24	11,07	15,09	20,52	
6	1,63	2,20	3,07	3,83	5,35	7,23	8,56	10,64	12,59	16,81	22,46	
7	2,17	2,83	3,82	4,67	6,35	8,38	9,80	12,02	14,07	18,48	24,32	
8	2,73	3,49	4,59	5,53	7,34	9,52	11,03	13,36	15,51	20,09	26,12	
9	3,32	4,17	5,38	6,39	8,34	10,66	12,24	14,68	16,92	21,67	27,88	
10	3,94	4,86	6,18	7,27	9,34	11,78	13,44	15,99	18,31	23,21	29,59	
	No significativo								Significativo			