

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Identificación, Incidencia y Severidad de Roya del Trigo (*Triticum aestivum* L.) en  
la Región de Pénjamo, Guanajuato

Por:

**ALEJANDRA NOHEMÍ NAVARRO ALVARADO**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

Saltillo, Coahuila, México

Marzo, 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Identificación, Incidencia y Severidad de Roya del Trigo (*Triticum aestivum* L) en la  
Región de Pénjamo, Guanajuato

Por:

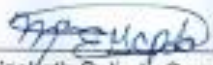
**ALEJANDRA NOHEMÍ NAVARRO ALVARADO**

TESIS

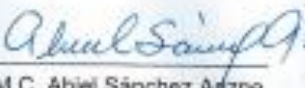
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**


Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
Dra. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda  
Asesor Principal Interno

  
Dr. José Luis Arispe Vázquez  
Asesor Principal Externo

  
M.C. Abel Sánchez Arzpe  
Coasesor

  
Dr. Epifanio Castro del Ángel  
Coasesor

  
Dr. José Antonio González Fuentes  
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Marzo, 2022



## DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante

Alejandra Nohemi Navarro A.

Alejandra Nohemi Navarro Alvarado

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS**

Agradezco a Dios por darme la vida, salud, paciencia y por darme la fortaleza durante el periodo de mi carrera profesional. Por darme la dicha y la oportunidad de terminar mi carrera profesional acompañada de mi familia.

### **A mis padres Florencio Navarro y Cristina Alvarado**

Por haberme forjado como la persona que soy ahora, por todo lo que en la vida me han dado, por todo su apoyo, su amor y comprensión. Agradezco todo el sacrificio que a lo largo de la vida han hecho, para que pudiera tener un futuro mejor.

### **A la Dra. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda**

Agradezco a la doctora por haber aceptado ser mi asesora principal, por compartir sus conocimientos, no solo siendo mí asesora sino en los salones de clases, siendo una gran persona. Agradezco la disposición que me brindo durante la realización del presente trabajo.

### **Al Dr. José Luis Arispe Vázquez**

Agradezco todo el apoyo brindado para la realización de este trabajo, la paciencia durante todo este proceso, y la disposición de siempre ayudar.

### **Al M.C. Abiel Sanchez Arizpe**

Agradezco que formara parte de este trabajo, y por todo su apoyo desde un inicio.

### **Al Dr. Epifanio Castro del Angel**

Por aceptar participar en el trabajo y por el tiempo designado.

## **A mis amigos**

Jahzeel Juarez, Yareth Gonzales, Alberto Espinoza, Rafael Diaz

A ustedes que les pude llamar amigos, por la confianza depositada en mi, por su apoyo y por todos los momentos creados en estos años. Que gusto haber coincidido con ustedes y gracias por su amistad.

## **DEDICATORIAS**

### **A mis padres**

Cristina Alvarado Flores y Florencio Navarro Mendoza a ustedes dos, porque a ustedes les debo lo que ahora soy, sin su apoyo y cariño nunca hubiera podido llegar hasta aquí. Por siempre inspirarme a ser una mujer independiente, hoy les puedo decir que lo logre, logre terminar mi carrera profesional de su mano. Me siento tan orgullosa de ustedes, los amo tanto. Son los mejores padres sobre la tierra.

Gracias por todo lo que me han dado a lo largo de mi vida.

### **A mis hermanos**

Alexis Fabián y Leslie por estar conmigo siempre, por apoyarme y por su cariño. Por esos momentos que me han regalado durante toda su vida. Los quiero mucho y quiero que logren todas sus metas.

### **A mis abuelos**

#### **Carmen Mendoza y Baltazar Navarro†**

#### **Celia Flores y Fernando Alvarado†**

Por todo su cariño y consejos, por los valores inculcados en mí. Gracias por todos los momentos que viví con ustedes y por los recuerdos que me dejaron. Los quiero mucho.

### **A mi novio**

Christopeer Ramirez por todo el cariño y apoyo brindado a lo largo de todos los años de la carrera, me ayudaste con unos de los momentos más difíciles en mi vida. Gracias por todo, tu comprensión, paciencia, cariño y confianza para mí.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
DECLARACIÓN DE NO PLAGIO .....	
AGRADECIMIENTOS .....	iv
DEDICATORIAS .....	v
ÍNDICE DE CUADROS .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
RESUMEN .....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
Justificación .....	2
Objetivo .....	2
Hipótesis .....	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Historia de las royas.....	3
Taxonomía .....	3
Daños.....	4
Factores que Contribuyen al Desarrollo de la Roya.....	4
Importancia Económica.....	4
Ciclo biológico.....	5
Royas.....	7
Roya amarilla o lineal.....	7
Ciclo biológico.....	7
Epidemiología .....	8
Sintomatología.....	9
Roya de la Hoja .....	10
Epidemiología .....	10
Ciclo biológico.....	11
Roya negra .....	12
Ciclo biológico.....	12
Epidemiología .....	13

Síntomas.....	13
Dispersión.....	13
Medios de Control de la Enfermedad.....	14
Resistencia genética.....	14
Prácticas agronómicas.....	15
Control químico.....	16
Erradicación del hospedante alternativo .....	16
Identificación de Royas .....	17
MATERIALES Y MÉTODOS .....	18
Ubicación del Experimento .....	18
Recolección de Material Biológico .....	18
Actividades en Campo .....	18
Preparación de Laminillas.....	19
Identificación de la Roya .....	19
Análisis Micrométrico .....	20
Análisis de datos .....	20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
CONCLUSIÓN .....	24
BIBLIOGRAFÍA .....	25



## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
Cuadro 1. Registro de datos de campo.....	16

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Ciclo biológico de <i>P. striformis</i> y ciclo de la enfermedad de la roya lineal del trigo .....	7
Figura 2. Pústulas en la hoja ( <i>P. striformis</i> ).....	8
Figura 3. Ciclo biológico de <i>P. recóndita</i> . ....	10
Figura 4. Mapa de Pénjamo con las ubicaciones de las parcelas muestread.....	15
Figura 5. Escala de severidad de la roya.....	16
Figura 6. Identificación de la especie de roya en el laboratorio de Fitopatología.....	18
Figura 7. Teliosporas encontradas en el material biológico .....	19
Figura 8. Incidencia de roya en las tres parcelas de estudio.....	20
Figura 9. Severidad de roya sobre las hojas en las tres parcelas de estudio.....	20

## RESUMEN

Los patógenos del género *Puccinia* son hongos biotróficos, esto quiere decir que son hongos altamente especializados que sobreviven únicamente sobre tejidos vivos de las especies sobre las cuales parasita. El objetivo de este trabajo fue Identificar, determinar la incidencia y severidad en roya de trigo en la región de Pénjamo, Guanajuato. El presente trabajo se realizó en el municipio de Pénjamo, Guanajuato, tomando en dirección a los puntos cardinales una zona o parcela de muestreo en distintas localidades. Se realizó un muestreo aleatorio en zigzag en 3 parcelas, cada parcela constó de 9 puntos de muestreo. De cada punto se tomaron 3 plantas, se tomaron 10 hojas por cada planta para hacer su posterior evaluación. La incidencia se determinó haciendo una inspección visual mediante la observación de los signos y los síntomas, los datos fueron reportados en porcentaje. Las muestras se transportaron en bolsas de papel al laboratorio de Fitopatología del Departamento de Parasitología. Se prepararon laminillas a partir de las pústulas y se identificaron en un microscopio compuesto. Para el análisis micrométrico se utilizó el software DinoCapture 2.0. Los datos de la incidencia y severidad se reportaron en porcentaje, primeramente, ajustaron con transformación de raíz cuadrado de arco seno. Se realizó un análisis de varianza y comparación de medias con la prueba de rango múltiple de Tukey ( $p=0.05$ ), utilizando el software estadístico SAS versión 9.0 para Windows. La roya que se identificó en las tres parcelas de estudio fue *Puccinia striiformis*, con teliosporas de 28.65 a 48.54 $\mu$ m. En la parcela 1, no hubo incidencia de dicha roya. Cabe señalar que la diferencia en incidencia entre la parcela 2 y tres la diferencia fue del 15.18%, sin embargo, su diferencia entre la severidad en las hojas del trigo fue del 4.38%, es decir, la severidad con que se encontró esta roya fue relativamente baja.

**Palabras clave:** Patógeno, roya, incidencia, severidad, cultivo.

## INTRODUCCIÓN

El trigo en México se considera el segundo cereal más importante para la alimentación, la producción de trigo se divide en cristalino y harinero. El trigo cristalino se utiliza en la elaboración de pastas y representa el 59.8% de la producción total, el trigo harinero se utiliza en la repostería y para harina (CEDRSSA, 2020). El trigo es uno de los cereales más importantes para la alimentación de los mexicanos, ya que contiene nutrientes y un valor energético mayor a los demás granos (SADER, 2016). Para el ciclo otoño-invierno de 2018/2019 bajo un nuevo esquema productivo, la producción de trigo va en aumento, tan solo a la mitad del programa se produjeron 482 mil toneladas en los siguientes estados Baja California, Sonora, Sinaloa, Chihuahua, Nuevo León, Michoacán, Jalisco, Durango, Querétaro, Coahuila, Guanajuato e Hidalgo (SADER, 2019). En cualquier etapa fenológica del cultivo del trigo se presentan diferentes plagas y enfermedades, que afectan el rendimiento del cultivo, de estas enfermedades las más importantes y dañinas son las royas. Las royas pueden llegar a provocar de un 10 a un 28% o más de pérdida en el cultivo (Simón y Fleitas, 2021)

Las especies de este hongo producen manchas pequeñas de color amarillo a marrón en las hojas y espigas. En las hojas, éstas perjudican la asimilación de nutrientes y perturban el metabolismo, con lo que el rendimiento disminuye. El grano queda pequeño y rugoso (Afonso y Perera, 2010). La roya de la hoja es la más común en el trigo. Esta especie de roya se manifiesta en las láminas de la hoja, pero en algunos casos también se puede presentar en las espigas del trigo cuando las condiciones para su desarrollo son favorables, cuando la cantidad de inóculo son muy elevadas y cuando las variedades son muy susceptibles a esta enfermedad (Roelfs *et al.*, 1992).

### Justificación

Actualizar la base de datos de crecimiento y distribución de la roya, en la región de Pénjamo, Guanajuato.

### **Objetivo**

Identificar, determinar la incidencia y severidad de la roya del trigo en la región de Pénjamo, Guanajuato.

### **Hipótesis**

Se encontrará al menos una especie de roya con una incidencia y severidad del 20%.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Historia de las royas

En la antigüedad se dice que el trigo era afectado por enfermedades tales como; el tizón, la marchitez y el mildiú, los cuales ahora se cree eran en parte causados por la roya. Aristóteles (384- 322 a.C.) relata que los vapores húmedos producían la roya y menciona los daños causados por la enfermedad y los años en que ocurrieron epifitas. Por otro lado, Teofrasto aludió que la roya era más grave en los cereales que en las leguminosas (Roelfs *et al.*, 1992).

Las enfermedades más conocidas y preocupantes para los cereales se podrían decir que son las royas y están distribuidas ampliamente por el mundo. Esta enfermedad se puede presentar en cualquier parte aérea de la planta y en cualquier etapa fenológica del cultivo. Los hongos patógenos del género *Puccinia* son en gran parte parásitos obligados, con ciclos de vida muy complejos (Zillinsky, 1984).

### Taxonomía

La clasificación de las royas en familias y géneros se basa en las características morfológicas de las teliosporas; las especies dentro de los géneros se distinguen por el número de huéspedes y las características de las urediosporas (EPPO, 1998).

**Clase:** Basidiomycetes.

**Subclase:** Heterobasidiomycetidae.

**Orden:** Uredinales.

**Familia:** Puccinaceae.

**Género:** *Puccinia*

## Daños

El principal punto de ataque para las royas es, las hojas, los tallos y en algunas ocasiones flores y frutos. Las infecciones por roya se manifiestan con manchas que van de colores rojizos hasta amarillas o anaranjadas, pero también en ocasiones se pueden presentar de color blanco cuando hay un rompimiento de la epidermis o formación de las agallas. Casi todas las infecciones causadas por royas son estrictamente manchas locales, sin embargo, algunas pueden extenderse internamente hasta un grado más o menos limitado. Existen alrededor de 4000 especies de estos hongos (Agris, 1996).

## Factores que Contribuyen al Desarrollo de la Roya

Los factores esenciales para el desarrollo de las royas son el ambiente húmedo, temperaturas altas a final del invierno, sobreexpresión de nitrógeno, densidad alta de población de plantas, etc (Herbario Virtual, 2021).

## Importancia Económica

En el cultivo del trigo existen diversas enfermedades que pueden llegar a mermar la producción y la calidad del grano, estas enfermedades pueden ser responsables de una pérdida de un 10- 28% en el rendimiento. A nivel mundial, de los 31 patógenos que afectan al trigo, las pérdidas más grandes han sido a causa de la roya de la hoja o anaranjada (*P. triticina*), la fusariosis de la espiga (*Fusarium graminearum*), la septoriosis (*Septoria tritici*), la roya estriada o amarilla (*Puccinia striiformis*), la mancha borrosa (*Bipolaris sorokiniana*), la mancha amarilla (*Drechslera tritici-repentis*) y el oídio (*Blumeria graminis*) (Simón y Fleitas, 2021).

Las enfermedades foliares son uno de los importantes factores bióticos que reduce el rendimiento y calidad del cultivo de trigo en el mundo. (Schierenbeck, 2015). Estas royas están ubicadas como una de las enfermedades más significativas para las plantas, llegando a ocasionar hambrunas, destrucción de cultivo, afecta la economía de grandes áreas y países; principalmente afectan hojas, tallos y en ocasiones flores

y frutos en los cultivos de granos, especialmente en trigo, avena y cebada (Agrios, 1996).

La roya de la hoja es la principal enfermedad del trigo en el sur de Sonora, este hongo puede atacar al cultivo en cualquier etapa de desarrollo de la planta, y las esporas infectivas que genera pueden ser dispersadas rápidamente por el viento en grandes distancias. La humedad es un factor muy importante, el rocío y la temperatura de entre 15° y 25°C provoca la presencia y que se expanda con rapidez (Camacho *et al.*, 2022).

### **Ciclo biológico**

Cuando la reproducción sexual de la roya es rara, las razas son más estables y sus grandes poblaciones son por periodos más largos. Estos hongos son parásitos obligados, pero actualmente se han podido reproducir en medios de laboratorio. Gran parte de las razas producen cinco estructuras fructíferas diferentes con cinco tipos de esporas distintas que son desarrolladas de acuerdo a una determinada secuencia. Algunas de las esporas infectan a un solo hospedante y otras pueden llegar a infectar y parasitar un hospedante alterno. Todas las royas producen teliosporas y basidiosporas. Las royas producen teliosporas (excepto las imperfectas) ya que se considera a la teliospora la fase perfecta al ser en la que se producen los fenómenos de cariogamia y meiosis; además de las teliosporas, las royas producen además otros tipos de esporas que van alternando en el ciclo, que puede tener hasta cuatro o cinco fases. Así, las fases del ciclo han quedado establecidas. Los agentes causales de roya pueden presentar cinco estructuras fructíferas y, en consecuencia, cinco tipos de esporas - fases esporídicas - diferentes que se desarrollan de acuerdo a una determinada secuencia: espermacios en espermogonios - estado 0 -; eciosporas en ecios - estado I -; uredosporas en uredos - estado II -; teliosporas en telios - estado III -; basidiosporas en basidios - estado IV -. En cuanto a este último tipo de espóra, en las especies que infectan a los forestales es característica su diferenciación sobre basidios septados, originados a partir de la germinación de las teliosporas. de esta forma, las royas se pueden dividir en tres tipos: I: royas macrocíclicas: con las cinco



fases reproductoras, II: royas demicíclicas: carecen de fase uredinal y III: royas microcíclicas: la teliospora es la única fase binucleada existente (Agrios, 1996).

## **Royas**

Los patógenos del género *Puccinia* son hongos biotróficos. Para el trigo y algunos otros cultivos de los cereales la roya es una enfermedad devastadora a nivel mundial. Las especies de roya más importantes en el cultivo de trigo son: roya del tallo, causada por *Puccinia graminis* f.sp. *tritici*; también es patogénica sobre cebada y *Triticale*. Roya estriada, amarilla o lineal, causada por *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici*; también ataca *Triticale* y cebada. Roya de la hoja, causada por *Puccinia recondita* f.sp. *tritici*; también es patogénica sobre *Triticale* (German, 1996).

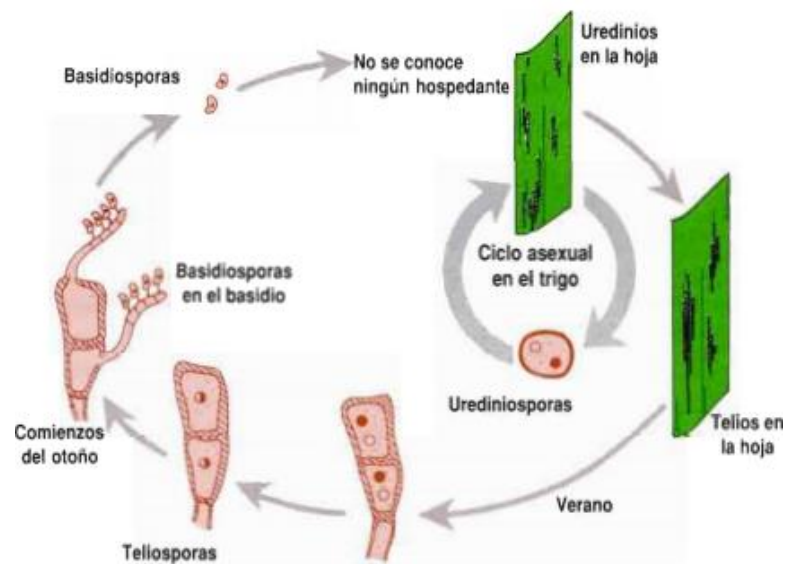
### **Roya amarilla o lineal**

La roya amarilla *P. striiformis* aparece a principios de la primavera, los síntomas de esta enfermedad son las pústulas, las cuales son en forma de estrías alargadas y de color amarillo anaranjado y aparece en la hoja a lo largo de las nervaduras, sin embargo, también puede afectar al tallo e incluso a la espiga y cuando el cereal madura y la planta se seca, las pústulas toman un color oscuro (Alvarado y Morillo, 1978).

### **Ciclo biológico**

El ciclo biológico de la roya del trigo solo tiene dos estadios; uredia y telio. La roya lineal sin la necesidad de un hospedante alternativo puede existir, cambiar su virulencia y provocar epifitias. Las urediniosporas son la única fuente conocida de inóculo para el trigo y germinan e infectan a temperaturas frescas; la temperatura ideal entre los 9° y los 13° C. En promedio, estas temperaturas son unos 10 °C más bajas que las que requiere la roya de la hoja; por consiguiente, la roya lineal es una enfermedad de latitudes más septentrionales o meridionales y de zonas altas. Los uredinios esporulantes sobreviven a una temperatura de -4 °C y las infecciones incipientes pueden durar mientras siga habiendo un hospedante. Las infecciones pueden llegar a presentarse con temperaturas cerca del punto de congelación o por debajo. La

esporulación y la infección llegan a producirse cuando por la noche las temperaturas llegan a los a los 5°C. *P. striiformis* es más sensible a la luz ultravioleta y a la contaminación atmosférica que las otras royas. Esto puede cambiar las condiciones den la supervivencia del patógeno durante el transporte a largas distancias y en zonas muy contaminadas (Roelfs *et al.*, 1992)



**Figura 1.** Ciclo biológico de *P. striiformis* y ciclo de la enfermedad de la roya lineal del trigo (Roelfs *et al.*, 1992).

## Epidemiología

*Puccinia striiformis* es la que necesita temperaturas más bajas para desarrollarse. La temperatura mínima es de 0°, la óptima 11 °C y la temperatura máxima es de 23 °C. La roya *P. striiformis* puede llegar a sobrevivir durante el invierno en el trigo sembrado en el otoño. El viento lleva las ureniosporas hacia el trigo sembrado en otoño. El patógeno puede sobrevivir al invierno sólo en urediniomicelios en tejidos foliares vivos, ya que las temperaturas de -4 °C matan las lesiones esporulantes expuestas. El período de latencia en el que la roya lineal puede sobrevivir es de 118 días y bajo una cubierta de nieve se estima que puede pasar 150 días (Roelfs *et al.*, 1992).

## Sintomatología

Las pústulas de la roya lineal contienen uredosporas de un color que varía entre el amarillo y el amarillo anaranjado, por lo general forman líneas sobre las hojas. También se pueden encontrar pústulas sobre las vainas, cuellos y glumas (Zillinsky, 1984).

A estas pústulas se les conoce como uredios o uredosoros y sus esporas las urediniósporas o uredósporas, las cuales presentan un color amarillo o anaranjado. Normalmente estas lesiones se presentan de forma lineal a lo largo de la hoja entre las nervaduras concediendo así la forma característica de este patógeno. El tamaño y la longitud dependerán del tipo de infección y la variedad, y pueden producirse tanto en las hojas basales como en las superiores. Con infecciones medias o severas, superiores al 50%, las hojas se secan de forma prematura y completa. Los síntomas iniciales de roya amarilla se suelen circunscribir a una parte de la parcela, pero a partir de los primeros focos la enfermedad se dispersa rápidamente al resto. Los focos y los síntomas iniciales en hoja, de poca severidad, son los indicios que pueden permitir al agricultor anticiparse a síntomas de mayor gravedad para realizar tratamientos fungicidas si se superan los umbrales establecidos (Almacellas, 2015). A medida que avanza la enfermedad, las pústulas se toman un color anaranjado, las cuales se rompen, liberando un polvo naranjado-amarillo que son las esporas (SENASICA, 2019).



**Figura 2.** Pústulas de roya de la hoja (*P. striiformis*) (SENASICA, 2019).

## Roya de la Hoja

La roya de la hoja del trigo (*Triticum aestivum* L.) causada por el patógeno biotrófico *Puccinia triticina* Eriks es una enfermedad que ocasiona disminuciones en el área foliar fotosintéticamente activa del cultivo, aumenta la transpiración por una ruptura de la epidermis y reduce la translocación de asimilados dentro de la planta (Fleitas *et al.*, 2014).

### Epidemiología

*Puccinia triticina* Eriks puede sobrevivir en las mismas condiciones ambientales que la hoja del trigo, siempre que se haya producido infección, pero no esporulación. El hongo requiere períodos de rocío de tres horas o menos a temperaturas de alrededor de 20°C para causar infección, pero provoca mayor número de infecciones cuando el período de rocío es más prolongado. Con temperaturas más bajas, ese período debe ser aún más extenso. Zonas de cultivo del trigo en todo el mundo donde la roya de la hoja ha sido un problema importante o local a 10°C se necesitan 12 horas de rocío. Ninguna o muy pocas infecciones se producen cuando las temperaturas durante el período de rocío son superiores a los 32°C o inferiores a los 2°C. La mayoría de las epifitas graves se presentan cuando los uredinios y/o las infecciones latentes sobreviven al invierno en cierto nivel de umbral en el trigo, o cuando el trigo sembrado en primavera recibe tempranamente inóculo exógeno, por lo general antes del espigado. Se suelen producir epifitias y pérdidas graves cuando la hoja bandera se infecta antes de la antesis. En ocasiones, el trigo sembrado en otoño puede ser intensamente infectado en esa estación, con lo cual se reduce el desarrollo de las raíces, el amacollamiento, la supervivencia al invierno e, incluso, se produce la muerte de las plantas antes de la antesis. Los uredinios de la roya de la hoja que se desarrollan en la primavera a partir de infecciones producidas en el otoño o el invierno (inóculo endógeno), suelen encontrarse en la parte baja del follaje, con las infecciones más antiguas en las hojas más bajas (Roelfs *et al.*, 1992).

## Ciclo biológico

El hongo inverna y prolifera en los tallos del cereal y gramíneas silvestres. En otoño se produce la infección por esporas que se forman en los restos de cosecha en tallos. Las hojas son infectadas por las esporas, y las hojas infectadas de forma sexual producen uredosporas lo cual alimenta la infección en la planta y son dispersadas por medio del viento. Cuando la temporada de cosecha llega a su fin, el hongo produce teliomorfos negros en las hojas, y estos producen teliosporas y las teliosporas producen basidios y estas producen basidiosporas. Las lesiones van cambiando de color se vuelve más oscura dejando de producir uredosporas y dando paso a la producción de teliosporas. Las basidiosporas producidas por los basidios causaran la infección en las plantas de la temporada siguiente. El viento las mueve las basidiosporas de un lugar a otro y siendo las estas el resultado de la reproducción sexual del hongo.

Los basidios se alojan en una planta huésped silvestre durante el otoño-invierno. La humedad arriba del 80% y la temperatura cerca de los 2° C por un periodo de 18 horas provoca la infección del hongo. La presencia de agua sobre las hojas del trigo crea un ambiente optimo para su desarrollo y una temperatura de 10 a 12° C, el desarrollo del hongo se limita por debajo de los 2°C y por encima de los 22°C. para que la roya alcance su máximo desarrollo ocurre entre el encañado y el espigado (BASF, 2022).

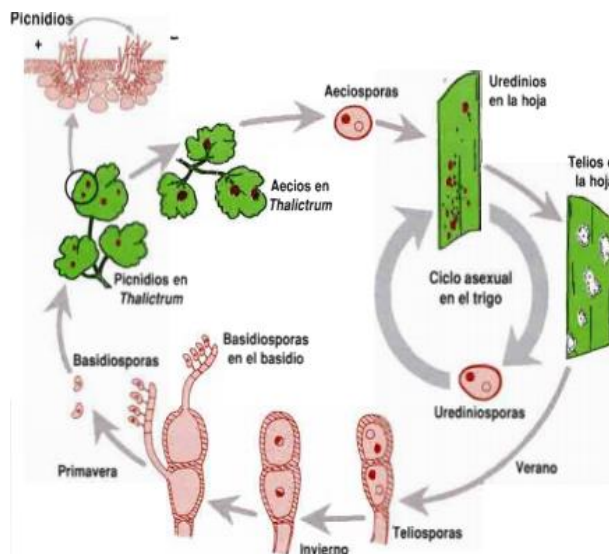


Figura 3. Ciclo biológico de *P. recondita* (Roelfs *et al.*, 1992).

## **Roya negra**

La enfermedad causada por el patógeno *Puccinia graminis* se identifica por lesiones ovales o alargadas, comúnmente llamadas pústulas, de color marrón oscuro, con restos de epidermis en sus márgenes, que corresponden a las estructuras de fructificación del patógeno denominadas uredosoros. No se han registrado epifitias importantes de roya del tallo desde hace varios años, debido principalmente al uso de cultivares resistente a la enfermedad (German, 1996).

### **Ciclo biológico**

En el ciclo biológico de este hongo es necesario pasar por cinco fases, la fase uredinal inicia el proceso infectivo en trigo. A los primeros días de la infección por urediosporas aparecen unas manchas cloróticas en el tallo y lámina foliar y en los siguientes días, 7 a 15 después de la infección, estas manchas cambian a pústulas ovales o alargadas de color rojo oscuro a café intenso. Las urediosporas son las únicas esporas que pueden infectar a la planta hospedante (trigo) en la cual son producidas y bajo condiciones ambientales adecuadas para el patógeno, el ciclo de infección se puede repetir varias veces en el mismo hospedante, resultando en epidemias policíclicas. Al final del ciclo del cultivo o cuando las condiciones climáticas son desfavorables, en las mismas uredias, se desarrollan las telias que darán origen a las teliósporas, que son de color oscuro y corresponden a las estructuras de sobrevivencia (SADER, 2015).

### **Epidemiología**

En el estado final de crecimiento del trigo cuando la temperatura es más elevada, la roya se manifiesta. La temperatura adecuada para su desarrollo oscila entre los 19-22°C y con un promedio de 10 horas de alta humedad. El viento es uno de sus principales y muy eficientes medios de dispersión. Mientras la temperatura de día llegue a los 28°C y a los 8°C de noche las uredinosporas pueden sobrevivir hasta los 365 días, pero cuando la temperatura llegue a los 36°C de día y 14°C de noche la viabilidad de estas bajas hasta 300 días. Si la temperatura es más elevada la viabilidad de las uredinosporas disminuye (Herbario Virtual, 2021).

## **Síntomas**

Las plantas no suelen mostrar síntomas evidentes de la enfermedad hasta 7 a 15 días después de la infección, cuando las pústulas ovales (uredina) de polvo de uredinosporas de color rojo ladrillo atraviesan la epidermis. Microscópicamente, estas esporas rojas están cubiertas de espinas finas. Las pústulas pueden ser abundantes y producidas tanto en las superficies de las hojas como en los tallos de los huéspedes de hierba. Más adelante en la temporada, comienzan a aparecer pústulas (telia) de teliosporas negras negras en especies de gramíneas infectadas. Microscópicamente, las teliosporas son de dos celdas y paredes gruesas (Schumann and Leonard, 2000).

## **Dispersión**

El viento es el principal factor que dispersa el patógeno, suele transportar uredinosporas viables a una distancia de 100 km, y a veces de hasta 2,000 km. Se creó, que por lo menos tres veces en el siglo XX, las uredinosporas fueron transportadas 8,000 km desde el este de África hasta Australia. Pero la diseminación a largas distancias puede ocurrir normalmente a través de la ropa de los viajeros o en la comercialización de material propagativo infectado (SADER, 2015).

## **Medios de Control de la Enfermedad**

### **Resistencia genética**

El uso de cultivares resistentes es la medida de control de roya de la hoja más efectiva y económica. Sin embargo, debido a la variación en la población de los patógenos, esta protección no es permanente (German, 2018).

Algunas variedades han mantenido cierta resistencia durante muchos años, como Thatcher y Hope a la roya del tallo; Americano 25, Americano 44d, Sorpreza, Frontana y Fronteira a la roya de la hoja; y Wilhelmina, Capelle-Desprez, Manella, Juliana y Carstens VI a la roya lineal (Roelfs *et al.*, 1992).

### **Prácticas agronómicas**

Estas medidas son poco eficientes para evitar epidemias de roya amarilla. El hongo no infecta la semilla, pero puede haber infestaciones de esporas (uredósporas) que se mezclen con ésta. Parte de las esporas que infestan la semilla pueden perderse en los procesos de manejo y otra parte puede perder fácilmente su viabilidad en este camino. Por estas razones, la cantidad de inóculo que se puede evitar con el tratamiento de la semilla de siembra es muy baja (Almacellas, 2015).

### **Control químico**

Para poder tomar una decisión se necesita evaluar la enfermedad en las parcelas, observando la severidad de los síntomas, revisando la severidad o el porcentaje de la superficie afectada. Se recomienda usar umbrales alrededor del 1% de severidad en hoja (toda la planta) que tendría un equivalente, a la presencia de roya en 35 hojas de cada 100. Para establecer el momento adecuado de aplicación debemos tener en cuenta que la contribución de las hojas a la producción total del grano es del 43% la hoja bandera, 23% la hoja-1 y 7% la hoja-2, siendo la espiga y el tallo un 22% o sea, que la hoja bandera y la espiga juntas contribuyen aproximadamente un 65% a la producción final y, por lo tanto, cualquier estrategia debe pasar por mantener libre de enfermedad, al menos esta hoja, si bien es preferible mantener libres las tres hojas superiores. Relacionado a los fungicidas, existen fundamentalmente sustancias activas del grupo triazoles y de las estrobilurinas. Los triazoles tienen un alto efecto curativo que las estrobilurinas. Así pues, los tratamientos a base de estrobilurinas serán utilizados como preventivos y los de triazoles pueden ser preventivos o curativos, considerando que la mezcla triazol más estrobilurina será altamente eficaz en ambas situaciones (Almacellas, 2015).

Los fungicidas hasta ahora evaluados solo pueden reducir la severidad, no eliminan al hongo, además de que el uso de plaguicidas resulta costoso (SENASICA, 2016).

### **Erradicación del hospedante alternativo**

Los programas para erradicar el hospedante alternativo de la roya del tallo tuvieron éxito en el norte de Europa y en los estados centrales del norte de los Estados Unidos. Fuera del este de Europa y el noroeste de los Estados Unidos, no se conocen otras



zonas del mundo donde los hospedantes alternos desempeñen alguna función en la epidemiología de la roya del tallo. Es muy posible que los esfuerzos de erradicación por agricultores individuales no den resultados ostensibles inmediatos en el control de la roya del tallo a causa de las grandes cantidades de inóculo asexual. El hospedante alternativo de la roya de la hoja puede funcionar más como fuente de reproducción sexual que como fuente de inóculo que genera epífitas (Roelfs *et al.*, 1992).

### **Identificación de Royas**

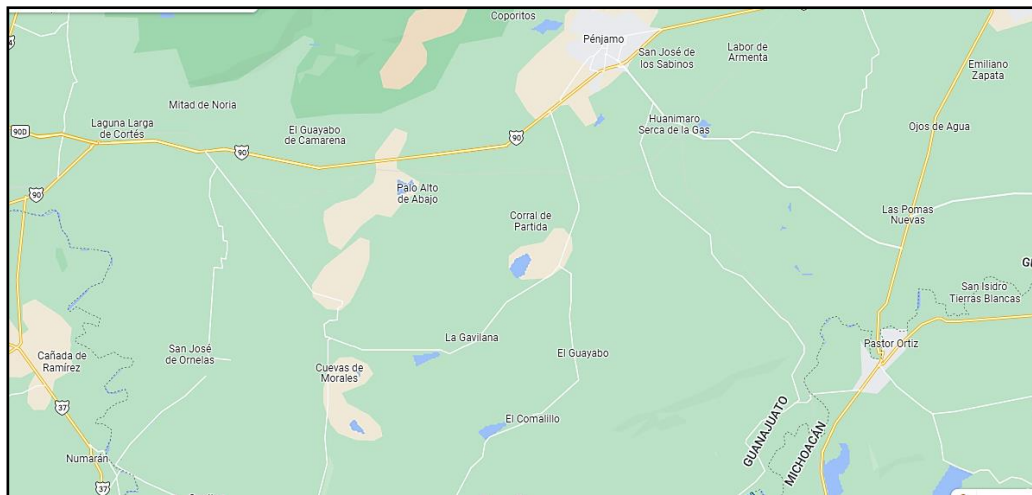
Para la identificación de la roya se puede comenzar con características generales, como, por ejemplo, que parte de la planta es dañada, como es su sintomatología y que tipo de lesiones provoca. Estas características frecuentemente pueden separarse rápidamente una o más de estas enfermedades. Continuando con la identificación, se examinan las características menos obvias como el tamaño de la lesión, la forma y el color para confirmar bien el diagnóstico. Cada uno de los patógenos tiene características específicas que lo logra diferenciar uno de otro. (EXTENCION, 2017).

La roya del tallo provoca pústulas alargadas que se tornan color café-rojizo en tallos, vainas y pedúnculos. Las lesiones que provoca la roya de la hoja son pústulas pequeñas y ovaladas y son ms evidentes en el haz de las hojas, pero de un color anaranjado-café. la roya amarilla es la única de estas enfermedades que tiene las lesiones de tipo ampollas formando rayas o estrías en las hojas dispuestas a las nervaduras (Gilchrist *et al.*, 2005)

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del Experimento

El presente trabajo se realizó en el municipio de Pénjamo, Guanajuato, con permiso de los agricultores propietarios, se seleccionaron cuatro parcelas, con ubicación en las comunidades de La Atarjea de Crucitas, La providencia de Cortez, Villas de Guadalupe y el Comalillo en el mes de abril de 2020.



**Figura 4.** Mapa de Pénjamo con las ubicaciones de las localidades muestreadas.

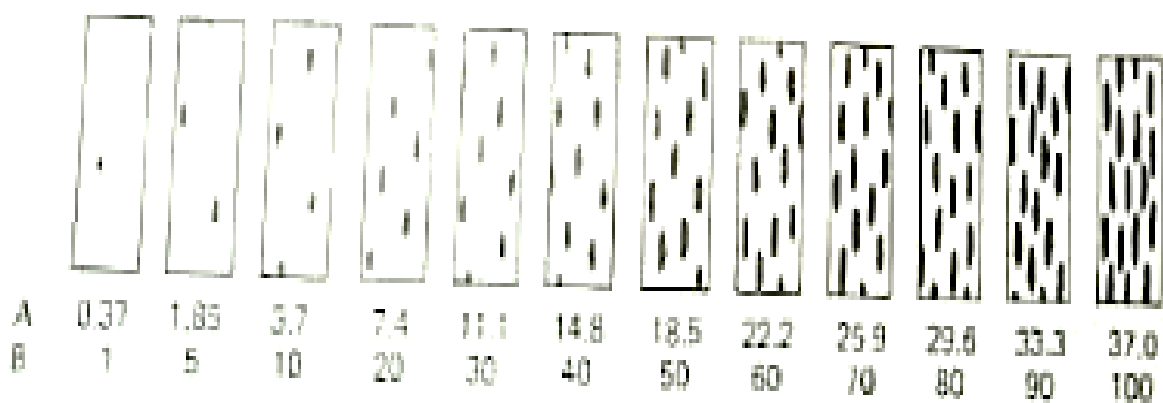
### Recolección de Material Biológico

Para la obtención del material biológico se realizó un muestreo aleatorio en cada parcela con el método de zig zag, cada parcela constó de 9 puntos distribuidos proporcionalmente, y en cada punto se tomaron 3 plantas para su posterior análisis.

### Actividades en Campo

De cada uno de los 9 puntos establecidos en las parcelas se eligieron 3 plantas para ser evaluadas, retiramos 10 hojas de cada planta para hacer su posterior evaluación. Se inspeccionaron las plantas y se determinó la incidencia y severidad reportando las plantas que mostraban síntomas en relación al resto de la población, evaluándose con una escala de 12 puntos (Figura 5). Posteriormente en bolsas de papel se depositaron las hojas de cada planta. Se registró la información en el siguiente cuadro (Cuadro 1)

fueron trasladadas al laboratorio de fitopatología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.



**Figura 5.** Escala de severidad de la roya (Peterson *et al.*, 1948)

**Cuadro 1.** Registro de datos de campo

No. De parcela	Punto	No. De panta	No. De hojas									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	1	1										
		2										
		3										
	2	1										
		2										
		3										
	n	1										
		2										
		3										
	9	1										
		2										
		3										
1	1	1										
		2										

		3																	
2		1																	
	n	2																	
		3																	
	9	1																	
		2																	
		1																	
3	1	2																	
		3																	
		1																	
	n	2																	
		3																	
		1																	
	9	2																	
		3																	
		1																	
4	n	2																	
		3																	

### Preparación de Laminillas

Primero, con una pequeña aguja de disección se tomó una pequeña muestra de la roya y se colocó en un portaobjetos con una gota de agua destilada extendiendo el micelio y se agregó una gota de azul de algodón, colocando por último el cubreobjetos.

### Identificación de la Roya

La identificación morfológica del fitopatógeno se realizó mediante el uso de claves taxonómicas de Cummins y León Gallegos (1982), con la ayuda de un microscopio compuesto (Figura 5).



**Figura 6.** Identificación de la especie de roya en el laboratorio.

### **Análisis Micrométrico**

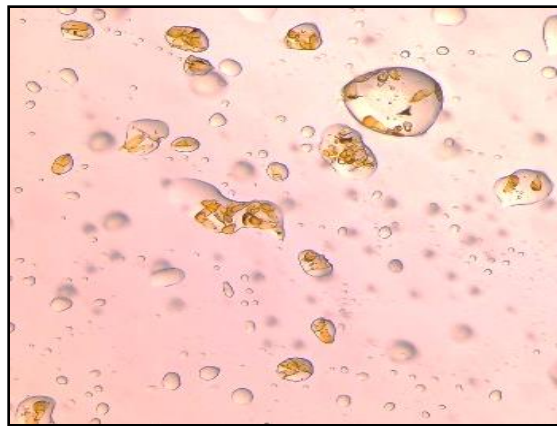
Se hicieron 100 mediciones de teliosporas en cada una de las laminillas, usando el software DinoCapture 2.0.

### **Análisis de datos**

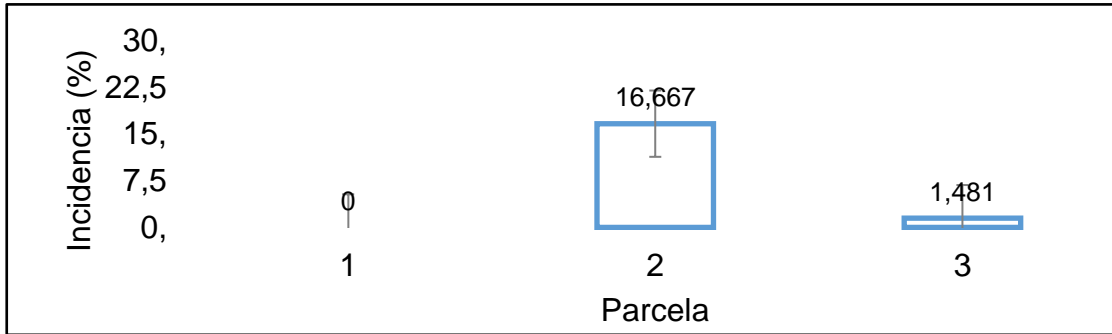
Los datos se manejaron en términos de porcentaje y se ajustaron mediante la transformación de raíz cuadrado de arco seno. Se realizó un análisis de varianza y comparación entre medias con una prueba de rango múltiple de Tukey ( $p=0.05$ ), utilizando el software estadístico SAS<sup>®</sup> (SAS 2002; versión 9.1, SAS Institute, Cary, North Carolina, USA).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

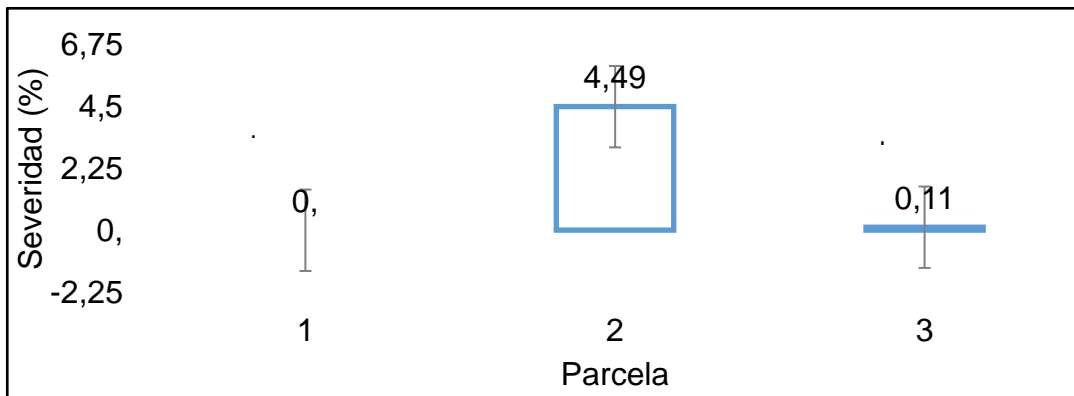
La roya que se identificó en las dos parcelas de estudio fue *P. striiformis* (figura 6) con teliosporas de 28.65 a 48.54  $\mu\text{m}$  similar a lo reportado por el SENASICA, (2020). En este trabajo solo se muestrearon tres parcelas debido que en la localidad de el Comalillo se adelantó la fecha de cosecha. De acuerdo al análisis estadístico, se presentó diferencia estadística entre la incidencia y severidad ( $p= 0.0002$ ) con un coeficiente de variación de 252.91 y 318.27, respectivamente. En la figura 7 y 8 se observa que la parcela 2 tuvo la mayor incidencia y severidad de roya, en cambio en la parcela 1, no hubo incidencia de dicha roya. En la parcela 2 que fue la de mayor presencia de roya, se observaron plantas pequeñas poco vigorosas, en la parcela 1 y3 el porte de las plantas era similar en ambas, plantas con tallos vigorosos, hojas gruesas, el cultivo se observaba uniforme. Además, cabe señalar que la diferencia entre la parcela 2 y tres la diferencia fue del 15.18%, sin embargo, su diferencia entre la severidad en las hojas del trigo fue del 4.38%, es decir, la severidad con que se encontró esta roya fue relativamente baja. Huerta y Singh (2000), mencionaron que otra especie de roya importante en este cultivo de trigo es *P. triticina*, ya que esta roya es la enfermedad que ha ocasionado mayores daños en la producción de trigo en México, sin embargo, en la época en que tomamos los datos no se presentó, no obstante, la roya que identificamos en las hojas del trigo *P. striiformis* también puede llegar a tener la misma importancia. Las variedades utilizadas por los productores fueron para la parcela 1 Aconhi para las parcelas 2 y 3 variedad Cortazar.



**Figura 7.** Teliosporas encontradas en el material biológico



**Figura 8.** Incidencia de roya en las tres parcelas de estudio



**Figura 9.** Severidad de roya sobre las hojas en las tres parcelas de estudio

La roya amarilla es una de las enfermedades más importantes del cultivo de trigo no solo en México, si no en el mundo, además, es una de las más extendidas por todas las zonas agrícolas templadas y produce las mayores pérdidas (Bayles *et al.*, 2000). Esta roya se transmite por las esporas que se encuentran al interior de las pústulas que son transportadas por el viento pudiendo moverse cientos de kilómetros (Peñaherrera, 2011).

Los cereales contribuyen el 50% de las calorías diarias necesarias para la población mundial (Singer *et al.*, 2019). El cultivo del trigo (cereal) es de gran importancia para México, por ejemplo; proporciona aproximadamente una quinta parte de la ingesta de calorías y proteínas en los seres humanos (WAR, 2014), es decir, este cultivo es el segundo cereal más importante en la alimentación de los mexicanos con un consumo *per cápita* de 57.4 kg al año (SAGARPA, 2017), además, nuestro país, es considerada

una región estratégica para el desarrollo de variedades mejoradas de trigo, ya que debido a su ubicación geográfica y condiciones climatológicas, nuestro país puede desarrollar una nueva variedad más rápido que en otras partes del mundo al contar con dos ciclos de cultivo por año: el de primavera-verano y el de otoño-invierno (Domínguez, 2016), este detalle es de gran importancia, ya que a estrategia más efectiva para el control de esta roya es mediante uso de variedades con resistencia genética (Vera, 2020), cabe recalcar que esta estrategia es la más económica y amigable con el medio ambiente (Buerstmayr *et al.*, 2014).

German *et al.* (1996) mencionaron que los signos más representativos de la roya amarilla son la forma de las pústulas y color amarillento, que están predispuesta a lo largo de las nervaduras de forma lineal, mismos signos que estuvieron presentes en nuestro material al momento de los muestreos, que conforme pasó el tiempo estas pústulas se tornaron de color anaranjado, similar a lo mencionado por varios autores, SENASICA, (2019), Vera (2020). Por otro lado, Campos *et al.*, (2016) explicó que la parte del tejido afectado se necrosa posteriormente tal y como se presentó en las parcelas analizadas. Solís (2007) mencionó que la época para encontrar la roya en trigo es en otoño-invierno, el hongo causante de esta enfermedad en trigo es un patógeno de baja temperatura y constituye un problema importante en lugares donde prevalece el clima fresco y húmedo, sin embargo, obtuvimos incidencia en dos de tres parcelas analizadas con una severidad de 4.493 y 0.111 % respectivamente. Nuestros resultados son similares a lo reportados por varios autores (Chen W *et al.*, 2014; SENASICA, 2019).



## CONCLUSIÓN

En dos de las tres parcelas de trigo de Pénjamo, Guanajuato, se identificó a la roya amarilla *P. striiformis* incidencia y severidad relativamente baja.

## BIBLIOGRAFÍA

- Afonso, D., Perera, S. (2010). *Plagas y enfermedades en el cultivo del trigo* [Archivo PDF]. [https://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/cere\\_263\\_T\\_PLA\\_ENFER\\_TRIGO\\_2010\\_1.pdf](https://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/cere_263_T_PLA_ENFER_TRIGO_2010_1.pdf)
- Agrios, G. N. 1996. *Fitopatología*. 2ª edición. Limusa. México.
- Almacellas, J., Álvaro, F. (12/01/2015). *La roya amarilla del trigo: características, situación actual y claves para el control*. Canales sectoriales: <https://www.interempresas.net/Grandes-cultivos/Articulos/131497-La-roya-amarilla-del-trigo-caracteristicas-situacion-actual-y-claves-para-el-control.html>.
- Alvarado, M. y Morillo, F. (1978). *Enfermedades del trigo*. Ministerio de agricultura [ArchivoPDF]. [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1978\\_08.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1978_08.pdf)
- BASF. (2022). *Roya Amarilla*. BASF Agricultural Solutions España, BASF, España. <https://www.agro.basf.es/es/Servicios/Gu%C3%ADa-de-plagas/Enfermedades-f%C3%BAngicas/Enfermedad-hoja/Roya-Amarilla/>.
- Bayles, R.A., Flath, K. Hovmøller, M.S., y de Vallavieille-Pope, C. (2000). *Breakdown of the Yr17 resistance to yellow rust of wheat in northern Europe – a case study by the yellow rust sub-group of COST 817*. *Agronomie (Paris)* 20: 805-811.
- Buerstmayr, M., Matiasch, L., Mascher, F., Vida, G., Ittu, M., Robert, O., Holdgate, S., Flath, K., Neumayer, A., & Buerstmayr, H. (2014). *Mapping of quantitative adult plant field resistance to leaf rust and stripe rust in two European winter wheat populations reveals co-location of three QTL conferring resistance to both rust pathogens*. *TAG. Theoretical and applied genetics. Theoretische und angewandte Genetik*, 127(9).
- Camacho, M.A., Figueroa, L.P., Fuentes, D.G., Chávez, V.G. (2022). *Trigo* [PDF]. INIFAP. <http://oiapes.sagarhpa.sonora.gob.mx/paq-tec/paq-trigo.pdf>
- Campos, P., Formento, N, Couretot, L., Alberione, E. (2016). *Aparición epifita de roya amarilla del trigo en la región pampeana Argentina* [PDF]. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_roya\\_amarilla\\_2016\\_trigo.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_roya_amarilla_2016_trigo.pdf)

- CEDRSSA.(2020). *Distribución de granos básicos: lugar de adquisición o compra*. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. Ciudad de Mexico, México.10-11 pp.
- Chen, W., Wellings, C., Chen, X., Kang, Z., Liu, T. (2014). *Wheat stripe (yellow) rust caused by Puccinia striiformis f. sp. tritici*. Mol Plant Pathol. 15(5): 433-46
- CIMMYT. (2016). *México, región estratégica para el desarrollo de variedades mejoradas de trigo*. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. <https://idp.cimmyt.org/mexicoregionestrategicaparaeldesarrollodevariedadesmejoradasdetrigo/#:~:text=M%C3%A9xico%20es%20una%20regi%C3%B3n%20estrat%C3%A9gica,de%20primavera%2Dverano%20y%20el>
- EPPO. (2002). *EPPO Global Database. Puccinia (1PUCCG)*. European and Mediterranean Plant Protection Organization. <https://gd.eppo.int/taxon/1PUCCG>.
- Extensión. (2017). *Identificando a las Royas del Trigo y Cebada*. <https://extension.okstate.edu/fact-sheets/identificando-a-las-royas-del-trigo-y-cebada.html>.
- Fleitas, M.C., Schierenbeck, M., Simón, M.R. (2014). *Efecto de la roya de la hoja (Puccinia triticina) sobre el rendimiento y la calidad de trigo (Triticum aestivum L.) en cultivares de diferente grupo de calidad*. Universidad Nacional de la Plata. [https://www.researchgate.net/publication/305641715\\_Efecto\\_de\\_la\\_roya\\_de\\_la\\_hoja\\_Puccinia\\_triticina\\_sobre\\_el\\_rendimiento\\_y\\_la\\_calidad\\_de\\_trigo\\_Triticum\\_aestivum\\_L\\_en\\_cultivares\\_de\\_diferente\\_grupo\\_de\\_calidad](https://www.researchgate.net/publication/305641715_Efecto_de_la_roya_de_la_hoja_Puccinia_triticina_sobre_el_rendimiento_y_la_calidad_de_trigo_Triticum_aestivum_L_en_cultivares_de_diferente_grupo_de_calidad)
- German, S. (1996). *Las royas del trigo. In: Manejo de enfermedades en cereales de invierno y pastura*. Díaz, M (Ed). Editado por la Unidad de Difusión e Información Tecnológica del INIA. Andes 1365, Piso 12. Montevideo – Uruguay. pp:125-138.
- Gilchris, L.G., Fuentes,D.C., Martinez, C.R., Lopez, A.E., Duveiller, R.P.,Singh, M.H., y Garcia, A. (2005). *Guía para la identificación de algunas enfermedades de trigo y cebada*. Segunda edición. México, DF. CIMMYT.

- Huerta, E. J., Sing, R. (2000). Las royas del trigo. *In: el trigo de temporal en México*. Villaseñor, M. H. E. y Espitia, R. E. SAGAR, INIFAP, CIR- CENTRO y CEVAMEX. México. 231-251 pp.
- HV (Herbario Virtual). 2022. Roya Anaranjada o de la hoja del trigo (*Puccinia triticina*). Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires. [https://herbariofitopatologia.agro.uba.ar/?page\\_id=252](https://herbariofitopatologia.agro.uba.ar/?page_id=252)
- Leon, G. H. Y Cummins G.B. 1981. *Uredinales (Royas) de México*. SARH. Culiacan, México. Pp25.
- Peñaherrera, D. (2011). *Manejo integrado de los cultivos trigo y cebada*. Módulos de capacitación para capacitadores. Módulo III. INIAP. Ecuador.
- Roelfs, A.P., Singh, R.P, Saari, E.E. (1992). *Las royas del trigo: Conceptos y métodos para el manejo de esas enfermedades*. México, D.F. CIMMYT. 81 pp.
- SADER (2016). *¿Por qué el trigo en grano es tan valioso?*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/por-que-el-trigo-en-grano-es-tan-valioso>.
- SADER. (2015). *Roya negra de trigo raza Ug99*. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. CIMMYT. <https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/ContenidoPublico/Fichas%20tecnicas/Ficha%20T%C3%A9cnica%20de%20Roya%20del%20tallo%20del%20trigo%20Ug99.pdf>
- SADER.(2019). *Estimula el programa Precios de Garantía la producción nacional de trigo panificable: SADER*. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/estimula-el-programa-precios-de-garantia-la-produccion-nacional-de-trigo-panificable-sade-216789#:~:text=Cabe%20se%20B1alar%20que%20con%20base,arriba%20del%20ciclo%20hom%C3%B3logo%20previo>.
- SAGARPA. (2017). *Trigo grano, cristalino y harinero mexicano*. Secretaria de agricultura, ganadería desarrollo rural, pesca y alimentación. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256434/B\\_sico](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256434/B_sico)

[Trigo Cristalino y Harinero.pdf](#).

Schierenbeck, M. (2015). *Roya de la hoja y mancha amarilla en trigo: Principales efectos sobre componentes ecofisiológicos involucrados en la generación de biomasa y rendimiento*. Tesis Doctoral. FCA y F. Argentina. 30pp. Universidad Nacional de la Plata.

Schumann, G.L. y K.J. Leonard. (2000). *Stem rust of wheat (black rust)*. *The Plant Health Instructor*. DOI: 10.1094/PHI-I-2000-0721-01. Updated 2011. <https://www.apsnet.org/edcenter/disandpath/fungalbasidio/pdlessons/Pages/StemRust.aspx>.

SENASICA. (2019). *Guía de síntomas y daños de la roya lineal amarilla del trigo (Puccinia striiformis f. sp. tritici)*. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad agroalimentaria [https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/ContenidoPublico/Vigilancia%20pasiva/Guias%20de%20síntomas/Roya%20lineal%20amarilla%20del%20trigo%20\(Puccinia%20striiformis%20f.%20sp.%20tritici\).pdf](https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/ContenidoPublico/Vigilancia%20pasiva/Guias%20de%20síntomas/Roya%20lineal%20amarilla%20del%20trigo%20(Puccinia%20striiformis%20f.%20sp.%20tritici).pdf)

SENASICA. (2020). *Roya amarilla del trigo*. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/fichas-tecnicas-de-plagas-del-cultivo-de-trigo-panificable?state=published>

Simón, M.R., Fleitas, M. C. (2021). *Enfermedades del trigo*. *Cereales*. 73pp.

Singer, S.D., Foroud, N.A., and Laurie, J.D. (2019). *Molecular improvement of grain: Target traits for a changing world*. In P. Ferranti, E. M. Berry, & J. R. Anderson (Eds.). *Encyclopedia of Food Security and Sustainability*. 545–555 pp

Solis, M.E., Huerta, E.J., Villaseñor, M.E y Aguado, S.A. 2007. *Roya lineal, fenología, rendimiento y sus componentes en trigo harinero (Triticum aestivum.L)*. *Agrociencia*, Volumen 41, numero 5. Pp 564.

Vera, P.C. 2020. *Roya estriada, la principal patología foliar del trigo en Chile* [Archivo PDF].

<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/67190/NR42384.pdf?sequence=31&isAllowed=y>

WAR (Wheat Annual Report). 2014. *Wheat: Vital grain of civilization and food security. In: 2013 Annual Report, CGIAR Research Program on Wheat*. CGIAR Research Program on Wheat (WHEAT), México, D.F.  
<https://repository.cimmyt.org/xmlui/handle/10883/4016>

Zyllinsky, F.J. (1984). *Enfermedades Comunes de los Cereales de Grano Pequeño*. México D.F.: CIMMYT. pp. 11-18.