

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**Escuela Académico Profesional de Agronomía**



**TESIS**

**PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO AGRÓNOMO**

**INCIDENCIA Y SEVERIDAD DE FUNGOSIS EN TRIGO**  
**(*Triticum vulgare* L.) EN SIETE DISTRITOS DE LA PROVINCIA**  
**DE CAJAMARCA**

**PRESENTADO POR**

**BACHILLER : RENATO SUÁREZ GUTIÉRREZ**

**ASESOR : DR. MANUEL SALOMÓN RONCAL ORDÓÑEZ**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**-2016-**

## **DEDICATORIA**

A MIS PADRES:  
CARLOS SUÁREZ Y ESPERANZA GUTIÉRREZ,  
POR HABERME DADO LA VIDA  
Y ENSEÑARME QUE LAS METAS SON ALCANZABLES,  
POR ORIENTARME EN TODO  
Y AYUDARME A SALIR ADELANTE.  
GRACIAS POR SIEMPRE.

A MI HERMANO DIEGO ALONSO  
POR SU APOYO INCONDICIONAL.

EL AUTOR

## **AGRADECIMIENTO**

A DIOS TODOPODEROSO POR CONCEDERME LA SALUD Y LA FORTALEZA, POR ILUMINARME EN EL CAMINO Y BENDECIRME EN LOS MOMENTOS DIFÍCILES.

AL DR. MANUEL SALOMÓN RONCAL ORDOÑEZ POR SU ASESORÍA, POR SER UN GRAN MAESTRO Y CONSEJERO DURANTE TODOS MIS AÑOS DE ESTUDIO, Y TAMBIÉN POR BRINDARME EL CONOCIMIENTO NECESARIO EN LA ELABORACIÓN DE ESTA TESIS.

A LOS DOCENTES DE LA FACULTAD CIENCIAS AGRARIAS, QUE ME AYUDARON EN LA CONFORMACIÓN DE ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE LA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA QUE DE UNA U OTRA MANERA CONTRIBUYERON EN EL DESARROLLO DE ESTA TESIS.

EL AUTOR

## INDICE

CONTENIDO	PÁGINA
RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.3. Objetivo de la investigación	2
CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Generalidades del cultivo de trigo	3
2.1.1. Época de siembra	5
2.1.2. Fenología del cultivo de trigo	5
2.1.3. Enfermedades en trigo	7
2.1.3.1. Roya de hoja o roya morena ( <i>Puccinia recóndita</i> )	8
2.1.3.2. Roya del tallo o roya negra ( <i>Puccinia graminis tritici</i> )	9
2.1.3.3. Roya de las glumas o amarilla ( <i>Puccinia striiformis</i> )	11
2.1.3.4. Mancha foliar o tizón de la gluma ( <i>Sepotora nodorum</i> )	13
2.1.3.5. Mancha foliar o Helminthosporiosis ( <i>Helminthosporium tritici</i> )	14
2.1.3.6. Carbón ( <i>Tilletia tritici</i> )	16
2.1.4. Intensidad de la enfermedad	17
a. Incidencia	17
b. Severidad	17
CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación	18
3.2. Condiciones meteorológicas promedio de la provincia de Cajamarca	19
3.3. Materiales	21

3.4. Metodología	21
3.4.1. Trabajo en campo	21
3.4.2. Trabajo en laboratorio	25
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES	27
4.1. Incidencia y severidad de <i>Puccinia striiformis</i> en trigo en la provincia de Cajamarca, campaña agrícola 2015	27
4.2. Incidencia y severidad de <i>Helminthosporium tritici</i> en trigo en la provincia de Cajamarca, campaña agrícola 2015	33
4.3. Brotes de <i>Tilletia tritici</i> en trigo	37
CAPITULO V: COCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	38
CAPITULO VI: BIBLIOGRAFIA	39
GLOSARIO	41
APENDICE	46

## RESUMEN

<sup>1</sup>Suárez Gutiérrez Renato y <sup>2</sup>Manuel Salomón Roncal Ordóñez 2015. Incidencia y Severidad de Fungosis en Trigo (*Triticum vulgare* L.) en siete Distritos de la Provincia de Cajamarca – Perú. Tesis Ingeniero Agrónomo – Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cajamarca.

<sup>1</sup>Bachiller, responsable de la conducción de la Tesis. <sup>2</sup>Fitopatólogo, profesor principal. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú.

### Resumen

El trigo (*Triticum vulgare* L.), como alimento universal, es fuente importante de vitaminas del grupo B y minerales como hierro (Fe), potasio (K) y fósforo (P); se consume industrializado en forma de galletas, fideos, pan, harina y otros productos farináceos. El cultivo, en todo el mundo es afectado por factores adversos, destacando entre estos las enfermedades, que para la provincia de Cajamarca no se tiene reportes de la magnitud de las más importantes; por ello se realizó la presente investigación con el objetivo, de determinar la incidencia y severidad de las fungosis en trigo en siete distritos de la provincia de Cajamarca. En las evaluaciones realizadas en la campaña agrícola 2015, se determinó la presencia de **roya amarilla** o **roya de la gluma** (*Puccinia striiformis*), con una incidencia de 58 % y severidad 35.17 %; **helmintosporiosis** (*Helminthosporium tritici*), con 66 % de incidencia y 34.5 % de severidad; y brotes de **carbón** causado por *Tilletia tritici* en una chacra del distrito de Los Baños del Inca.

## ABSTRACT

**<sup>1</sup>Suárez Gutiérrez Renato y <sup>2</sup>Manuel Salomón Roncal Ordóñez 2015.** Incidence and Severity of Wheat (*Triticum vulgare* L.) Fungi in seven Districts of the Province of Cajamarca – Perú. Agronomist thesis – Faculty of Agricultural Sciences. National University of Cajamarca.

<sup>1</sup>Bachiller, responsible for conducting the Thesis. <sup>2</sup>Phytopathologist, Principal Professor. Faculty of Agricultural Sciences. National University of Cajamarca. Perú.

### Abstract

Wheat (*Triticum vulgare* L.), as a universal food, is an important source of B vitamins and minerals such as iron (Fe), potassium (K) and phosphorus (P); Is consumed industrialized in the form of cookies, noodles, bread, flour and other farinaceous products. The cultivation, worldwide is affected by adverse factors, highlighting among these diseases, which for the province of Cajamarca does not have reports of the magnitude of the most important, for that reason we developed the present investigation aiming to determine the incidence and severity of the fungus in wheat in seven districts of the province of Cajamarca. (Cajamarca, Los Baños del Inca, Llacanora, Namora, Matara, Jesús y La Encañada). In the agricultural campaign 2015, we determined the presence of yellow rust (***Puccinia striiformis***), With an average incidence of 58% and severity 35.17%; helminthosporiosis (***Helminthosporium tritici***), With 66% incidence and 34.5% severity. And outbreaks of coal caused by ***Tilletia tritici*** in a farm in Los Baños del Inca district.

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

En la agricultura tradicional y moderna, el efecto de la presencia de fungosis en trigo (*Triticum vulgare* L.), ha sido y es sinónimo de disminución de la producción y productividad, lo cual tiene una notable repercusión en el aspecto económico y social de los pueblos.

En el mundo, las pérdidas por enfermedades de esta gramínea, desde épocas de la Roma Clásica se atribuye a **roya negra** o roya del tallo inducida por *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*, posteriormente se determinó a la **roya amarilla** conocida en Cajamarca como polvillo, causado por *Puccinia striiformis* y la **roya morena** o roya de hoja ocasionada por *Puccinia recóndita* f. sp. *tritici* y recientemente la septoriosis causada por *Septoria tritici* y otras manchas foliares provocados por diferentes patógenos.

La incidencia y severidad de estas enfermedades aún no están reportadas en la literatura fitopatológica de Cajamarca y del Perú, es por eso que se consideró necesario desarrollar la presente investigación, cuyos resultados contribuirán con el conocimiento científico de estas enfermedades, y así, proponer prácticas de manejo integrado, para favorecer una producción acorde con el potencial genético de cada variedad.

En Cajamarca, actualmente no se tiene un reporte especificando a las fungosis que atacan a los diferentes órganos del trigo (*Triticum vulgare* L.), lo que hace necesario saber la incidencia y severidad de cada patógeno, para conocer en qué grado se encuentra cada uno ellos (Roncal 2004).

En el cultivo de trigo y especialmente en sistemas de producción con expectativas de elevados rendimientos, debe realizarse un adecuado manejo de las enfermedades más frecuentes en cada región con el propósito de evitar que, en determinadas condiciones ambientales, su presencia limite el potencial productivo. La importancia relativa que cada una de ellas pueda alcanzar dependerá de las condiciones de ambiente favorables a las mismas durante el ciclo del cultivo y de algunos aspectos de manejo (principalmente la elección del cultivar en cuanto al ciclo y comportamiento sanitario, al sistema de labranza utilizado, a las rotaciones y al uso de fertilizantes). El monitoreo de las principales enfermedades del trigo, de enfermedades secundarias que puedan agravarse y de enfermedades nuevas que puedan aparecer es imprescindible, en particular de aquellas emergentes y de interés cuarentenario.

## **1.2. Objetivo**

Determinar la incidencia y severidad de las fungosis en trigo (*Triticum vulgare* L.) en siete distritos de la provincia de Cajamarca.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Generalidades del cultivo de trigo

Restos fósiles de granos de gramíneas semejantes al trigo (*Triticum* spp) encontrados en cavernas de Mesopotamia, que datan hace miles de años; indican que el hombre primitivo (*Homus erectus*) utilizó estas semillas, como fuente básica de alimento, que a través del tiempo han contribuido en su longevidad, distribución y estilo de vida; posteriormente, con la industria panadera y cervecera, el hombre moderno (*Homus sapiens sapiens*) dio importancia a los cereales de grano pequeño especialmente trigo y cebada (*Hordeun vulgare* L.) (Wiese 1986).

En la actualidad el trigo, debido a su adaptabilidad a diferentes latitudes, climas y suelos se cultiva en todos los continentes; en América prospera mejor en zona Quechua y Jalca templadas, aunque a nivel mundial los países con mayor producción de este cereal son China, India y EE. UU (Castro 2011).

Como alimento el trigo, es fuente importante de vitaminas del grupo B; minerales hierro (Fe), potasio (K) y fosforo (P); su comercialización contribuye con el bienestar socio económico de los lugares donde prospera (INIA 2004).

En el Perú, la siembra de trigo se ubica principalmente entre 2800 y 3500 msnm, casi exclusivamente en secano, donde más del 60% de la producción es para autoconsumo. Durante el periodo de cultivo en cada campaña agrícola es susceptible a plagas y enfermedades; destacando las fungosis, que dependen de varios factores, agua libre en la superficie de la planta, susceptibilidad,

densidad de inóculo y temperatura ambiental adecuada. Algunos hongos atacan una parte de la planta y otros en su totalidad, produciendo síntomas similares y distintos según la especie del patógeno, que para su identificación requieren de su morfología (Gestión 2014).

En el Perú la producción nacional de trigo creció en los últimos seis años a una tasa promedio anual de 1.8%. En el 2008 se produjo 206.9 miles de toneladas, y en el 2013 alcanzó 230 mil toneladas; siendo La Libertad, Cajamarca, Arequipa y Ancash los departamentos con mayor nivel de producción, que concentran el 59% de la producción nacional (Gestión 2014).

El trigo es usado también para la elaboración de galletas, pan, harina y otros productos farináceos; sin embargo, no logra cubrir la demanda interna, razón por la que cerca del 90% de este grano se importa de Canadá, Estados Unidos, Rusia, Argentina y Paraguay. Habiendo reportado que en nuestra patria alcanza 1'805,092 toneladas en el año 2013 por un valor de US\$ 626 millones, mayor en 6.4% al volumen importado durante el año 2012 (Gestión 2014).

El trigo ocupa una considerable extensión del área agrícola en la sierra norte del Perú y es una fuente importante de alimento e ingreso para las familias campesinas. Su producción se destina mayormente al autosostenimiento de las familias rurales, consumiéndose bajo diversas formas como: "shambar", sopas, trigo pelado, "arroz" de trigo, mote, harina, "café" de trigo, cancha de trigo, dulces, entre otros usos. Se cultiva por su grano y paja, este último es un subproducto de mucho interés, utilizado especialmente como forraje (Roncal 2004).

La evaluación de pérdidas a causa de enfermedades se realiza a través de índices de incidencia y severidad (el número de órganos afectados/el número total de órganos evaluados x 100 o el área afectada del órgano/el área total evaluada x 100, respectivamente). Para desarrollar modelos que contemplen el efecto de las enfermedades en el rendimiento con una aproximación más realista y dilucidar cuales atributos del cultivo son afectados por las enfermedades foliares, es necesario comprender como éstas afectan los atributos

ecofisiológicos que determinan el rendimiento a nivel de planta y de cultivo (Castro 2011).

### **2.1.1. Época de siembra**

La época de siembra varía según la región, acorde con periodo de lluvia y riego. En la sierra del Perú existen tres formas de conducción del cultivo:

- a. Cultivo que se conduce con riego exclusivamente desde la siembra hasta la cosecha.
- b. Cultivo en que parte de su ciclo se conduce con lluvia y la otra parte con riego hasta llegar a la cosecha.
- c. Cultivo que se conduce exclusivamente con lluvias desde la siembra hasta la cosecha (García 2007).

Teniendo en cuenta las condiciones precedentes, en la sierra, cuando el cultivo se conduce solo con riego, la siembra se puede efectuar en abril, mayo, junio o julio, para obtener cosechas en octubre, noviembre, diciembre o enero. Cuando el cultivo se conduce con riego y con lluvia, la siembra se realiza en marzo y abril, obteniéndose cosechas en agosto, setiembre u octubre. En cultivo de secano, cuyas plantas crecen y desarrollan favorecidos por periodos de lluvia; la siembra se realiza en septiembre, octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero, inclusive en marzo. Para las condiciones de las zonas trigueras de Cajamarca, la época de siembra se puede realizar desde noviembre hasta marzo, para obtener cosechas en abril, mayo junio, agosto y septiembre (García 2007).

### **2.1.2. Fenología del cultivo de trigo.**

El trigo es una planta anual cuyo crecimiento y desarrollo se realiza en forma, gradual a través de varias etapas irreversibles, que finaliza con la maduración y muerte de la planta, es un proceso vegetativo cuya duración depende de varios factores climáticos y de las variedades. El ciclo o periodo vegetativo puede dividirse en cuatro sub periodos (García 2007)

**a. Primer sub periodo (Germinación)**, desde un mes antes de la siembra, hasta un mes después de la germinación. Temperatura mínima de 4 °C y óptima de 15 °C, precipitación mínima de 45 mm y máxima de 160 mm. Condiciones que le son favorables para una buena germinación y emergencia, de ser así esta se inicia a los 2 o 3 días de la siembra, y la primera hoja aparece en la superficie a los 5 o 6 días. La duración de este periodo es de 60 días aproximadamente (García 2007).

**b. Segundo sub periodo (Macollamiento)**, desde terminada la germinación, hasta el completo término del macollamiento. Temperatura mínima de 8 °C, óptima de 10 °C y máxima de 16 °C, precipitación 30 mm, máxima 60 mm. Una dilatación de esta fase es beneficiosa, porque corresponde al periodo de reposo invernal que la planta necesita para macollar. Debemos destacar las temperaturas bajas que originan las heladas, son perjudiciales al trigo en los primeros días de este sub periodo; sin embargo, en la actualidad se han obtenido variedades resistentes al frío. La duración de este periodo es de 55 días aproximadamente (García 2007).

**c. Tercer sub periodo (Floración)**, desde el término del macollamiento y encañamiento, hasta la espigazón o floración. Este sub periodo se caracteriza por el estiramiento rápido de las vainas foliares, se endurecen y las cañas de los tallos se alargan por la acción del crecimiento de los meristemas internodales. La temperatura juega un papel muy importante, puesto que se ha comprobado que la planta necesita para llegar a una floración normal, temperaturas aproximadas a 16 °C. Con respecto a las precipitaciones, en este sub periodo el trigo exige un mínimo de 40 mm y un máximo de 256 mm. La duración de este periodo es de 50 días aproximadamente (García 2007).

**d. Cuarto sub periodo (Madures comercial del grano)**, desde el término de la espigazón (floración) hasta la madures comercial de grano. La temperatura óptima es de 18 °C, mínima de 14 °C y la máxima de 24 °C. La duración de este periodo es de 50 días aproximadamente (García 2007).

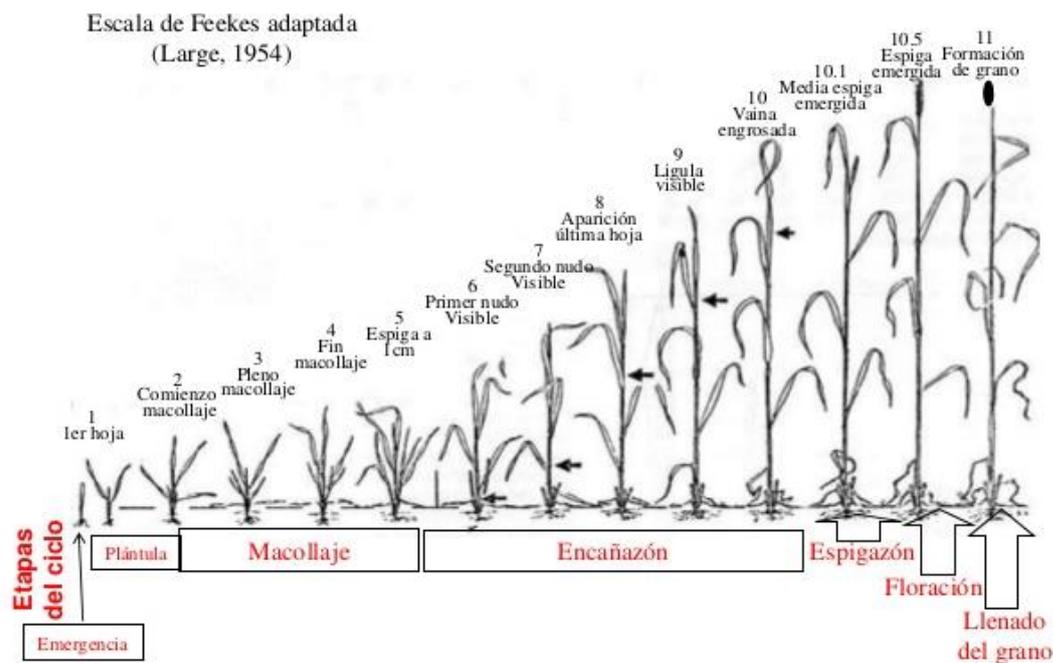


Fig. 1. Fenología del cultivo de trigo

### 2.1.3. Enfermedades en trigo

Los hongos que infectan trigo lo hacen a través de las heridas, aberturas naturales o mediante penetración directa. Las infecciones se manifiestan como podredumbres, tizones, deformaciones, lesiones, manchas, royas, carbones y mildiús. Estas manifestaciones se conocen como enfermedades, que de acuerdo al patógeno y al órgano afectado, las infecciones se muestran con síntomas peculiares, producto del agotamiento paulatino y constante de los nutrientes del hospedero. Los síntomas son consecuencia de la acción de subproductos metabolizados por los agentes patógenos, destacando entre estas toxinas, enzimas, fitohormonas. Con frecuencia, las enfermedades fúngicas en trigo son fáciles de diagnosticarse, debido a que cada patógeno presenta síntomas y signos característicos (Wiese 1986).

Las fungosis en trigo comprenden el grupo más grande de enfermedades que afectan trigo a nivel mundial. Las royas, son las primeras enfermedades, reportadas por el hombre, en los registros bíblicos. El cornezuelo, la roya del tallo o roya negra y la caries, son las primeras enfermedades que merecieron las investigaciones en el siglo XVIII, convirtiéndose en piezas fundamentales para la Micología y Fitopatología (Wiese 1986).

### 2.1.3.1. Roya de hoja o roya morena (*Puccinia recóndita*)

**a. Organismo causal**, *Puccinia recóndita* Rob. ex Desm. f. sp. *tritici* (syns. *P. rubigovera* (DC) Wint., *P. triticina* Eriks.), parásito obligado, biológicamente vive a expensas de tejidos frescos y no se puede multiplicar en medios de cultivo sintético (Roncal 2004) y está conformado por diferentes razas fisiológicas con propiedades de afectar a diferentes variedades de trigo y a otras especies de gramíneas, la alta especificidad se debe a caracteres intrínsecos (Wiese 1986).

*Puccinia recóndita* f. sp. *tritici*, en la naturaleza coexiste con el cultivo, predomina en zonas en la que el trigo madura tardíamente; este patógeno se comporta como parásito débil en algunos cultivares de cebada (*Hordeum vulgare*) y en algunas especies de los géneros *Aegilops* y *Agropyron*; entendiendo que estas especies se comportan como plantas alternas; aunque la fases picnio y aecio son raros en América, en Europa se presenta en *Thalictrum* spp. En meso america la fase Aecia sólo se ha reportado en especies de los géneros *Anchusa*, *Anemomella*, *Clematis* y *Isopurum* (Wiese 1986).

**b. Síntomas**, se caracteriza por mostrarse primero en hojas del tercio inferior de donde luego prospera a las del tercio medio y superior de las plantas (Roncal 2004); las infecciones se muestran como pequeñas pústulas redondeadas de color marrón rojizas (uredosporas) no fusionadas entre ellas en las hojas, principalmente en la cara superior (haz); pueden presentarse en cara inferior (envés), pero son menos numerosas (Loagerin, Johnston y Hendrix 1967).

Las pústulas de la fase uredo, alcanzan hasta 1.5 mm de diámetro y están dispersos o agrupados principalmente en la lámina foliar (Wiese 1986), inmediatamente después de la lígula. En sus inicios, antes de la ruptura de la cutícula se aprecian elevados, de forma oval, redondeado; inmediatamente después de la ruptura dejan ver las uredosporas de color rojo-anaranjado (Roncal 2004).

Las uredosporas, de superficie con espinulescencias finas, por naturaleza son resistentes al frío, miden de 15 a 30 µm de diámetro, tienen formas sub globosas,

de color castaño-rojizas, con 3 a 8 poros germinativos; considerada de rango intermedio entre *P. graminis* y *P. striiformis* (Wiese 1986).

Las teliosporas se forman cuando el tejido del hospedero ya no provee de alimento (Roncal 2004); éstas desarrollan debajo de la epidermis, de vainas y láminas foliares (Wiese 1986), ocupan el espacio de la pústula de la fase Uredo. Las teliosporas por naturaleza son bicelulares, las células de cada una de estas esporas son redondas y aplastadas en sus vértices. A la vista la pústula se aprecia de color negro (Roncal 2004).

Esta enfermedad aparece a diferentes altitudes y en diferentes condiciones ambientales. Las teliosporas para germinar requieren periodos de frío; la enfermedad prospera entre 15-22 °C, siempre y cuando la humedad no sea limitada. A veces *Puccinia recóndita* f. sp. *tritici* es sinérgicamente dañina en combinación con *Septoria* spp. (Wiese 1986).

#### **2.1.3.2. Roya del tallo o roya negra (*Puccinia graminis tritici*)**

**a. Organismo causal**, en su forma simplificada el nombre científico se reporta como *Puccinia graminis tritici* (Pers) Eriks. y Henn (Romero 1988); siendo su nominación correcta *Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici* Eriks. & Henn., este patógeno también afecta a ciertas variedades de cebada, como *Hordeum jubatum* L., *Aegilops* spp. y otros cultivares de rye grasses (Wiese 1986).

La “**roya negra del trigo**” se conoce, desde la época antigua, es mencionada por escritores hebreos, griegos y romanos; estos últimos refieren con particular interés a festividades denominadas Robigalias en honor al dios de la roya (Romero 1988). Los agricultores romanos a esta enfermedad lo reconocieron como la principal enfermedad vegetal (Wiese 1986).

Por los daños que ocasiona este patógeno, a través del tiempo, hombres de ciencia se han interesado en su estudio, reportando conocimientos aún vigentes, como los hallazgos de Fontana (1767), Persoon (1797), los hermanos Tulasne

(1854), de Bary (1864), Erikson y Henning (1894), Stakman (1917) y Borlaug (1970) (Romero 1988).

Estudios biológicos y de especificidad, sobre este patógeno han determinado que tiene a diferentes especies alternos conocidos comúnmente como agracejo, destacando entre éstos *Berberis vulgaris* L., *B. canadensis* Mill. y *B. fendleri* Gray). Estas especies se cultivan como ornamento, otros crecen en grupos silvestres o suelos sin cultivar; existe una especie inmune a las primeras fases de este patógeno, es *B. thunbergii* DC. (Wiese 1986).

Considerando el ciclo biológico, las dos primeras fases se realiza en hojas de agracejo; la primera por años conocida como “**fase 0**”, ahora conocido como “**fase espermogonio**”, se caracteriza porque las basidiosporas de diferente polaridad (+) (-), dan origen a filamentos dicarióticos, que terminan necrosando el parénquima foliar, seguido de la formación de la “**fase I**”, micológicamente denominado “**fase aecia**” o “**face ecidio**” (Roncal 2004), las aeciosporas en cadenas largas y secas son subglobosas de 15-19 x 16-23 µm, lisas y de color amarillo-anaranjado claro (Wiese 1986); éstas al ser transportadas por el viento llegan al hospedero trigo, germinan infectan y dan origen a la “**fase II uredo**”, periodo de máxima actividad patogénica del hongo; posteriormente cuando la fase uredo necrosa a la planta, ocurre la “**fase III o telia**”, o estado de conservación; en este estado permanecen latentes por un determinado periodo; cuando las condiciones de humedad y temperatura son adecuadas, la teliospora se activa, una de las células germina un promicelio que se transforma en basidio con cuatro esterigmas, que soportan cuatro basidiosporas, está es la “**fase IV**” llamado también promicelio (Roncal 2004).

**b. Síntomas**, las pústulas de los uredos son visiblemente elevadas, con tejidos epidérmicos quebrados en los bordes. Pueden emerger por ambas superficies foliares y tienden a ser mayores en el envés. Las pústulas son ovales, alargadas o puntiagudas y de 3 x 10 mm. De acuerdo a la susceptibilidad, la proliferación en número de estas lesiones en tallos, provoca el vuelco de las plantas (Wiese 1986).

Las uredosporas con equinulaciones miden de 15-24 x 21-40  $\mu\text{m}$ ; son de color rojo-anaranjadas dehiscentes; de formas ovales, oblongas y elipsoides. Presentan cuatro poros, a través de los cuales germinan tubos germinales que penetran cutícula, estomas y la consecuente ruptura de células, para proveerse de alimento a través de haustorios (Roncal 2004).

La roya del tallo tiene un desarrollo óptimo alrededor de los 20 °C, pero el mismo se ve seriamente obstaculizado por debajo de los 15 °C y por encima de los 40 °C. La maduración retardada del cultivo favorece especialmente el desarrollo de la enfermedad (Wiese 1986).

### **2.1.3.3. Royas de las glumas o amarilla (*Puccinia striiformis*)**

**a. Organismo causal**, *Puccinia striiformis* West. (Sinónimo *P. glumarum* Eriks. & Henn.) (Wiese 1986). En la literatura fitopatológica mundial este hongo provoca la “**roya amarilla = roya rayada = roya de las glumas**”; enfermedad distribuida preferentemente en Canadá, Estados Unidos de Norte América y en Sur América en Argentina, afecta al trigo, cebada, avena y otras gramíneas (Romero 1988). La roya lineal está limitada a las zonas muy elevadas de climas más fríos y no perdura en muchas regiones donde aparece la roya foliar y del tallo. En América del Norte, por ejemplo aparece anualmente en montañas y valles del oeste desde Canadá hasta México, pero es muy rara en llanuras centrales (Wiese 1986).

No se conoce que *P. striiformis*, tenga hospederos alternos o estados en donde tenga que ocurrir el intercambio genético. Pero si posee un sin número de variedades de trigos susceptibles; lo que no sucede con los hongos que causan la royas del tallo y foliar, que infectan al centeno y a más de 18 géneros de gramíneas. Además del trigo, la cebada resulta afectada desde el punto de vista económico y muchas gramíneas perennes constituyen reservorios de este hongo (Wiese 1986).

Las uredosporas son esféricas, de 20 a 30  $\mu\text{m}$  de diámetro, de color naranja-amarillentas. Poseen paredes finas, espinulescentes y con 6 a 12 poros germinativos dispersos. En las espigas, los uredos parecen normalmente en las

superficies ventrales de las glumas y, a veces, también se infectan las semillas (Wiese 1986).

**b. Síntomas**, en Norte America esta roya es frecuente a principios de primavera (Wiese 1986), el daño se muestra como pústulas en líneas a lo largo de los haces vasculares de las hojas; cada lesión es de color amarillo de 0.3 – 0.5 X 0.5 – 1.0 mm (Romero 1988), también se lo encuentra en espigas y ordenadas en líneas notorias (Wiese 1986).

La roya lineal del trigo se origina a partir de las infecciones en otras gramíneas; cuyas uredosporas trasportadas por el viento llegan al hospedero principal, germinan e inducen infección (Wiese 1986), mostrándose el desprendimiento de la cutícula como puntitos blanquecinos seguido de clorosis (Roncal 2004).

La lámina foliar y vainas muestran susceptibilidad a este patógeno, las pústulas son poco errumpentes y dependen de la susceptibilidad de la variedad. Las plantas severamente atacadas disminuyen su rendimiento en 50 %, los granos se arrugan, pierden peso y el contenido proteico disminuye (Romero 1988).

Como *P. striiformis*, afecta a diferentes gramíneas; uredosporas de este patógeno son fuente de inóculo para trigos sembrados en lugares a menos altitud. Las infecciones pueden ocurrir durante todo el otoño y en el periodo de invierno ya que el micelio permanece viable a - 5 °C; aunque las uredosporas pierden viabilidad rápidamente a temperaturas por encima de los 15 °C; germinan óptimamente en un rango de temperatura de 5 a 15 °C, limitándose por debajo de 0 a menos de 21°C. La enfermedad desarrolla entre 10 y 15°C con lluvias intermitentes o rocío permanente. Las pústulas de la fase telia, prosperan en los espacios de la fase uredo y con *P. recondita* f. sp. *tritici* pero son germinables sin tratamientos con frio (Wiese 1986).

#### **2.1.3.4. Mancha foliar o tizón de la gluma (*Septoria nodorum*)**

**a. Organismo causal**, existen tres diferentes especies del género *Septoria* que atacan trigo; *Septoria nodorum* (Berk) Berk; *S. tritici* Rob. in Desm. y *S. avenae*

f. sp. *tritici*. Esta enfermedad ocurre en todos los continentes donde se cultiva el trigo, con niveles de importancia económica; se tiene conocimiento que en las décadas de los años 70 y 80 del siglo XX, los trigos de centro América fueron afectados por “**mancha foliar**” causado por *S. tritici* y *S. avenae* f. sp. *tritici* y por “**tizon de la gluma**” ocasionado por *S. nodorum*. (Wiese 1986).

A esta enfermedad se conoce como “**mancha foliar por *Septoria***” “**mancha por *Septoria***” o “**complejo *Septoria***” ya que en las plantas de uno o varios campos de cultivo se los encuentra a estos diferentes patógenos (Wiese 1986).

El complejo *Septoria* destruye en la actualidad cerca del 2% del trigo mundial por año. La formación de la semilla no se modifica de manera apreciable, pero su llenado se perjudica y el grano marchito se pierde con las glumas en el momento de la cosecha. Algunos campos protegidos con fungicidas produjeron de un 10 a un 20% más de granos que los campos en los que se permitió el desarrollo de enfermedades foliares, principalmente las manchas por *Septoria*. Las pérdidas son mayores cuando las epidemias se desarrollan antes de la formación de la espiga (Wiese 1986).

**b. Síntomas**, las infecciones ocurren durante todo el periodo de crecimiento del hospedero. Los síntomas iniciales se muestran con pérdida del color verde entre las nervaduras de las hojas (Roncal 2004), seguido de clorosis en estrías, de preferencia en las hojas inferiores, en especial aquellas que están en contacto con el suelo. Cada estría incrementa su tamaño formando lesiones irregulares, normalmente de 1-5 x 4-15 mm (Wiese 1986).

Las lesiones ocasionadas por *S. tritici* tienden a limitarse en forma lateral, debido a que las células del parénquima muestran mayor susceptibilidad que las células de las nervaduras (Roncal 2004); esta característica permite apreciar lesiones en hilera paralelas (Wiese 1986).

Las infecciones de *S. nodorum* y *S. avenae* f. sp. *triticea*, en sus inicios tienen apariencia húmeda, seguido de clorosis y cuando la lesión se necrosa se deshidrata se muestran lentiformes; manteniendo el color amarillo, para

finalmente adquirir el color castaño-rojizas. Algunas lesiones se muestran con el centro castaño-grisáceos o ceniza (Wiese 1986).

Considerando el complejo de las diferentes especies del género *Septoria*, afectando trigo se ha determinado, que los filamentos de cada patógeno avanzan en forma inter e intracelular, intoxicando a las células del parénquima en forma longitudinal; a este proceso sigue la necrosis en forma progresiva de color gris claro (Roncal 2004), Cuando la infección ocurre en la base de la lámina foliar, la hoja se retuerce, siguiendo la necrosis en forma progresiva (Wiese 1986).

Para la diagnosis se requiere visualizar a los picnidios dentro de las lesiones foliares (Wiese 1986), estos se forman cuando no existe alimento para que el hongo crezca y desarrolle en forma de hifa (Roncal 2004); son globosos inmersos, de color marrón-grisáceo de 100 a 200  $\mu\text{m}$  de diámetro, con paredes rugosas. Exudan masas de esporas agrupadas en gotitas o en columnas gelatinosas en periodos húmedos. Los picnidios con frecuencia están espaciados en filas ordenadas, debido a que se desarrollan dentro de las cavidades subestomáticas. A veces los nódulos infectados están hundidos y oscurecidos o moteados por los picnidios (Wiese 1986).

#### **2.1.3.5. Mancha foliar o Helminthosporiosis (*Helminthosporium tritici*)**

**a. Organismo causal**, son diferentes especies de los géneros *Helminthosporium* y *Bipolaris*, que afectan trigo; destacando entre estos los anamorfos *H. sativum* P. K. y B. = *H. sorokinianum* Sacc. Ex Sorok., *Bipolaris sorokiniana* Sacc. In Sorok y el teleomorfo de ambos corresponde a *Cochliobolus sativus* Ito y Kurib. (Wiese 1986); en México se reporta como *Pyrenophora trichostoma* = *Helminthosporium tritici* - *repentis* (Romero 1988).

*Helminthosporium tritici* – *repentis*, fue por primera vez reportado en Alemania en 1902, Australia 1950, Kenya 1954 y EEUU 1971 y en México en 1980 en Michoacan; ahora se reporta como *Pyrenophora trichostoma*. Por la sintomatología que presenta la enfermedad toma diferentes nombres “Mancha

amarilla de la hoja”, “Mancha de la hoja”, “Atizonamiento de la hoja del trigo y mancha ocular” (Romero 1988).

Cada especie es fácilmente aislada en medios de cultivo sintéticos comunes; en éstos presenta micelio de color castaño oliva intenso; los conidióforos pueden presentarse en forma individual o agrupados por la base; no tiene ramificaciones, son erguidos, multicelulares; conidios curvos de color castaño oliva, ovados oblongos con extremos ahusados miden de 15 – 20 x 60 – 120  $\mu\text{m}$ , con 3 – 10 tabiques. Éstos se desarrollan en forma lateral al final de una célula del tercio superior del conidióforo; cuando el conidio madura, se suelta dejando ver un poro característico (Wiese 1986).

**b. Síntomas**, *H. sativum* infecta raíces, hojas y plántulas de trigo. Su micelio es de color castaño-oliva intenso característico. Los conidióforos se presentan en forma individual, a veces agrupados, son simples, erguidos y de 6 - 8 x 110 -150  $\mu\text{m}$  de longitud, con diferente número de tabiques. Los conidios se desarrollan lateralmente desde poros ubicados debajo de cada tabique del conidióforo (Wiese 1986).

La muerte de las plántulas antes o en seguida después de la emergencia constituye el resultado más dramático del ataque temprano del hongo. El vuelco puede ser de gran magnitud en los suelos secos y cálidos, cuando el inóculo proviene de la semilla. El oscurecimiento del entrenudo de la subcorona es indicativo del ataque por *Helminthosporium sativum* (Wiese 1986).

Las plantas de trigo cerca de madurar o con infección radical, están propensas al ataque de la parte aérea. Las lesiones foliares con frecuencia son coincidentes con el tiempo húmedo y con las infecciones radicales que avanzan hacia el pie y base el tallo. Sin embargo, también puede haber infecciones foliares independientes por medio de un inóculo proveniente de aire. Los síntomas foliares son más evidentes después de la espigazón y más frecuentes en las hojas inferiores (Romero 1988).

*Helminthosporium sativum* produce lesiones evidentes, alargadas y negro-castañas que rara vez exceden el centímetro de longitud. Las lesiones con pústulas contrastan notoriamente con el color verde o pajizo de tejidos foliares incluso después de la senescencia foliar (Romero 1988).

#### **2.1.3.6. Carbón (*Tilletia tritici*)**

Los carbones como enfermedad en trigo, fueron reportados en la centuria del siglo XVII; en 1807 se reconoció como enfermedad infecciosa causada por los hongos *Tilletia tritici* = *T. caries* y *T. laevis* = *T. foetida*; ambas especies se distinguen por la morfología de las esporas y por la distribución geográfica del cultivo; estos patógenos interactúan con las royas (Wiese 1987).

El cultivo de trigo en el mundo es afectado por distintos carbones destacando, el carbón desnudo, causado por *Ustilago tritici* (Pers.) Rostr.; carie o carbón hediondo producido por *Tilletia caries* (D. C.) Tul. y *T. foetida* (Wallr) Liro. Como enfermedad sólo se observa cuando la planta se encuentra en espigado; las espigas afectadas desarrollan más rápido que las sanas, mostrándose de color negro mate; cuando las envolturas florales se destruyen dejan expuesto a las esporas en forma de polvo negro (Fernandez, Mont Koc y Fribourg 1973).

Económicamente los carbones son importantes, porque cuando se presentan causan pérdidas económicas irreversibles (Alexopoulos 1962)

**a. Organismo causal**, *Tilletia tritici*, producen Teliosporas = teleosporas que al germinar producen micelio hialino, las células de los filamentos en determinado momento se transforman en teliosporas o esporas de resistencia de forma esférica de color marrón oscuro; éstas en condiciones adecuadas de humedad y temperatura germinan un tubo germinativo que se transforma en basidio con 8 a 16 basidiosporas (Agrios 2004).

**b. Síntomas**, las plantas enfermas detienen su crecimiento, distinguiéndose mejor con la emergencia de las espigas; éstas son de menor diámetro que las sanas y mantienen el color verde por periodos prolongados. Cuando los granos aumentan de tamaño como consecuencia de la infección, las glumas se separan.

El grano en la plenitud de la infección son algo esféricos, de color castaño grisáceo opaco, los pericarpios son frágiles, se deterioran con ligera presión, momento en que el olor a pescado se hace más notorio (Wiese 1987).

#### **2.1.4. Intensidad de la enfermedad.**

Se refiere a la magnitud del daño que ocasiona un organismo o partículas virales en el hospedero, en relación con su área somática y la extensión del terreno cultivado. Los datos de las evaluaciones individuales se deben relacionar a la superficie cultivada, para poder precisar la acción patogénica y la repercusión en el rendimiento (Roncal 2004).

**a. Incidencia**, corresponde a determinar el número de plantas enfermas, en un área de cultivo. Los datos se obtienen, localizando puntos estratégicos de evaluación; en extensiones uniformes se evalúan las esquinas y el centro y en otras se sigue el muestreo en zigzag, en ambos casos se toman un cierto número de plantas, teniendo en cuenta el tamaño y la densidad del cultivo; generalmente se acostumbra cien unidades por punto escogido, en los cuales se precisa, la cantidad de plantas afectadas; que son aquellas que manifiestan como mínimo un síntoma característico de la enfermedad; y además se anota el número de plantas sanas. La incidencia se expresa en porcentaje, se obtiene dividiendo el número de plantas enfermas entre el número total de plantas evaluadas multiplicado por cien (Roncal 2004).

**b. Severidad**, comprende el área afectada de una planta en relación a su soma; los datos obtenidos se traducen a la superficie cultivada. Para calcular el porcentaje de severidad se utiliza diferentes escalas de evaluación, desde las propuestas por Nathan A. Cobb en 1892, hasta aquellas descritas por cada investigador; teniendo en cuenta, la edad de la planta, los órganos afectados, periodo vegetativo, y otras que permitan precisar la magnitud del daño en base a grados de evaluación. El investigador de acuerdo a sus objetos puede proponer escalas con diferentes grados de evaluación lineal o logarítmica. Las líneas, varían desde el grado cero a grado cien; otras tienen 10 grados, 6 grados, 5 grados; e incluso hay de 3 grados (Roncal 2004).

## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación

Este trabajo de investigación se realizó en diferentes campos de cultivo de trigo en siete distritos de la Provincia de Cajamarca, cuya temperatura promedio anual es de 13.3 °C, humedad relativa promedio anual de 65 % y una precipitación anual de 823 mm (SENAMHI 2015)

**Tabla 1.** Altitudes, latitudes y longitudes referenciales de los siete distritos donde se realizó la investigación

Distrito	Altitud (msnm)	Coordenadas UTM
Cajamarca	2721	775128 9207420
Los Baños del Inca	2668	780427 9207242
Llacanora	2617	784195 9204037
Namora	2744	795394 9203005
Matara	2826	802599 9197149
Jesús	2563	789369 9197862
La Encañada	3106	793532 9216008

**Fuente:** Google Earth 2015



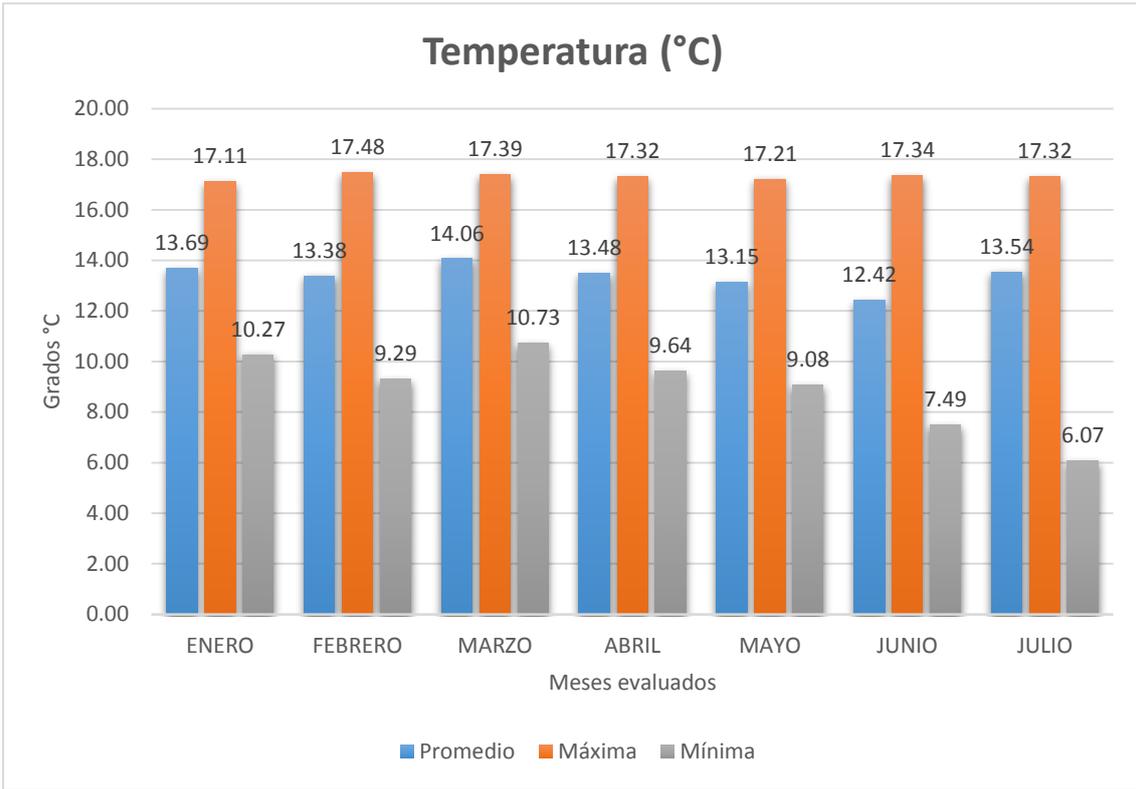
Fig. 2. Mapa de los siete distritos de la provincia de Cajamarca en donde se llevó a cabo la evaluación de la incidencia y severidad.

### 3.2. Condiciones meteorológicas promedio de la provincia de Cajamarca

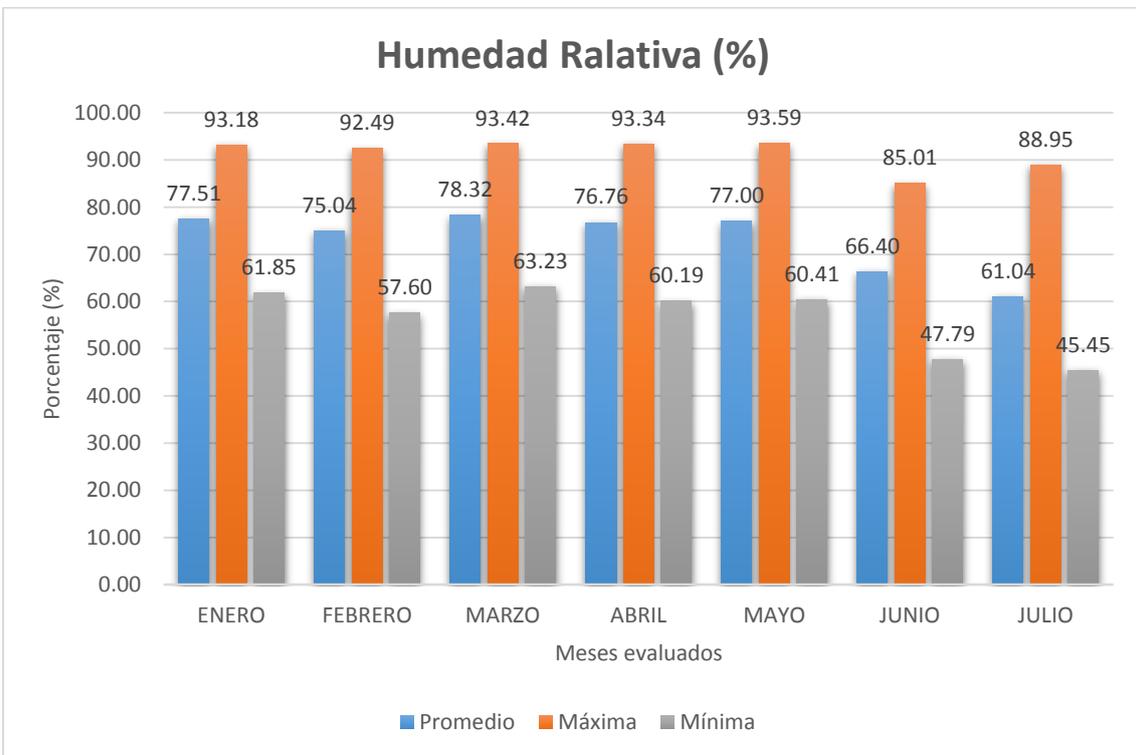
Tabla 2. Temperatura, Humedad Relativa y Precipitación promedio de los meses de evaluación al cultivo de trigo.

MES	Temperatura (°C)			Humedad Relativa (%)			Precipitación(mm)	
	Promedio	Máxima	Mínima	Promedio	Máxima	Mínima	Total	Promedio
ENERO	13.69	17.11	10.27	77.51	93.18	61.85	184.70	6.40
FEBRERO	13.38	17.48	9.29	75.04	92.49	57.60	55.40	2.00
MARZO	14.06	17.39	10.73	78.32	93.42	63.23	199.70	6.40
ABRIL	13.48	17.32	9.64	76.76	93.34	60.19	63.00	2.10
MAYO	13.15	17.21	9.08	77.00	93.59	60.41	75.80	2.60
JUNIO	12.42	17.34	7.49	66.40	85.01	47.79	3.00	0.10
JULIO	13.54	17.32	6.07	61.04	88.95	45.45	0.01	0.05
PROMEDIO	13.39	17.31	8.94	73.15	91.43	56.65	83.09	2.81

Fuente: SENAMHI 2015



**Fig. 3. Temperatura de los meses evaluados**



**Fig. 4. Humedad Relativa de los mese evaluados**

### **3.3. Materiales**

**3.3.1. Material biológico:** Plantas de trigo con síntomas de enfermedades.

**3.3.2. Material de campo:** Cámara húmeda de polietileno, Navajas, Tijeras, Bolsas de polietileno y Libreta de apuntes.

#### **3.3.3. Material y equipo de laboratorio**

**a. Equipo óptico:** Estereoscopio, microscopio compuesto y cámara fotográfica.

**b. Material de vidrio:** Lámina porta y cubre objeto.

**c. Desinfectantes:** Hipoclorito de sodio al 5% y alcohol de 70°.

**d. Otros:** Cinta maskin, aguja hipodérmica N° 25, detergente, algodón, pinzas, lapicero.

### **3.4. Metodología**

#### **3.4.1. Trabajo en campo**

Las evaluaciones se realizaron entre los meses de enero a junio de 2015, teniendo en cuenta la época de siembra (diciembre, enero y febrero) y estado fenológico de trigo (macollamiento, floración – espiga emergida), en los diferentes campos agrícolas donde se cultivó trigo.

La selección y el muestreo de las parcelas de cada uno de los distritos evaluados se tomaron al azar, tomando como base la relación de productores, siendo estas representativas del distrito. Habiendo sido elegidos se procedió a trabajar en ellas.

En el distrito de Cajamarca, se consideró al centro poblado de Pariamarca, en Los Baños del Inca a Shaullo Alto y La Pampa de la Culebra, en Llacanora a Marcobamba, en Namora a Laguna Sulluscocha y Samaday, en Matara a Matarita, Jesús a Llimbe y Cebadin, y La Encañada a Santa Delia y San Luis.

La colección de muestras, se realizó considerando el síntoma y el signo de cada enfermedad, éstas se dispusieron en cámaras húmedas, para así ser trasladadas al Laboratorio de Fitopatología.

Las variedades de trigo encontradas fueron Andino y Gavilán, ya que son las más frecuentes; la variedad Gavilán en campo se distingue por el color de la espiga que es blanco de igual manera sucede con el grano. La variedad Andino se caracteriza por presentar espigas de color algo amarillento, cuando el grano está maduro es de color blanco.

Por literatura se conoce que la variedad Andino es resistente a roya amarilla (*Puccinia striiformis*) y tolerante a roya negra (*Puccinia graminis tritici*), mientras que la variedad Gavilán ha demostrado tolerancia a la roya negra (*P. graminis tritici*) y con cierta susceptibilidad a la roya amarilla (*P. striiformis*). En la actualidad estas resistencias y tolerancias han perdido su efecto haciéndolas más vulnerables (Bazán de Segura 1965).

La incidencia y severidad de las enfermedades encontradas se determinó en estado fenológico de floración – espiga emergida.

#### **a) Determinación de incidencia de la enfermedad.**

En cada campo de cultivo se determinó cinco puntos de evaluación; cuatro en espacios del contorno de la chacra y uno al centro.

En cada espacio seleccionado, se tomó al azar 20 plantas y de estas sólo se evaluó un tallo por planta (tallo principal); teniendo en cuenta el síntoma característico de cada enfermedad.

Se consideró planta enferma, cuando en hoja, vaina, tallo y espiga se encontró brotes de síntoma de cada enfermedad. Con estos datos se determinó la diseminación de la enfermedad, haciendo uso de la fórmula matemática.

$$\text{Incidencia de la enfermedad} = \frac{\text{Número de plantas enfermas}}{\text{Número de plantas totales}} \times 100$$

**b) Determinación de severidad de la enfermedad**, para cada enfermedad se elaboraron escalas de evaluación, teniendo en cuenta el avance de la patogénesis representado en grados de infección.

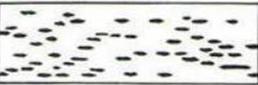
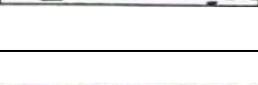
Las figuras que representan los grados de infección de cada enfermedad sirvieron para comparar “in situ” la patogénesis y de esta manera recopilar los datos para determinar la severidad a través de la fórmula y las escalas de evaluación que a continuación se detallan.

$$\text{Severidad enfermedad} = \frac{\sum\{( \text{N}^\circ \text{ de plantas} ) \times (\% \text{ mayor grado})\}}{\text{Número de plantas evaluadas}}$$

Los datos de “severidad”, se obtuvieron utilizando las mismas plantas que sirvieron para determinar “incidencia”; con la diferencia de que se tuvo especial cuidado de determinar el grado de infección de cada tallo, por comparación con las figuras de cada grado de la respectiva enfermedad.

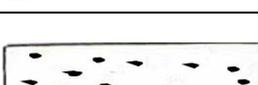
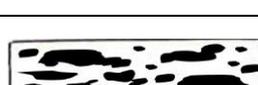
**c) Escalas de evaluación de las enfermedades de trigo**, estas escalas fueron elaboradas, teniendo en cuenta la patogénesis de cada patógeno en el hospedero trigo; sólo se elaboraron dos; una para determinar severidad de “roya amarilla” y otra para “helminthosporiosis”, debido a que sólo se encontraron estas dos enfermedades.

**Tabla 3.** Escala de evaluación para determinar severidad de *Puccinia striiformis*

GRADO	PORCENTAJE DE INFECCIÓN		DESCRIPCIÓN
1	0%		Planta aparentemente sana
2	1 – 25%		Hojas con pústulas de 0.3 cm con halo clorótico
3	26 – 50%		Hojas con pústulas en la fase Uredo formando estrías de 0.5 cm.
4	51 – 75%		Hojas con pústulas formando estrías de la fase Uredo, inicio de la fase Telia, algunas glumas con pulverulencia amarilla, infección del grano aún sin manifiesto necrótico.
5	76 – 100%		Hojas con pústulas en estrías negras de la fase Telia, glumas con abundante pulverulencia amarilla, formación de estrías oscuras. Grano cubierto de pulverulencia amarilla y necrosis de pigmentación oscura.

Fuente: Elaborado por Renato Suárez y Manuel Roncal (2015)

**Tabla 4.** Escala de evaluación para determinar severidad de *Helminthosporium tritici*

GRADO	PORCENTAJE DE INFECCIÓN		DESCRIPCIÓN
1	0%		Hoja aparentemente sana
2	1 – 25%		Hoja con pequeños puntos cloróticos de forma elíptica
3	26 – 50%		Hoja con manchas fusiformes de 0.8 – 1.2 cm de longitud, parénquima necrosado de color pajizo a marrón claro a oscuro, rodeado de halo clorótico.
4	51 – 75%		Hoja con manchas fusiformes de 1.2 – 1.9 cm de longitud, cuando coalescen forman áreas necróticas amorfas del parénquima foliar.
5	76 – 100%		Parénquima foliar necrótico de color pajizo, Grano Chupado

Fuente: Elaborado por Renato Suárez y Manuel Roncal (2015).

### 3.4.2. Trabajo en laboratorio

La identificación de los patógenos se realizó a través de la observación microscópica, utilizando los métodos de extracción directa de porciones del signo y por adherencia de las estructuras somáticas de cada patógeno, en el lado pegajoso de cinta adhesiva transparente.

**a. Extracción del signo con aguja hipodérmica N° 25**, localizado el signo a través del estereoscopio, se extrajo la muestra utilizando jeringa con aguja hipodérmica N° 25, ésta porción de signo se dispuso en el porta objetos que contenía una gota de agua destilada, inmediatamente se colocó el cubre objetos; de esta manera se realizó la observación al microscopio.

**b. Adherencia del signo en cinta adhesiva transparente**, para extraer las estructuras del signo que nos permitan identificar al patógeno, se utilizó cinta adhesiva transparente. Localizada la porción del signo, sobre ésta se dispone con cuidado la parte pegajosa de la cinta con la finalidad de obtener por adherencia el soma del patógeno, obtenida la muestra se fijó en la porta objetos.

Para lograr observaciones microscópicas con nitidez, las muestras fueron fijadas sobre una gota de agua en el centro de un porta objetos limpio y cubierto con el cubre objetos; este principio también ocurre cuando para la observación se utilizó cinta adhesiva transparente.

**c. Identificación del patógeno**, para la identificación de los patógenos se realizó el estudio morfológico, teniendo en cuenta la morfología, color de hifas, conidioforos, conidios para el patógeno de la clase forma Deuteromycetes y de forma color de esporas de la fase Uredo y Telia para la roya de la clase Basidiomicetes.

Las estructuras somáticas de cada patógeno se fotografiaron y siguiendo las claves de identificación de Royas propuesto por Lindquist (1982) y de Deuteromycetes por Barnett (1960), Barnett y Hunter (1998) se realizó la

identificación de los patógenos del cultivo de trigo del presente trabajo de investigación.

Las figuras que se utilizó para la identificación de los patógenos se detallan en las páginas 49, 50, 51, 52, 53 del apéndice.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

La conducción en forma general del cultivo de trigo por lo agricultores, en todos los sectores de los distritos evaluados, ha sido manera similar bajo las mismas labores culturales; destacando entre éstas la preparación mínima del suelo, sin deshierbo, al secano aprovechando la lluvia, no practican rotación frecuente y poca asociación de cultivo, no practican fertilización; semilla no garantizada y de las variedades Gavilán y Andino por años, por ser estas de fácil disponibilidad. Y para el estudio únicamente se ha muestreado de acuerdo a la metodología.

#### 4.1. Incidencia y severidad de roya amarilla o de glumas (*Puccinia striiformis*) en la provincia de Cajamarca, campaña agrícola 2015

Los valores de incidencia y severidad de roya amarilla o roya de glumas en el cultivo de trigo en los siete distritos evaluados de la provincia de Cajamarca en la campaña 2015, se muestra en la tabla 5 y figuras 5, 6 y 7.

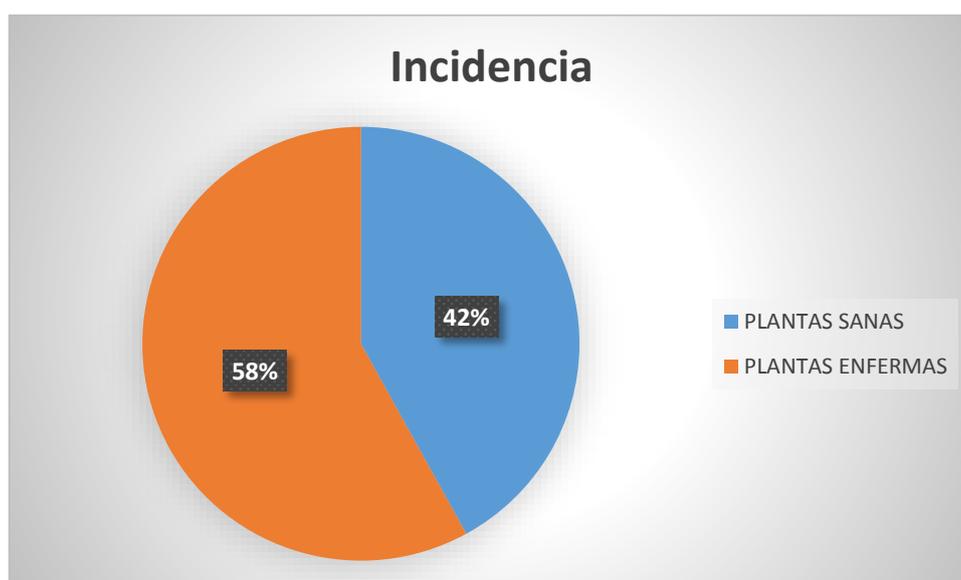
**Tabla 5.** Incidencia y severidad de *Puccinia striiformis* en trigo en diferentes sectores de siete distritos de la provincia de Cajamarca, campaña agrícola 2015.

Distrito	Época de siembra	Condiciones ambientales			Evaluación de la enfermedad	
		T (°C)	HR (%)	PP (mm)	Incidencia (IDD) %	Severidad (IIA) %
Cajamarca	Diciembre	13.71	72.20	64.10	44	20.50
Los Baños del Inca	Febrero	13.38	75.04	55.40	68	33.50
Llacanora	Febrero	13.38	75.04	55.40	65	33.75
Namora	Diciembre	13.71	72.20	64.10	52	22.25
Matara	Diciembre	13.71	72.20	64.10	50	23.50
Jesús	Enero	13.69	77.51	184.70	67	31.75
Encañada	Enero	13.69	77.51	184.70	63	31.25
PROMEDIO		13.61	74.52	96.07	58	28.07

La incidencia de esta enfermedad se encuentra en 58 % (Tabla y figura 5); valor que indica que del total de plantas evaluadas, más de la mitad se encuentran con síntomas de la enfermedad.

**Tabla 6.** Condiciones ambientales y periodo de floración de trigo, condicionante para que prospere *Puccinia striiformis* en el hospedero. Campaña agrícola 2015.

Distrito	Floración	Condiciones ambientales		
		T (° C)	HR (%)	PP (mm)
Cajamarca	Abril	13.48	76.76	63.00
Baños del Inca	Junio	12.42	66.40	3.00
Llacanora	Junio	12.42	66.40	3.00
Namora	Abril	13.48	76.76	63.00
Matara	Abril	13.48	76.76	63.00
Jesús	Mayo	13.15	77.00	75.80
Encañada	Mayo	13.15	77.00	75.80
PROMEDIO		13.08	73.86	49.51



**Fig. 5.** Porcentaje promedio de incidencia de roya amarilla causado por *Puccinia striiformis* en el cultivo de trigo

La temperatura promedio en los meses que se condujo el cultivo para la provincia de Cajamarca fue de 13.39 °C (SENAMHI 2015); condición determinante para que prosperara el patógeno, principalmente en el momento de germinación de las uredosporas, que es el inóculo infectivo de esta roya como lo reporta Roncal (2004); además la temperatura promedio se encuentra en el rango que permite la germinación adecuada del inóculo, según estudios realizados por Wiese (1986).

La no infección en todas las plantas se debió a que la humedad relativa (HR) que en promedio para el 2015, en Cajamarca fue de 73.15 % (SENAMHI 2015), fue la limitante para que no ocurra la germinación de uredosporas en forma adecuada; ya que este patógeno, para que cause infección con la consecuente patogénesis requiere de lluvias frecuentes como lo indica Romero (1988).

En la presente investigación, la humedad relativa (73.15 %), considerada media ha sido factor limitante, para que prospere *P. striiformis* durante todo el periodo vegetativo del trigo; ya que esta roya requiere de humedad relativa alta (mayor de 80%), sólo fue favorable la temperatura 13.08 °C (Tabla 6), ya que esta prospera bien entre 10 – 15 °C, como lo reporta Romero (1988).

Los campos de trigo evaluados estuvieron en su periodo de mayor susceptibilidad que ocurre al inicio de diferenciación floral, seguido de la polinización y fecundación respectiva como indica Roncal (2004). Además, contribuyó la deficiente precipitación, cuyo promedio durante el periodo vegetativo del trigo fue de 49.51 mm (Tabla 6).

El 42 % de plantas no mostraron síntomas de roya amarilla; a pesar de la susceptibilidad de las variedades Andino y Gavilán, debido a las condiciones ambientales arriba mencionados. Este porcentaje indica que más de la mitad de plantas (58 %) muestran síntomas de Roya Amarilla; pero no indica la magnitud del daño, ya que la incidencia es dato referencial.

Los datos de severidad o índice de intensidad de ataque (IIA), ocasionado por la roya amarilla (*P. striiformis*), en trigo en la campaña agrícola 2015, fue de 35.17 %, porcentaje que indica que del 100 % del área total de órganos de una planta el 35.17 % muestran síntomas de roya y que para nuestro caso fue un porcentaje de infección mayormente en hojas y en estado de maduración del grano.

La enfermedad en su mayoría no llegó a afectar espigas debido a que el patógeno tubo limitada acción, por falta de humedad relativa debido a que este hongo requiere de lluvia y rocío frecuente para que prospere y ocasione daño en el hospedero como lo menciona Romero (1988) y por otro lado la presencia

limitada de esta enfermedad se dio porque sólo existió condiciones de temperatura apropiada (13.08 °C) durante el periodo de cultivo de trigo.

Los valores de severidad encontrados en las chacras de trigo evaluados en los distritos con mayor porcentaje; no alcanzaron la categoría de enfermedad devastadora, que según la escala de Stakman y Harrar (1959), es cuando la severidad alcanza el 40 %, de infección y superior a este porcentaje se categoriza como enfermedad aniquilante.

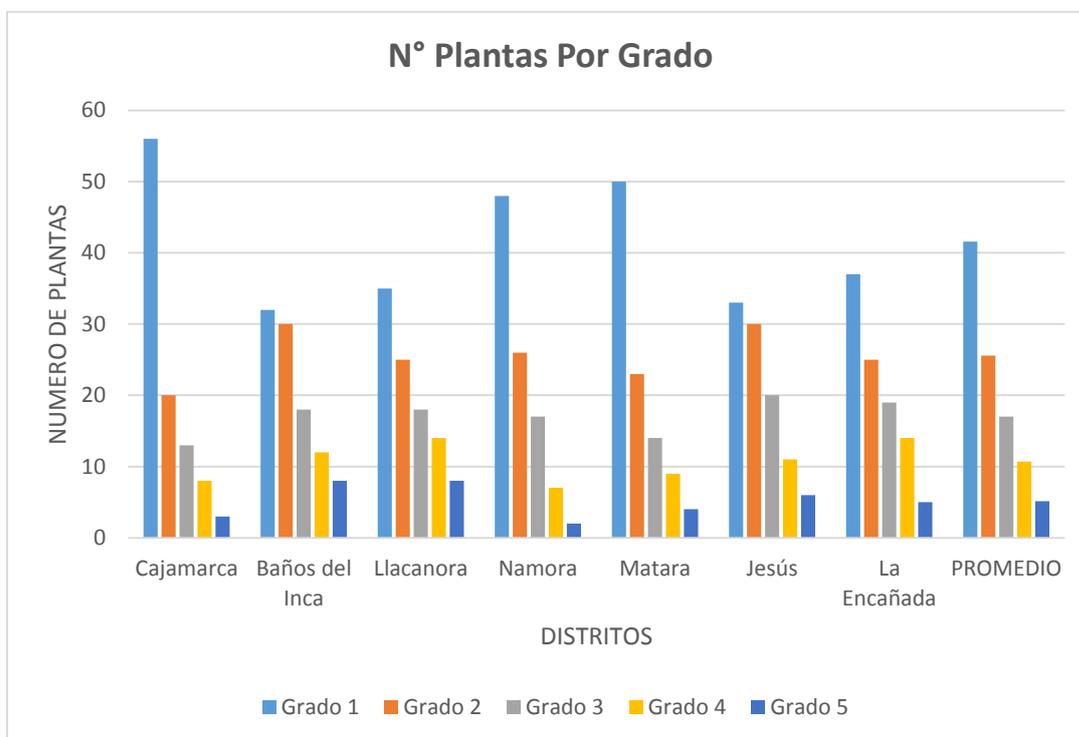
La mayor precipitación en la campaña agrícola 2015 en Cajamarca ocurrió en el mes de enero con 184.70 mm, influyendo posiblemente sólo en la germinación del trigo de las siembras en Jesús y La Encañada. En el mes de febrero la precipitación fue de 55.40 mm; en este mes la siembra del trigo realizaron los agricultores de Llacanora y Los Baños del Inca y son en estos distritos donde la severidad de la roya alcanzó los más altos valores, sin alcanzar magnitud considerable.

Teniendo conocimiento que la susceptibilidad a este patógeno (*Puccinia striiformis*) corresponde al estado reproductivo de la planta, fueron las condiciones ambientales que no contribuyeron para que prospere roya amarilla en trigo en esta parte del Perú.

Al relacionar altitud y la magnitud de la enfermedad, se determinó que la presencia del patógeno no fue influenciado por altitud (Ver tabla N° 1); debido a que el porcentaje de daños no guardan relación con la altitud; esta característica nos hace pensar, que la mayor y menor severidad de la roya amarilla está relacionada con la virulencia del patógeno y la susceptibilidad de la variedad; teniendo en cuenta época de siembra, fenología y las condiciones de humedad y temperatura del lugar.

Los datos encontrados en la presente investigación, muestran que la virulencia del patógeno se vio limitado por falta de humedad relativa, la temperatura fue apropiada, las variedades por años cultivadas muestran susceptibilidad. Estos

hechos concuerdan con el triángulo universal que los Fitopatólogos utilizan para indicar la existencia de cualquier enfermedad.

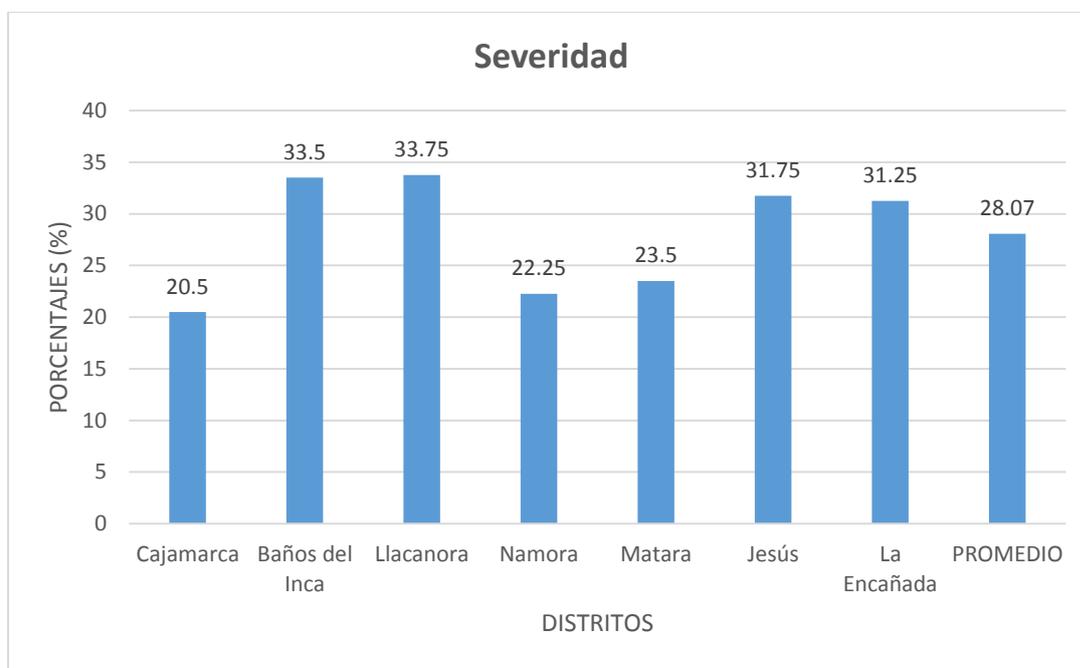


**Fig. 6.** Histograma referencial del número de plantas enfermas y el grado respectivo de la roya amarilla en trigo causado por *Puccinia striiformis*

El histograma de la fig. 6, muestra el número de plantas promedio de cada distrito de la provincia de Cajamarca con su respectivo grado de infección de *P. striiformis*, destacando que en los diferentes campos muestreados prevalece las plantas con **Grado 1** plantas aparentemente sanas. En segundo lugar se muestra al **Grado 2**, cuyo porcentaje de infección corresponde al 25 % de infección; valor que de acuerdo al estado fenológico se recomienda tratamiento químico o simplemente se prescinde de él, principalmente cuando el grano se encuentra en plena maduración (Romero 1988 y Roncal 2004).

En el tercer lugar se encuentra el **Grado 3**; cuya infección llegó al 50 %; este valor es preocupante cuando el trigo se encuentra en el proceso de diferenciación del grano; el tratamiento químico en este estado no repercute en la producción (Roncal 2004).

El **Grado 4**, cuya infección en la planta es de 75 %, se ha reportado en trigos para cosecha, este valor es importante sólo cuando el cultivo se encuentra en proceso de fecundación y formación de grano; a partir de este porcentaje de infección es imposible tener cosecha.



**Fig. 7.** Histograma referencial del porcentaje de severidad de la roya amarilla de trigo *Puccinia striiformis*

En la figura 7, se muestra el histograma de severidad promedio del cultivo de trigo en diferentes distritos de la provincia de Cajamarca, durante la campaña agrícola 2015; de esta se deduce que la mayor incidencia se registró en Llacanora con 33,75 %; seguido por Los Baños del inca con 33,5 %; Jesús con 31,75 % y La Encañada con 31,25 %. Estos diferentes porcentajes de infección dependen de la susceptibilidad de la variedad (Andino y Gavilán), época de siembra (diciembre - enero) y las condiciones de humedad (HR 73.86 %) y temperatura (13.08 °C).

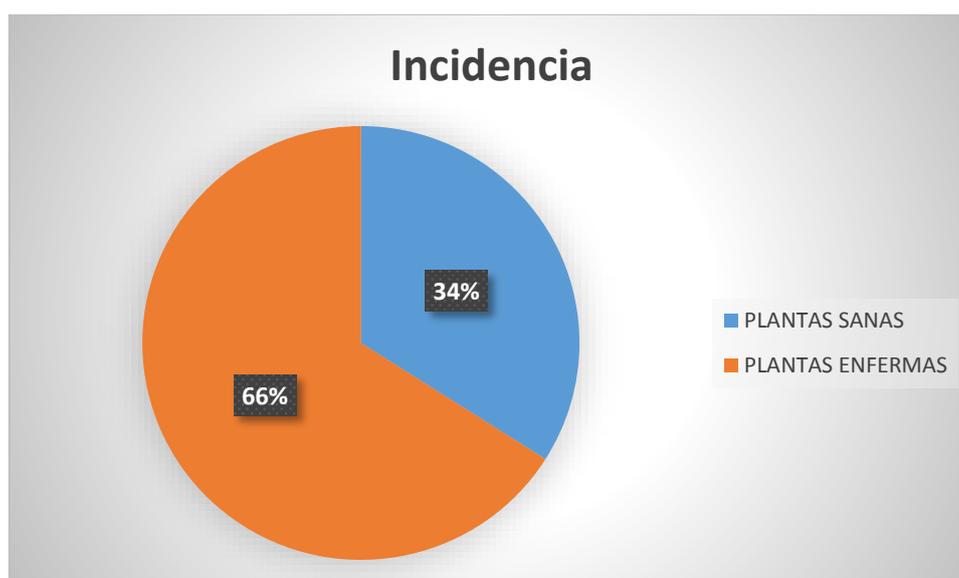
#### 4.2. Incidencia y severidad de *Helminthosporium tritici* en trigo en la provincia de Cajamarca, campaña agrícola 2015.

Los valores de incidencia y severidad de *H. tritici*, en chacras de trigo en siete distritos de la provincia de Cajamarca durante la campaña agrícola 2015, se muestra en la tabla 7 y figuras 8, 9 y 10.

La incidencia de esta enfermedad se registró con el valor de 66 %; porcentaje que indica, que del total de plantas evaluadas, más de la mitad se encuentran con síntomas de la enfermedad.

**Tabla 7.** Incidencia y severidad de *Helminthosporium tritici* en trigo en diferentes sectores de siete distritos de la provincia de Cajamarca, campaña agrícola 2015.

Distrito	Época de siembra	Condiciones ambientales			Evaluación de la enfermedad	
		T (°C)	HR (%)	PP (mm)	Incidencia (IDD) %	Severidad (IIA) %
Cajamarca	Diciembre	13.71	72.20	64.10	66%	34.50 %
Los Baños del Inca	Febrero	13.38	75.04	55.40	72%	37.00 %
Llacanora	Febrero	13.38	75.04	55.40	59%	33.25 %
Namora	Diciembre	13.71	72.20	64.10	62%	31.25 %
Matara	Diciembre	13.71	72.20	64.10	67%	37.75 %
Jesús	Enero	13.69	77.51	184.70	67%	36.25 %
Encañada	Enero	13.69	77.51	184.70	66%	36.25 %
PROMEDIO		13.61	74.17	96.50	66%	35.17 %



**Fig. 8.** Porcentaje promedio de incidencia de manchas foliares causado por *H. tritici* en el cultivo de trigo

El 66 % de incidencia promedio de helmintosporiosis, indica que durante el periodo vegetativo del cultivo de trigo existieron condiciones para que ocurra la germinación, penetración y establecimiento del inóculo del hongo, causando infección en la lámina foliar, con la consecuente patogénesis sólo a partir del punto de infección que ocurrió en plantas aisladas de algunos campos de cultivo por encontrarse en el estado fenológico susceptible, que es en el periodo de diferenciación floral como lo reporta Roncal (2004). La enfermedad no prosperó, debido a que fue limitada por falta de lluvia; ya que este hongo para que ocasione daño de consideración requiere de alta humedad relativa.

La helmintosporiosis no prosperó debido a que el cultivo de trigo se encontró en proceso de maduración del grano; el inóculo limitado del hongo que logró germinar e inducir infección se presentó en formas de manchas foliares aisladas en la lámina foliar.

El valor de la incidencia, de acuerdo al tamaño y número de las manchas foliares, en plantas en diferenciación floral es importante tomarlo en cuenta para realizar medidas de control siempre y cuando las condiciones de humedad y temperatura sean adecuadas para que prospere esta enfermedad como lo recomienda Romero (1988); en el presente experimento y teniendo en cuenta la visita a los diferentes lugares determinamos que los agricultores no realizan ningún tipo de prevención de enfermedades de plantas.

Como todo hongo patógeno el 13.39 °C (Tabla 2) de temperatura promedio en los meses que duró el cultivo de trigo en la provincia en Cajamarca, fue favorable para la germinación del inóculo, pero la limitada patogénesis se debió a que la humedad relativa de 74.17 % (Tabla 7) no fue favorable; debido a que este patógeno para que cause desarrollo de la enfermedad requiere de alta humedad relativa; que ocurre con precipitaciones permanentes como lo menciona Agrios (2005); estas condiciones no ocurrió en el periodo susceptible de la siembra de trigo en Cajamarca en la campaña 2015.

Esta fue la razón, del por qué, el 34 % de plantas no mostraron síntomas de la mancha foliar. Influyó el estado fenológico, época de siembra y de la pérdida de resistencia de las variedades, que por años que se cultiva en esta parte del Perú.

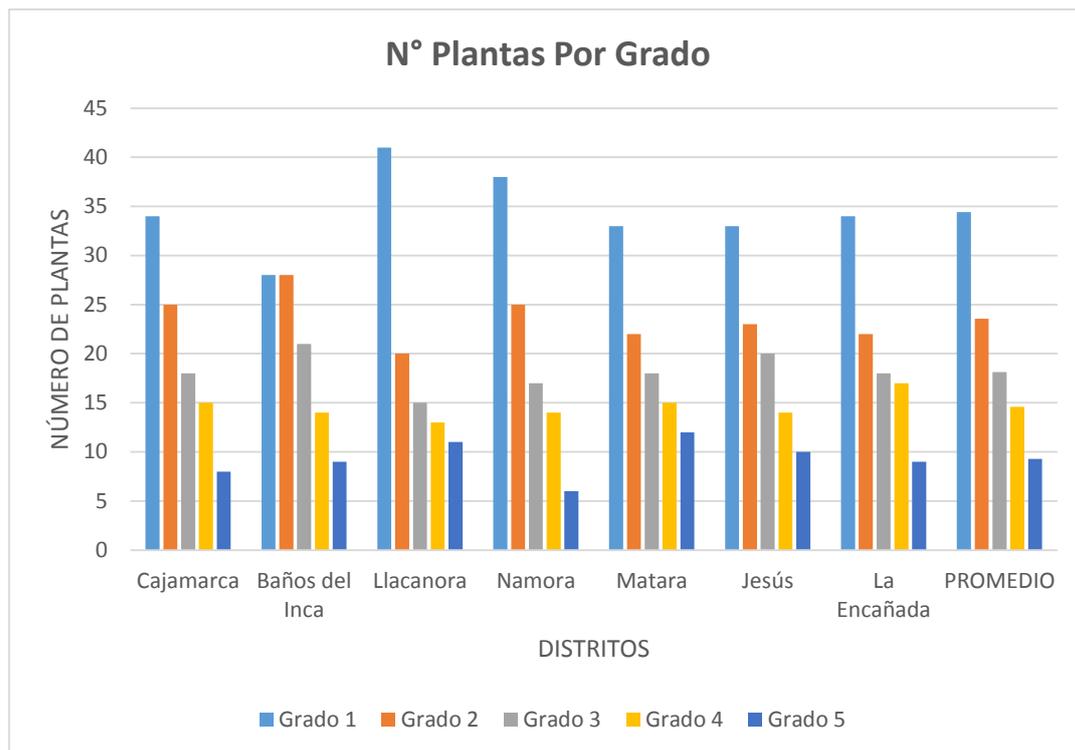
La mayor severidad se reportó en los distritos de Matara con 37.75 %, seguido por Los Baños del Inca con 37.00 %; Jesús y La Encañada con 36.25 %; valores que indican la presencia del patógeno haciendo daño solo en la lámina foliar formando lesiones pajizas de 0.5 a 1.6 cm de longitud pero con limitada coalescencia entre ellas, debido a que las condiciones de humedad principalmente no contribuyó con el desarrollo de la enfermedad.

En las chacras de trigo del distrito de Cajamarca, la severidad alcanzó el 34.50 % en Cajamarca; en Llacanora 33.25 % y en Namora 31.25 %; valores que indican que el patógeno no encontró condiciones adecuadas de humedad para que desarrolle la enfermedad.

En todos los sectores evaluados de los siete distritos de la provincia de Cajamarca, la helmintosporiosis en trigo en la campaña agrícola 2015, tampoco alcanzó la magnitud de enfermedad devastadora de acuerdo a la categoría establecida por Stakman y Harrar (1959).

El porcentaje promedio de severidad de 35.17 %; se debió a que el patógeno no encontró adecuada humedad relativa; además contribuyó la época de siembra, densidad de siembra, periodo fenológico de mayor susceptibilidad del hospedero como lo menciona Roncal (2004).

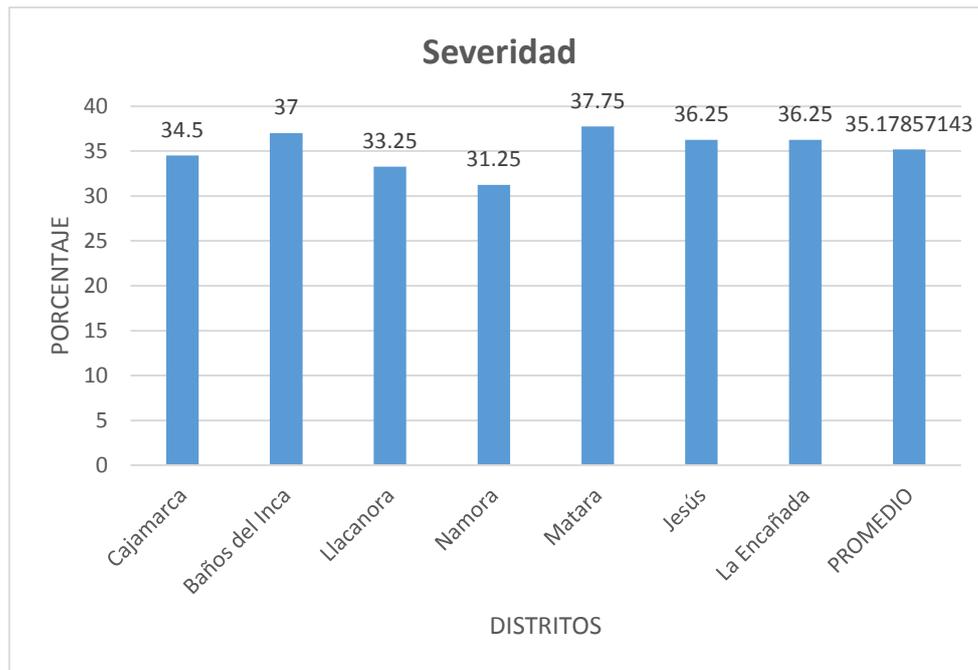
El histograma de la figura 9, muestra el número de plantas promedio de cada distrito de la provincia de Cajamarca con su respectivo grado de infección de *H. tritici*, destacando que en los diferentes campos muestreados prevalece las plantas con **Grado 1** plantas aparentemente sanas. En segundo lugar se muestra al **Grado 2**, cuyo porcentaje de infección corresponde al 25 % de infección.



**Fig. 9.** Histograma referencial del número de plantas enfermas y el grado respectivo de la Mancha foliar en trigo causado por *Helminthosporium tritici*

En el tercer lugar se encuentra el **Grado 3**; cuya infección llega al 50 %; este valor es preocupante cuando el trigo se encuentra en el proceso de diferenciación del grano (Roncal 2004), en la presente investigación las chacras visitadas y evaluadas mostraron el grano en proceso de maduración.

El **Grado 4**, cuya infección en la planta es de 75 %, se ha reportado en trigos para cosecha, este valor es importante sólo cuando el cultivo se encuentra en proceso de fecundación y formación de grano; a partir de este porcentaje de infección es imposible tener cosecha.



**Fig. 10.** Histograma referencial del porcentaje de severidad de la mancha foliar de trigo *Helminthosporium tritici*

En la figura 10, se muestra el histograma de severidad promedio del cultivo de trigo en diferentes distritos de la provincia de Cajamarca, durante la campaña agrícola 2015; de esta se deduce que la mayor porcentaje de severidad se registró en Matara con 37.75 %, seguido por Los Baños del Inca con 37 %; en orden de mérito siguen Jesús y La Encañada con 36.25 % cada uno, Cajamarca con 34.5 %. Estos diferentes porcentajes de infección dependen de la susceptibilidad de la variedad, época de siembra y las condiciones de humedad relativa principalmente; datos que se afirman debido a que *Helminthosporium tritici*, para inducir enfermedad requiere de HR mayor de 80 % y temperatura apropiada entre 15 – 20 °C, que para el presente experimento los lugares donde se realizaron los muestreos sólo alcanzó un promedio de 13.08 °C.

#### **4.3. Brotes de *Tilletia tritici* en trigo**

En una parcela de trigo de la localidad de Santa Rosa de Chaquil, reportamos la presencia de cubierto de trigo, causado por *Tilletia tritici*.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

**5.1.** En base a los resultados obtenidos en el trabajo sobre la determinación de la incidencia y severidad de las enfermedades del trigo cultivado en la campaña agrícola 2015, en los distritos de Cajamarca, Los Baños del Inca, Llacanora, La Encañada, Namora, Matara y Jesús de la provincia y región Cajamarca se determinó la presencia de roya amarilla o roya de gluma causado por *Puccinia striiformis*; helmintosporiosis ocasionado por *Helminthosporium tritici* y brotes de carbón causado por *Tilletia tritici*, en una chacra del distrito de Los Baños del Inca.

**5.2.** El promedio de incidencia de roya amarilla en los diferentes distritos donde se cultiva trigo fue de 58 % y severidad de 28.07 %. La incidencia de helmintosporiosis fue de 66 % y severidad de 35.17 %.

**5.3.** La mayor incidencia (I) y severidad (S) de “roya amarilla” y “helmintosporiosis” en trigo, fue en Los Baños del Inca. La incidencia de roya fue de 68% y severidad de 33.5%. La incidencia de helmintosporiosis fue de 72 % y severidad de 37 %. Debido a que las condiciones de humedad y temperatura adecuada para estos patógenos coincidieron con el estado fenológico susceptible de la variedad.

## CAPITULO VI

### BIBLIOGRAFIA

**Agrios, C. N. 1999.** Fitopatología. 2da ed., edit. Limusa – México. 838 p.

**Agrios, C. N. 2005.** Plant Pathology. Fifth edition. Department of Plant Pathology University of Florida. ELSEVIER Academic Press. 922 p.

**Agro Meat. 2014.** Principales patógenos que afectan a la semilla de trigo (en línea). Buenos Aires – Argentina. Consultado 05 de nov. 2014. Disponible en <http://www.agromeat.com/20790/principales-patogenos-que-afectan-a-la-semilla-de-trigo>

**Castro Ariel. 2011.** Limitaciones para la productividad de trigo y cebada. 1ra ed., edit. Departamento de Publicaciones de la Facultad de Agronomía – Montevideo. Uruguay. 192 p.

**García Yalta M. 2007.** Cultivo de Cereales: Trigo. 1ra ed., edit. Talleres Gráficos de la Editorial Universitario – UNC. Cajamarca – Perú. 150 p.

**Gestión. 2014.** Producción Nacional de Trigo (en línea). Lima – Perú. Consultado 05 de nov. 2014. Disponible en <http://gestion.pe/economia/produccion-nacional-trigo-crecio-18-entre-2008-y-2013-2093075>.

**Gobierno Regional de Cajamarca 2014.** Zonificación Ecológica y Económica del Departamento de Cajamarca. 281 p.

**Instituto Nacional de Innovación Agraria. 2004.** Trigo Harinero INIA 405 San Isidro. Plegable N°12.

**Loagerin, W. Q., C.O. Johnston, and J. W. Hendrix. 1967.** Whent rusts. En Wheat and wheat improvement. Capítulo 8. 335 p.

**Perelló Analía. 2007.** Patógenos fúngicos del trigo y su posibilidad de biocontrol con microorganismos antagonistas en el marco de una agricultura sustentable (en línea). Buenos Aires – Argentina. Consultado 05 de nov. 2014. Disponible en [http://fci.uib.es/digitalAssets/178/178136\\_2.pdf](http://fci.uib.es/digitalAssets/178/178136_2.pdf)

**Prescott J. 1986.** Enfermedades y Plagas del Trigo. 1 era ed., edit. CIMMYT. México DF - México. 141 p.

**Romero Cova, S. 1988.** Hongos Fitopatógenos. 1 era ed., Universidad Autonoma Chapingo. Dirección del Patronato Universitario, A. C. 351 p.

**Roncal Ordóñez M. S. 1993.** Taxonomía de Hongos Fitopatógenos Comunes. 1era ed., edit. Obispo Martínez Compañón. Cajamarca – Perú. 372 p.

**Roncal Ordóñez M. S. 2004.** Principios de Fitopatología Andina. 1ra ed., edit. Bracamonte. Lima – Perú. 426 p.

**Solano Ronald. 2011.** Cultivo de Trigo. 1ra ed., edit. Attribution Nom – commercial. Lima – Perú.

**Tejada Campos T. N. 2008.** El Cultivo de Trigo en la Sierra Norte del Perú. 1ra ed., edit. Unidad de Medios y Comunicación Técnica – INIA. Lima – Perú. 47 p.

**Wiese M. V. 1986.** Compendio de Enfermedades del Trigo. 1ra ed., edit. Hemisferio Sur. Buenos Aires – Argentina. 155 p.

## GLOSARIO

**Acérvulo.** Estructura fungal semejante a un plato, tapizado de pequeños conidióforos y sus respectivos conidios. Resalta a la vista como puntos negros dentro de las lesiones hundidas o antracnosis.

**Basidio.** Cada una de las células que, en los hongos basidiomicetos, forma las esporas por gemación: cada seta tiene millones de basidios.

**Basidiosporas.** Esporas de los basidios.

**Bicelular.** Que tiene dos células.

**Clorosis.** Pérdida del color verde en las hojas de las plantas.

**Conidio.** Estructura de reproducción de origen sexual o asexual producida por los hongos.

**Conidióforo.** Hifa especializada sobre la cual se forman uno o más conidios.

**Dicariótico.** Son células u otras estructuras, talos, esporos, etc. cuyas células poseen 2 núcleos.

**Defoliación.** Caída prematura de las hojas de un planta por un agente externo de naturaleza química, una enfermedad o fenómenos atmosféricos.

**Desinfectante.** Agente físico o químico que impide la infección de una planta, órgano o tejido.

**Ecofisiológico.** Parte de la ecología que estudia los procesos fisiológicos de los seres vivos bajo la influencia de factores ambientales.

**Enfermedad.** Cuando la planta ha sufrido cambios en sus procesos estructurales o fisiológicos que son consecuencia del desfavorable medio ambiente o bien de agentes parasitarios de cualquier clase.

**Enzimas.** Proteína compleja sintetizada por las células vivas del organismo, que cataliza una o varias reacciones químicas del metabolismo.

**Esporangio.** Estructura en forma de saco que contiene esporas, puede estar sostenido por un pedúnculo o esporangioforo.

**Esporangioforos.** Estructura que sostiene esporangios.

**Espora.** Unidad reproductiva de los hongos que consta de una o varias células.

**Esterigmas.** Apéndice hifal que contiene una basidiospora, un conidio o un esporangio.

**Fenología.** Ciencia que estudia cómo afecta las variables meteorológicas a las manifestaciones periódicas o estacionales de las plantas.

**Filamento.** Estructura delgada, flexible, similar a un hilo.

**Fitohormonas.** También llamadas hormonas vegetales, son sustancias producidas por células vegetales en sitios estratégicos de la planta y estas hormonas vegetales son capaces de regular de manera predominante los fenómenos fisiológicos de las plantas

**Fitopatógenos.** Se denomina fitopatógeno a un organismo, en general microorganismos que causa enfermedades en las plantas por medio de disturbios en el metabolismo celular causado por la secreción de enzimas, toxinas, fitoreguladores y otras sustancias y, además, por la absorción de nutrientes de la célula para su propio crecimiento.

**Fungosis.** Enfermedades causadas por hongos.

**Haustorios.** Modificación del micelio producida por algunos hongos con el objeto de extraer desde las células hospederas los nutrientes requeridos para el crecimiento y desarrollo del hongo.

**Hifa.** Ramificación simple de un micelio.

**Hospedero.** Son aquellos seres implicados en el ciclo evolutivo de los parásitos a los cuales reciben o alojan.

**Incidencia.** Es la cantidad de partes contables de una planta afectados por una determinada enfermedad respecto al total analizado expresada en porcentaje.

**Infeción.** Invasión y multiplicación de agentes patógenos en los tejidos de un organismo.

**Inóculo.** Es el patógeno o aquella parte de él responsable de producir una infección.

**Intoxicación.** Reacción causada por una sustancia tóxica.

**Manejo Integrado.** Es una estrategia que usa una gran variedad de métodos complementarios, físicos, mecánicos, químicos, genéticos, legales y culturales para el control de enfermedades.

**Micelio.** Conjunto de finos tubos o hifas que caracterizan a la gran mayoría de hongo.

**Micología.** Es el estudio de los hongos en todas sus denominaciones, formas y procedencias.

**Microorganismo.** Organismo microscópico

**Necrosis.** Muerte de células y tejidos.

**Parásito Obligado.** Son organismos que viven a expensas de los tejidos de un solo hospedero.

**Parénquima.** Tejido blanco de las células vegetales vivas que consta de paredes finas de celulosa no diferenciadas.

**Patógeno.** Ser vivo que vive a expensas de otro ocasionando daño.

**Picnidio.** Cuerpo fructífero asexual, globoso en forma de frasco, que produce conidias.

**Promicelio.** Tubo germinativo de una teliospora o ustilagospora.

**Pústula.** Pequeñas elevaciones formadas por fructificaciones de hongos parásitos o por lesiones que ellos originan en los tejidos epidérmicos de los hospedantes.

**Roya.** Hongo parásito con aspecto de polvo amarillento que se cría en los cereales y en otras plantas.

**Senescencia.** El envejecimiento como “El cambio gradual e intrínseco en un organismo que conduce a un riesgo creciente de vulnerabilidad, pérdida de vigor, enfermedad y muerte.

**Septado.** Que tiene septos o paredes transversales.

**Septo.** Pared transversal que delimita dos células en una hifa.

**Severidad.** Es una estimación visual en la cual se establecen grados de infección en una determinada planta, sobre la base de la cantidad de tejido vegetal enfermo.

**Signo.** Manifestación del patógeno.

**Sinérgico.** Acción conjunta de varios órganos en la realización de una función.

**Síntomas.** Manifestación de la enfermedad que puede ser percibida por uno o más de nuestros sentidos.

**Telia.** Fase de conservación de la roya.

**Teliospora.** Espora de resistencia de donde germina un basidio.

**Uredo.** Fase de infección de la roya.

**Uredosporas.** Dícese de las esporas de las Uredinales (royas) que propagan la infección únicamente en las hojas de las Gramíneas atacadas.

## APENDICE

**Tabla 8.** Incidencia de *Puccinia striiformis* en trigo en diferentes sectores de siete distritos de la provincia de Cajamarca, campaña agrícola 2015.

Distrito	Incidencia de <i>Puccinia striiformis</i>		
	Plantas aparentemente sanas	Plantas Enfermas	Porcentaje de Incidencia
Cajamarca	56	44	44%
Los Baños del Inca	32	68	68%
Llacanora	35	65	65%
Namora	48	52	52%
Matara	50	50	50%
Jesús	33	67	67%
Encañada	37	63	63%
PROMEDIO	42	58	58%

**Tabla 9.** Grados y porcentajes de infección de roya amarilla (*Puccinia striiformis*) en trigo (*Triticum vulgare*), en diferentes campos de los distritos de la provincia de Cajamarca.

Distrito	Grados de infección de <i>Puccinia striiformis</i> en trigo					Severidad
	1	2	3	4	5	
Cajamarca	56	20	13	08	03	20.50 %
Baños del Inca	32	30	18	12	08	33.50 %
Llacanora	35	25	18	14	08	33.75 %
Namora	48	26	17	07	02	22.25 %
Matara	50	23	14	09	04	23.50 %
Jesús	33	30	20	11	06	31.75 %
La Encañada	37	25	19	14	05	31.25 %
PROMEDIO	42	26	17	10	05	28.07 %

**Tabla 10.** Incidencia de *Helminthosporium tritici* en trigo en los 7 distritos evaluados en la provincia de Cajamarca.

Distrito	Incidencia de <i>Helminthosporium tritici</i> en trigo		
	Plantas aparentemente sanas	Plantas infectadas	Porcentaje de Incidencia
Cajamarca	34	66	66%
Los Baños del Inca	28	72	72%
Llacanora	41	59	59%
Namora	38	62	62%
Matara	33	67	67%
Jesús	33	67	67%
La Encañada	34	66	66%
PROMEDIO	34	66	66%

**Tabla 11.** Cuadro de Grados y porcentajes de la enfermedad (*Helminthosporium tritici*)

Distrito	Grados de infección de <i>Helminthosporium tritici</i> en trigo					Severidad
	1	2	3	4	5	
Cajamarca	34	25	18	15	08	34.50 %
Baños del Inca	28	28	21	14	09	37.00 %
Llacanora	41	20	15	13	11	33.25 %
Namora	38	25	17	14	06	31.25 %
Matara	33	22	18	15	12	37.75 %
Jesús	33	23	20	14	10	36.25 %
La Encañada	34	22	18	17	09	36.25 %
PROMEDIO	34	24	18	15	09	35.17 %

## Fungosis en trigo, campaña agrícola 2015

Tabla 12. Estructura somática, síntoma, y signo de cada fitopatógeno.

Fitopatógeno	Estructura somática	Síntoma	Signo
<i>Puccinia striiformis</i>	Uredospora y Teliosporas	Pústula	Roya
<i>Helminthosporium tritici</i>	Conidióforos y conidios	Manchas foliares fusiformes	Eflorescencia
<i>Tilletia tritici</i>	Teleutosporas	Hipertrofia del grano	Carbón

### Síntomas y estructuras somáticas de los fitopatógenos del trigo

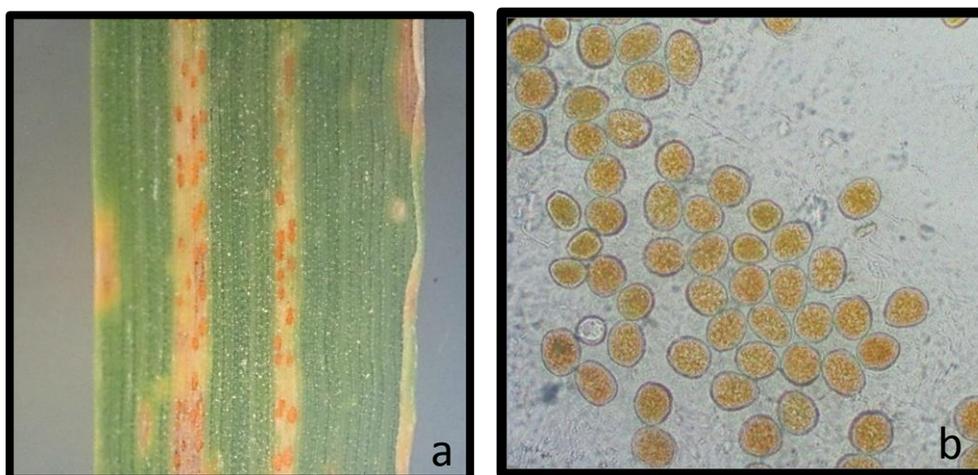


Fig. 11. Pústulas de *Puccinia striiformis* formando lesiones en estrías (a); uredosporas unicelulares del patógeno (b)



Fig. 12. Grupo de Teliosporas de *Puccinia striiformis* (a y b)



**Fig. 13.** Espiga de trigo (*Triticum* sp.) afectado por roya pulverulenta o polvillo (a), glumas y arista mostrando pustulas en estrías (b); lemna y palea mostrando pulverulencias de uredosporas de color amarillo y porciones de color negro lugar donde se forman las teliosporas o estructuras de conservación del hongo *Puccinia striiformis* (c).

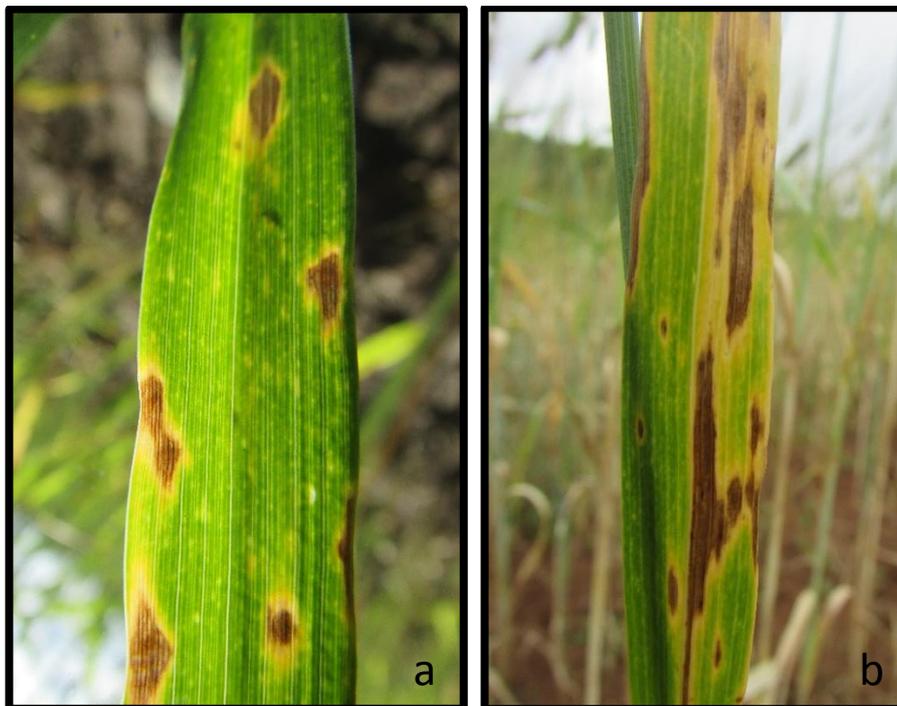
### Clave de identificación de *Puccinia* (Linqui)

Los uredinales se subdividen en tres familias, de acuerdo al comportamiento y característica de las teliosporas.

1. Las teliosporas al germinar forman un promicelio septado.
  - 1.1. Las Teliosporas están separadas o unidas en varias formas pero nunca en costras o columnas.....**Pucciniaceae.**



**Fig. 14.** Vista panorámica de lesiones fusiformes en la hoja bandera de trigo (*Triticum* spp.) causado por *Helminthosporium tritici* (a); infecciones fusiformes mostrando el área holonecrotica (pajizo con halo oscuro) y el área plesionecrotica (clorosis) causadas por el patógeno (b).



**Fig. 15.** Lesiones multiformes de *Helminthosporium tritici* en trigo (a y b)



Fig. 16. Conidioforos y conidios multicelulares de *Helminthosporium tritici*

**Clave de identificación de *Helminthosporium* (Barnett, H. 1960)**

**A2:** Micelio no cenocítico, con frecuentes septas, normalmente presenta conidios, excepto en algunos géneros.....Hongos Imperfectos.

**B1:** Conidios y conidióforos no producidos dentro de picnidios o acérvulos.....Moniliales.

**C2:** Conidia no enrollada

**D2:** Conidioforos y conidias conteniendo pigmentación oscura, conidióforos no unidos dentro de esporoquicio o sinema.....Dematiaceae.

**E3:** Conidia con 3 o varias células, con septas transversales solamente.

**F2:** Conidias erógenas.

**G2:** Conidia no catenulada.

**H3:** Conioforos simples o escasamente ramificadas.

**J2:** Conidia no producida sobre células especiales esporógenas.

**K2:** Conidias sin apéndices

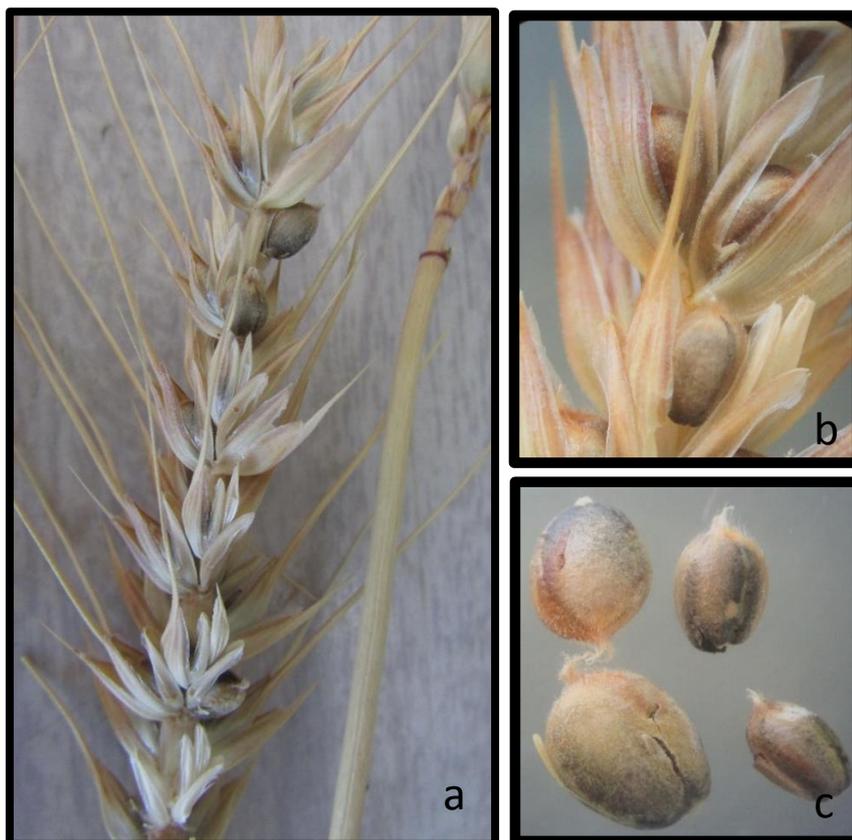
**L2:** Conidioforos simple, no sobre estroma.

**M2:** Conidioforos bien desarrollado, pero algunas veces cortos.

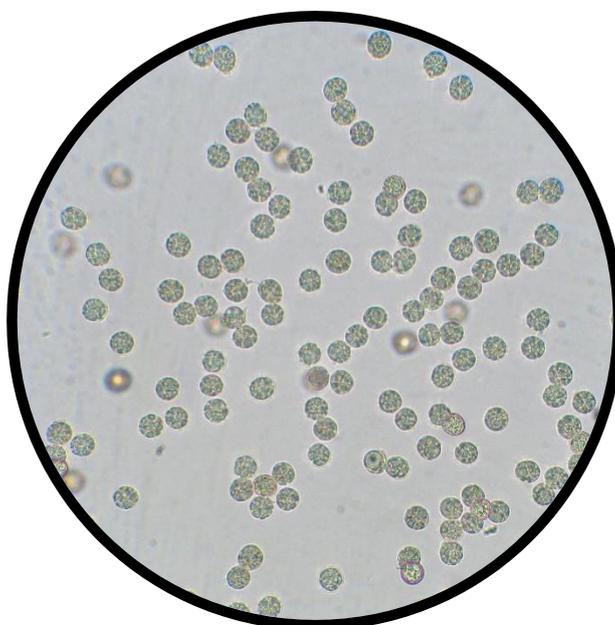
**N3:** Formación de conidios en forma lateral y apical.

**O2:** Conidios caedizos, dejan cicatriz.

**P1:** Conidia elipsoide o cilíndrica, erguida o ligeramente curva.....**Helminthosporium.**



**Fig. 17.** Espiga de trigo, mostrando granos hipertrofiados, causado por *Tilletia tritici* (a); granos dentro de la lemma y palea (b) y granos sueltos afectados por el patógeno (c). atacado



**Fig. 18.** Teleosporas unicelulares de carbón de trigo (*Triticum* spp.), causado por *Tilletia tritici*

**Tabla 13.** Grados y porcentajes de *Puccinia striiformis*

Imágenes de hojas de trigo ( <i>Triticum sativum</i> )	Grados y su porcentaje
	GRADO 1: 0%
	GRADOS 2: 1%-25%
	GRADO 3: 26%-50%
	GRADO 4: 51%-75%
	GRADO 5: 76%-100%

### Cálculos de la Incidencia y Severidad.

$$\text{Incidencia de la enfermedad} = \frac{\text{Número de plantas enfermas}}{\text{Número de plantas totales}} \times 100$$

$$\text{Incidencia de la fitoenfermedad} = \frac{58}{100} \times 100$$

$$\text{Incidencia de la fitoenfermedad} = 58 \%$$

$$\text{Severidad de la enfermedad} = \frac{\sum\{(\text{N}^\circ \text{ de plantas}) \times (\% \text{ mayor grado})\}}{\text{Número de plantas evaluadas}}$$

$$\text{S. Enfermedad} = \frac{(42 \times 0) + (26 \times 25) + (17 \times 50) + (10 \times 75) + (5 \times 100)}{100}$$

$$\text{S. Enfermedad} = 28.07\%$$

**Tabla 14.** Grados y porcentaje de *Helminthosporium tritici*

Imágenes de hojas de trigo ( <i>Triticum sativum</i> )	Grados y su porcentaje
	GRADO 1: 0%
	GRADO 2: 1%-25%
	GRADO 3: 26%-50%
	GRADO 4: 51%-75%
	GRADO 5: 76%-100%

## Cálculos de la Incidencia y Severidad.

$$\text{Incidencia de la enfermedad} = \frac{\text{Número de plantas enfermas}}{\text{Número de plantas totales}} \times 100$$

$$\text{Incidencia de la fitoenfermedad} = \frac{66}{100} \times 100$$

$$\text{Incidencia de la fitoenfermedad} = 66 \%$$

$$\text{Severidad de la enfermedad} = \frac{\sum\{(\text{N}^\circ \text{ de plantas}) \times (\% \text{ mayor grado})\}}{\text{Número de plantas evaluadas}}$$

$$\text{S. Enfermedad} = \frac{(34 \times 0) + (24 \times 25) + (18 \times 50) + (15 \times 75) + (9 \times 100)}{100}$$

$$\text{S. Enfermedad} = 35.1785\%$$



**Fig. 19.** Plantas de trigo en estado fenológico de macollamiento (a y b)



**Fig. 20.** Plantas de trigo en estado fenológico floración (a y b)



**Fig. 21.** Hoja bandera del trigo con helminthosporiosis (a) Hoja del trigo con roya amarilla (b)



**Fig. 22.** Campos de trigo en Llacanora (a y b)



**Fig. 23.** Campos de trigo en Namora (a y b)



**Fig. 24.** Campos de trigo en Jesús. (a y b)



**Fig. 25.** Campos de trigo en Cajamarca. (a y b)



**Fig. 26.** Campos de trigo en Los Baños Del Inca. (a y b)



**Fig. 27.** Campos de trigo en Matara. (a y b)



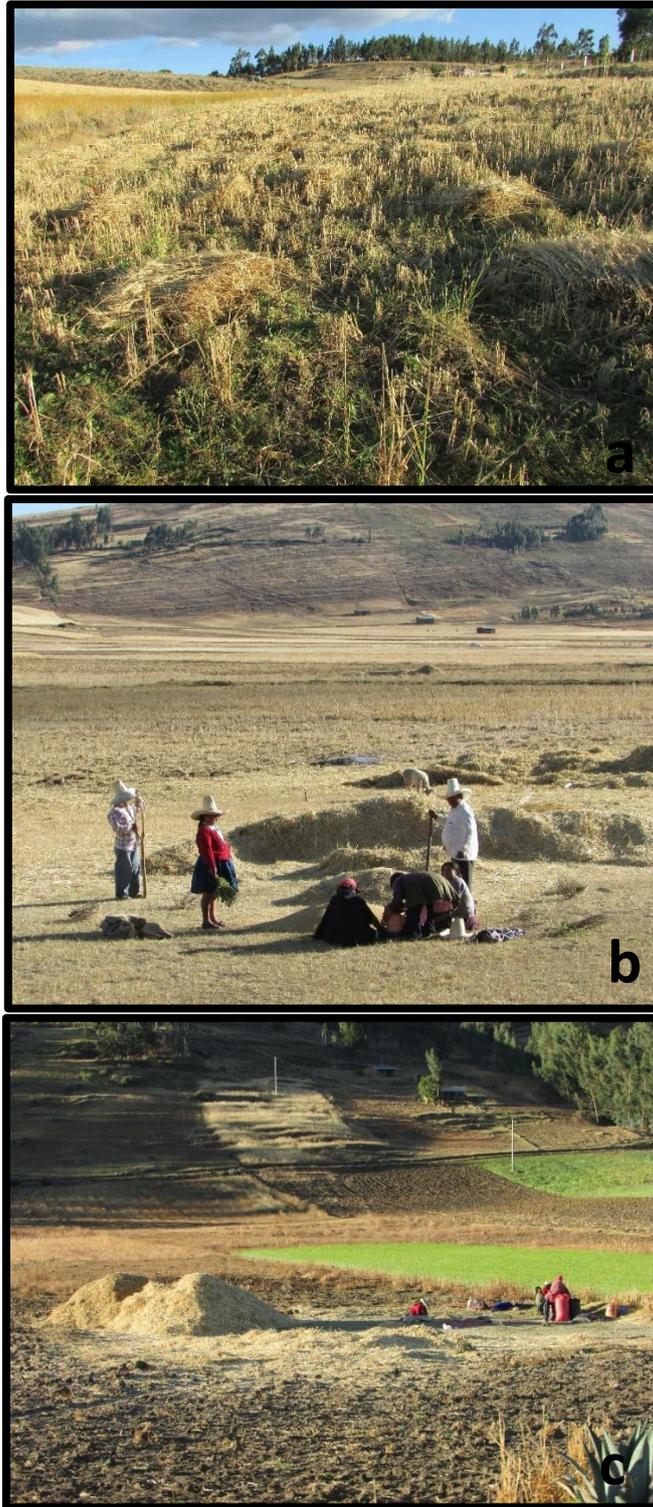
**Fig. 28.** Campos de trigo en La Encañada. (a y b)



**Fig. 29.** Parcela de trigo de la localidad de Santa Rosa de Chaquil, reportamos la presencia de cubierto de trigo, causado por *Tilletia tritici*. (a y b)



**Fig. 30.** Plantas de trigo en estado de madures comercial del grano. (a y b)



**Fig. 31.** Cosecha del grano de trigo. (a, b y c)