

**EVALUACION DEL RENDIMIENTO DE 49 LINEAS PROMISORIAS DE TRIGO
FRENTE AL ATAQUE DE ROYA AMARILLA (*Puccinia striiformis* f sp.
tritici) EN TRES MUNICIPIOS DE NARIÑO.**

POR

**ALBERTO DARIO PANTOJA HERRERA
RUBEN ARMANDO ROBLES CUASPUD**

Presidente de Tesis

CARLOS BETANCOURTH GARCIA I.A. M.Sc.

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
INGENIERIA AGRONOMICA
PASTO – COLOMBIA
2008**

**EVALUACION DEL RENDIMIENTO DE 49 LINEAS PROMISORIAS DE TRIGO
FRENTE AL ATAQUE DE ROYA AMARILLA (*Puccinia striiformis* f sp.
tritici) EN TRES MUNICIPIOS DE NARIÑO.**

POR

**ALBERTO DARIO PANTOJA HERRERA
RUBEN ARMANDO ROBLES CUASPUD**

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
INGENIERO AGRONOMO

Presidente de Tesis
CARLOS BETANCOURTH GARCIA I.A. M.Sc.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
INGENIERIA AGRONOMICA
PASTO – COLOMBIA
2008

Nota de aceptación

CARLOS BETANCOURTH GARCIA I.A. M.Sc.
PRESIDENTE

BENJAMIN SAÑUDO SOTELO I.A.
JURADO

CLAUDIA SALAZAR GONZALES I.A. M. Sc.
JURADO

GERMAN ARTEAGA MENESES I.A. M. Sc.
JURADO

San Juan de Pasto, 6 Marzo de 2008.

“Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado son
responsabilidad exclusiva de sus autores”

“Artículo 1º del Acuerdo No. 324 de Octubre 11 de 1966, emanado del
Honorable Consejo Superior de la Universidad de Nariño

DEDICO A:

Dios

mi padre Gilberto Pantoja Herrera
mi madre Ayda Josefina Herrera M
mis hermanos Leydi y Jhon Jairo
mis familiares.

ALBERTO DARIO PANTOJA HERRERA

DEDICO A:

Dios

mi madre Stella Cuaspud
mi padre Armando Robles
mis hermanos Alex y Omaira Robles
mis familiares y amigos .

RUBEN ARMANDO ROBLES CUASPUD

AGRADECIMIENTOS

Al ingeniero Agrónomo, MSc. Carlos Betancourth Garcia, presidente de esta investigación, docente de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.

Al ingeniero Agrónomo, Benjamín Sañudo Sotelo. Docente jubilado de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.

A la Ingeniera Agrónoma M.Sc. Claudia Salazar Gonzales., Docente de la Facultad de Ciencias Agrícolas.

Al Ingeniero Agrónomo M.Sc. German Arteaga Meneses., Docente de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.

A todas aquellas personas que contribuyeron en la realización y culminación de esta investigación.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE FIGURAS	12
LISTA DE CUADROS	13
LISTA DE DE ANEXOS	14
GLOSARIO	16
RESUMEN	18
ABSTRACT	19
1. INTRODUCCIÓN	20
2. MARCO TEORICO	22
2.1 Generalidades del cultivo de trigo	22
2.2 Generalidades de la Roya amarilla (<i>Puccinia striiformis</i>)	23
2.2.1 Importancia económica de la enfermedad	24
2.2.2 Sintomatología	25
2.2.3 Componentes del desarrollo lento de la roya amarilla	26
2.2.4 Razas del patógeno	27
2.2.5 Epidemiología	27
2.2.6 Ciclo biológico	27
2.3 Variabilidad genética	28
2.3.1 Resistencia genética	29
2.3.1.1. Resistencia específica o vertical	29

2.3.1.2. Resistencia general u horizontal	29
2.3.2. Interacción genotipo ambiente	30
2.3.3. Estabilidad del rendimiento	30
3. DISEÑO METODOLOGICO	32
3.1 Localización	32
3.2 Diseño y material experimental	32
3.3 Área experimental	32
3.4 Análisis de suelos	34
3.5 Labores culturales	34
3.5.1. Siembra y fertilización	34
3.5.2. Labores del cultivo	34
3.5.3. Control de plagas y enfermedades	34
3.6 Variables evaluadas	35
3.6.1 Ataque de roya amarilla (<i>Puccinia striiformis</i> W, f. sp. tritici)	35
3.6.2 Componentes de rendimiento y producción	36
3.6.2.1. Número de macollas	36
3.6.2.2. Número de granos por espiga	36
3.6.2.3. Peso de mil granos	37
3.6.2.4. Producción de grano seco	37
3.7 Análisis estadístico	37
4. RESULTADOS Y DISCUSION	38
4.1 Ataque de la roya amarilla (<i>Puccinia striiformis</i> W, f. sp. tritici) y componentes de rendimiento y producción, mediante análisis individual por cada localidad	38

4.1.1 Mejores genotipos por rendimiento (Kg/ha) y resistencia al ataque de roya amarilla (<i>Puccinia striiformis</i> W, f. sp. tritici) en localidad de Ipiales:	38
4.1.1.1. Ataque de la roya amarilla (<i>Puccinia striiformis</i> W, f. sp. tritici) en las etapas fenológicas del cultivo de macollamiento, embuchado, espigamiento y llenado de grano para la localidad de Ipiales:	41
4.1.1.2. Componentes de rendimiento y producción para la Localidad de Ipiales	44
4.1.2. Mejores genotipos por rendimiento (Kg/ha) y resistencia al ataque de roya amarilla (<i>Puccinia striiformis</i> W, f. sp. tritici) en localidad de Tuquerres:	46
4.1.2.1. Ataque de roya amarilla (<i>Puccinia striiformis</i> W, f. sp. tritici) en las etapas fenológicas de macollamiento, embuchado, espigamiento y llenado de grano, en los genotipos de trigo evaluados, en la localidad de Tuquerres	47
4.1.2.2. Componentes de rendimiento y producción para la localidad de Tuquerres	50
4.1.3 Mejores genotipos por rendimiento (Kg/ha) y resistencia al Ataque de roya amarilla (<i>Puccinia striiformis</i> W, f. sp. tritici) en localidad de Ospina:	51
4.1.3.1. Ataque de la roya amarilla (<i>Puccinia striiformis</i> W, f. sp. tritici) en las etapas fenológicas de macollamiento, embuchado, espigamiento y llenado de grano, en la localidad de Ospina	52
4.1.3.2. Componentes de rendimiento y producción para la localidad de Ospina	54
4.2. Ataque de la roya amarilla (<i>Puccinia striiformis</i> W, f. sp. tritici) y componentes de producción para los mejores genotipos en la Interacción Genotipo por localidad (GXL)	56
4.2.1. Ataque de la roya amarilla (<i>Puccinia striiformis</i> W, f. sp. tritici) en las etapas fenológicas de macollamiento, embuchado, espigamiento y llenado de grano, en los mejores genotipos de trigo evaluados a través de la interacción genotipo por localidad GXL	60

4.2.2. Variables productivas analizadas a través de la Interacción Genotipo por localidad (GXL)	63
4.2.2.1. Número de macollas por planta localidad GXL	63
4.2.2.2. Número de granos por espiga interacción GXL	64
4.2.2.3. Peso de mil granos para la interacción genotipo por localidad GXL	65
4.2.2.4. Rendimiento en kilogramos por hectárea para la interacción genotipo por localidad. GXL	66
5 Análisis de correlación y modelo fenotípico de medias	68
5.1 Análisis de correlación y modelo fenotípico de medias para el porcentaje de ataque de roya amarilla	68
5.2 Análisis de correlación y modelo fenotípico de medias para rendimiento	69
6. CONCLUSIONES	72
7. RECOMENDACIONES	73
8. BIBLIOGRAFÍA	74
ANEXOS	80

LISTA DE FIGURAS

		PAG
FIGURA 1	Plano de campo para evaluar el comportamiento del rendimiento en líneas promisorias de trigo frente al ataque de roya amarilla en tres municipios del departamento de Nariño.	33
FIGURA 2	Parcela útil para evaluar la estabilidad del Rendimiento en líneas promisorias de trigo frente al ataque de roya amarilla en tres municipios del departamento de Nariño.	34
FIGURA 3	Escala gráfica de porcentaje de severidad y de reacción en campo de ataque de roya amarilla.	36
FIGURA 4	Espigamiento y llenado de grano en la localidad De Ipiales, vereda Tusandala.	42
FIGURA 5	Etapas de madurez fisiológica en la localidad de Ipiales, vereda Tusandala.	43
FIGURA 6	Macollamiento en la localidad de Tuquerres, vereda Chalitala.	48
FIGURA 7	Etapas de madurez fisiológica en el Municipio de Ospina, vereda Cunchila Centro.	54
FIGURA 8	Prueba de comparación de promedios por Tukey, para la variable ataque de roya amarilla, durante la etapa de llenado de grano por localidades.	62

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1 Comparación económica de roya amarilla con y sin control químico en el año 2007.	25
Cuadro 2 Promedios de crecimiento de ataque de roya amarilla (<i>Puccinia striiformis</i> W, f. sp. tritici) en las etapas fenológicas de macollamiento, embuchado, espigamiento y llenado de grano y componentes de rendimiento: número de macollas, granos por espiga y peso de mil granos y producción, de los mejores genotipos de trigo evaluados en la localidad de Ipiales	38
Cuadro 3 Promedios de crecimiento de ataque de roya amarilla (<i>Puccinia striiformis</i> W, f. sp. tritici) en las etapas fenológicas de macollamiento, embuchado, espigamiento y llenado de grano y componentes de rendimiento: número de macollas, granos por espiga y peso de mil granos y producción de los mejores genotipos de trigo evaluados en la localidad de Tuquerres.	46
Cuadro 4 Promedios de crecimiento de ataque de roya amarilla (<i>Puccinia striiformis</i> W, f. sp. tritici) en las etapas fenológicas de macollamiento, embuchado, espigamiento y llenado de grano y componentes de rendimiento: número de macollas, granos por espiga y peso de mil granos y producción, de los mejores genotipos de trigo evaluados en la localidad de Ospina	51
Cuadro 5 Promedios de crecimiento de ataque de roya amarilla (<i>Puccinia striiformis</i> W, f. sp. tritici) en las etapas fenológicas macollamiento, embuchado, espigamiento y llenado de grano y componentes de rendimiento: número de macollas, granos por espiga y peso de mil granos y producción, de los mejores genotipos de trigo evaluados, en la interacción Genotipo por Localidad GXL	57

LISTA DE DE ANEXOS

	Pág.	
Anexo A	Análisis de suelos para las tres localidades de estudio.	81
Anexo B	Genealogía de líneas de trigo (<i>Triticum aestivum</i>) cedidas por CORPOICA.	82
Anexo C	Ataque de roya amarilla (<i>Puccinia striiformis</i> W, f. sp. tritici) y componentes de producción para la localidad de Ipiales.	84
Anexo D	Ataque de roya amarilla (<i>Puccinia striiformis</i> W, f. sp. tritici) y componentes de producción para la localidad de Tuquerres.	85
Anexo E	Ataque de roya amarilla (<i>Puccinia striiformis</i> W, f. sp. tritici) y componentes de producción para la localidad de Ospina.	86
Anexo F	Ataque de roya amarilla (<i>Puccinia striiformis</i> W, f. sp. tritici) y componentes de producción para la interacción genotipo localidad – Genotipo (GXL)	88
Anexo G	Cuadro de comparación de promedios con prueba de Tukey para componentes de rendimiento y producción, dentro de interacción Genotipo por Localidad.	89
Anexo H	ANDEVA. Ataque de roya amarilla (<i>Puccinia striiformis</i> W, f. sp. tritici), en la etapa de llenado de grano para la localidad de Ipiales.	90
Anexo I	ANDEVA. Rendimiento en kilogramos por hectárea para la localidad de Ipiales.	90
Anexo J	ANDEVA. Ataque de roya amarilla (<i>Puccinia striiformis</i> W, f. sp. tritici), en la etapa de llenado de grano, para la localidad de Tuquerres.	91
Anexo K	ANDEVA. Rendimiento en kilogramos por hectárea para la localidad de Tuquerres.	91
Anexo L	ANDEVA. Ataque de roya amarilla (<i>Puccinia striiformis</i> W, f. sp. tritici), en la etapa de llenado de grano, para la localidad	91

de Ospina.

Anexo M	ANDEVA. Rendimiento en kilogramos por hectárea, para la localidad de Ospina.	91
Anexo N	ANDEVA. Ataque de roya amarilla (<i>Puccinia striiformis</i> W, f. sp. tritici), en la etapa del llenado de grano, a través de la Interacción Genotipo por Localidad.	92
Anexo Ñ	ANDEVA. Número de macollas para la interacción genotipo por localidad. (GXL)	92
Anexo O	ANDEVA. Número de granos por espiga, para la interacción Genotipo por Localidad. (GXL)	92
Anexo P	ANDEVA. Peso de mil granos, para la interacción genotipo por localidad. (GXL)	92
Anexo Q	ANDEVA. Rendimiento en kilogramos por hectárea a través de la Interacción Genotipo por Localidad. (GXL)	93
Anexo R	Prueba de comparación de promedios de Tukey, para los componentes de rendimiento y producción para localidades, a través de la interacción Genotipo por Localidad. (GXL)	93
Anexo S	Análisis de correlación.	93
Anexo T	Modelo fenotípico de medias para ataque de roya amarilla y producción.	94
Anexo U	Precipitación primer semestre 2004.	96
Anexo V	Valores promedio de temperatura primer semestre 2004.	96
Anexo W	Valores promedio de humedad relativa, primer semestre 2004.	96

GLOSARIO

Antesis: Proceso fisiológico del trigo, en el cual se presenta apertura de la florescencia, acompañada de la expansión de la espiga, que facilita la polinización y termina con la formación de grano.

Estabilidad: Variación relativa de un genotipo (línea o variedad) en sus caracteres agronómicos, ante condiciones edafoclimáticas cambiantes a través del transcurso del tiempo o del ambiente.

Gen: unidad física y funcional que a nivel molecular corresponde al ADN que determina una o varias características hereditarias de la planta y bajo la influencia de diversos factores puede ser alterada.

Genotipo: Conjunto de genes existentes en cada núcleo celular de los individuos de una especie vegetal, responsables tras la influencia del ambiente de determinar caracteres hereditarios.

Fenotipo: Manifestación visible del genotipo a través de caracteres observables y medibles que muestran una especie variedad o línea vegetal en un determinado ambiente.

Herencia genética: Transmisión a través del material genético, de los caracteres heredables, de los parentales hacia la descendencia de la especie mediante proceso natural.

Heredabilidad: Para los programas de fitomejoramiento se define como la proporción de la variación fenotípica (caracteres observables) en una población vegetal, atribuible a la variación genética total (genotipo).

Línea: Material vegetal que presenta caracteres sobresaliente obtenidos a partir de la derivación de una especie inicial o de la combinación de genotipos que se somete a evaluación experimental y ensayos regionales en comparación con variedades tradicionales.

Madurez de cosecha: Se presenta cuando el grano de trigo, ha completado su desarrollo y llenado, presentando una formación completa de proteínas y la calidad del grano ya está definida. A partir de este momento empieza la reducción en la humedad del grano que facilita su cosecha sin deteriorarse las propiedades físicas y químicas del grano.

Macollamiento: Etapa fisiológica del trigo que se inicia con la aparición de primeros tallos basales (macollo o hijo) hasta que la planta alcanza el mayor número de ellos.

Tolerancia: Capacidad de una especie vegetal para resistir factores bióticos o abióticos adversos sin consecuencia para el crecimiento, desarrollo y producción de la planta.

Variedad: Población de plantas de una misma especie, que presentan una constitución genética homogénea a nivel citológico, fisiológico, morfológico y otros caracteres comunes. Aceptada por los agricultores, por su adaptación al entorno donde se cultiva. Taxonómicamente se usa para denotar a un grupo de plantas que presentan características diferentes con respecto a otros grupos de individuos de la misma especie.

RESUMEN

En Nariño, la roya amarilla (*Puccinia striiformis* W. f. sp. *tritici*) es el principal problema patológico de las siembras comerciales de trigo (*Triticum aestivum* L.), ocasionando pérdidas cercanas al 100% del total de la producción en variedades susceptibles. El presente trabajo se realizó en los meses de Enero a Julio de 2004, con el objeto de evaluar el comportamiento del rendimiento, de 49 genotipos promisorios de trigo frente al ataque de roya amarilla, bajo las condiciones edafoclimáticas de los municipios de Ipiales, Tuquerres y Ospina.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 3 repeticiones, para 42 líneas cedidas por CORPOICA, 4 cedidas por la FACIA y 3 variedades comerciales. El análisis estadístico se realizó a través de análisis de varianza, correlación y análisis fenotípico de medias.

Los mejores genotipos para Ipiales fueron: L274, L156, L119 y L247 con rendimientos de 3330 kg/ha, con 25–30% de severidad de roya, moderadamente resistentes (MR). Para Tuquerres L130, FACIA L24, L112 y FACIA C2 con rendimientos de 3150 kg/ha, con 25–30% de severidad (MR) y para Ospina L156, L173, L41 y L123 con rendimientos de 2700 kg/ha y 25,36 - 34,89% de severidad.

La interacción genotipo por localidad (GXL) muestra a los genotipos: L156, FACIA C3, FACIA C2, L130, L 112 como los más promisorios con rendimientos superiores a 2500 kg/ha y una severidad de roya menor a 40%, (MR) que sugieren la presencia de genes que confieren resistencia horizontal.

Ipiales presentó el menor promedio de ataque de roya con 39, 2% de severidad, y el mejor promedio de rendimiento con 2560 kg/ha, seguido de Tuquerres con 41,7% de severidad y 2153 kg/ha y Ospina con 44,65% de severidad de roya y 1667 kg/ha, ocasionado por la variación de los factores edáficos, ambientales y la tasa de desarrollo de la enfermedad.

El análisis fenotípico de medias muestra como genotipos promisorios para la interacción GXL a: L156, FACIA C3, FACIA C2 y L130. Para Ipiales: L44, L247, L279 y L112, para Tuquerres L 130, L138, L144 y FACIA C2 y en Ospina L173, L41, L134 y L 42, que presentan rendimientos mayores 2500 kg/ha y 30% de severidad de roya. El análisis de correlación muestra que la roya amarilla afecta en un 54,76% el rendimiento, en 37,21% el peso de 1000 granos, en 53,29% el número de granos por espiga y en 54,76% el número de macollas por planta.

ABSTRACT

In Nariño, the yellow rust (*Puccinia striiformis* W. f. sp. *tritici*) it is the main pathology problem of the commercial crops of wheat (*Triticum aestivum* L.), causing near losses to 100% of the total of the production in susceptible varieties. The present work was carried among the months of January to Julio 2004, in order to evaluating the behaviour of the yield, of 49 promissory genotypes of wheat in front of the attack of yellow rust, under the conditions of soils and weather of the municipalities of Ipiales, Tuquerres and Ospina.

A design of complete blocks was used at random with 3 repetitions, for 42 lines given by CORPOICA, 4 given by the FACIA and 3 commercial varieties. The statistical analysis one carries out through variance analysis, correlation and analysis phenotypic of stockings.

The best genotypes for Ipiales are: L274, L156, L119 and L247 with yields of 3330 kg/ha, with 25-30% of rust severity, moderately resistant (MR). For Tuquerres L130, FACIA L24, L112 and FACIA C2 with yields of 3150 kg/ha, with 25-30% of severity (MR) and Ospina are L156, L173, L41 and L123 with yields of 2700 kg/ha and 25,36 - 34,89% of severity. The interaction genotype for town (GXL) it shows to the genotypes: L156, FACIA C3, FACIA C2, L130, L 112 as the most promissory with superior yields to 2500 kg/ha and a severity of smaller rust to 40%, (MR) that suggest the presence of genes that grant horizontal resistance.

Ipiales presented the smallest average of rust attack with 39, 2% of severity, and the best yield average with 2560 kg/ha, followed by Tuquerres with 41,7% of severity and 2153 kg/ha and Ospina with 44,65% of rust severity and 1667 kg/ha, caused by the variation of the factors of soils, environmental and the rate of development of the illness.

The analysis phenotypic of stockings sample as promissory genotypes for the interaction GXL to: L156, FACIA C3, FACIA C2 AND L130. For Ipiales: L44, L247, L279 and L112, for Tuquerres L 130, L138, L144 and FACIA C2 and in Ospina L173, L41, L134 and L 42 that present yields bigger 2500 kg/ha and 30% of roya severity. The correlation analysis shows that the yellow rust affects in 54,76% the yield, in 37,21% the weight of 1000 grains, in 53,29% the number of grains for spike and in 54,76% the followed number for plant.

1. INTRODUCCIÓN

El trigo es una de las principales actividades de la producción agrícola en Nariño en zonas frías (2800- 3200) m.s.n.m.¹ msnm donde se presentan condiciones edafoclimáticas favorables, que le permiten consolidarse como el principal productor de trigo del país, con 15240 hectáreas, que representa el 57% del total de la producción nacional (29920 hectáreas)², constituyéndose en el área potencial para la modernización de cultivo de trigo especialmente dentro del sector cerealista minifundista, los cuales habitualmente mantienen una economía de subsistencia, con parcelas menores a 5 hectáreas, de las cuales se benefician unas 20,000 familias dentro del Departamento.³

En los cultivos comerciales se obtienen altos rendimientos de grano seco, llegando con un buen manejo técnico a superar las 4 toneladas por hectárea⁴; sin embargo, la mayor limitante es la roya amarilla (*Puccinia striiformis* W, f. sp. tritici), que ante condiciones ambientales favorables como bajas temperaturas y alta humedad relativa por encima del 75%⁵ afecta las plantas especialmente en la etapa de macollamiento, generando así la disminución en la producción, una menor calidad de grano y menor precio de venta. En ocasiones alcanzando pérdidas mayores al 70% en variedades susceptibles, lo que determina la necesidad de un control químico frecuente; que hacen que las perspectivas para el cultivo no sean claras por su alto costo de producción.

Por otra parte en los Municipios de Ipiales, Ospina y Tuquerres, la roya amarilla (*Puccinia striiformis* W, f. sp. tritici), muestra características de alta severidad, debido a la presencia virulenta del patógeno, que rompió la resistencia de las variedades comerciales ICA Yacuanquer e ICA Gualmatan, obtenidas por CORPOICA, las cuales actualmente muestran pérdidas mayores del 70%.

Así también, la variedad mejorada Sureño, ha mostrado características de resistencia, con ausencia del patógeno en los tejidos aéreos de las plantas; aspecto que puede ser negativo, ante la eventual presencia de una raza que afecte dicha variedad; por efecto de cambios genéticos, mutaciones y uso indiscriminado de fungicidas, convirtiéndose en variedad vulnerable al ataque de roya amarilla (*Puccinia striiformis* W, f. sp. tritici), esto sumado a la escasez de variedades comerciales que justifiquen en cuanto a rendimiento por unidad de

1 SAÑUDO, B. Pasto 2006: comunicación personal. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño.

2 FAO, 2006. disponible en www.infoagro.com/harbaceos/cereales/trigo2.asp, consultado el 8 junio de 2005.

3 BOLAÑOS, A. A. MERCHANCANO, R. J. y ARCILA, B. Manejo de la roya amarilla del trigo en Nariño. Pasto, Colombia. CORPOICA- FENALCE- CORPOTRIGO, 1995. Plegable divulgado.

4 BOLAÑOS, A. Ibid, p 13.

5 ARBELAEZ, C. y DUQUE, J. Contribución al estudio de la roya amarilla en Colombia, Bogota. Universidad Nacional de Colombia. 30 p.

área en comparación con la inversión realizada para el control de enfermedades, debido a la baja rentabilidad del cultivo; lo que ocasiona un cambio radical en la actividad agrícola, dirigiéndose hacia otros cultivos como: arveja, maíz y frijol, afectándose una fuente de ingresos económicos para los agricultores de la región, disminuyendo la calidad alimentaria⁶.

Ante esta situación, es necesario buscar genotipos mejorados que sean atacados por el patógeno, pero con baja severidad y con una tasa de reproducción del patógeno igualmente baja (resistencia parcial), lo que determina un proceso lento; y de pocas posibilidades de mutación del hongo, cuyas variaciones en las características de interés agronómico, como capacidad productiva, ciclo de vida, reacción a enfermedades, etc. constituyen la base fundamental para los programas de fitomejoramiento, por cuanto son buenas las posibilidades de encontrar genotipos promisorios que pueden ser adoptados y multiplicados por los agricultores o servir para aumentar la variabilidad de genotipos locales sobresalientes teniendo en cuenta que la resistencia varietal es el método más eficiente de control de enfermedades y una gran fuente de caracteres de interés para la agricultura en general⁷. Sin embargo en los últimos años no se han realizado trabajos al respecto.

Teniendo en cuenta estos aspectos se planteó el presente trabajo con los siguientes objetivos:

- Evaluar los 49 genotipos promisorios de trigo frente al ataque de roya amarilla (*Puccinia striiformis* W, f. sp. tritici) en los Municipios de Ipiales, Ospina y Tuquerres.
- Analizar los componentes de rendimiento y producción de 49 genotipos de trigo, frente al ataque de la roya amarilla (*Puccinia striiformis* W, f. sp. tritici), en tres Municipios del Departamento de Nariño.

6 BOLAÑOS, A. Op. Cit., p.13.

7 SAÑUDO, B. y BETANCOURTH, C. Fundamentos de Fitomejoramiento, San Juan de Pasto, Universidad de Nariño, 2005. p. 150.

2. MARCO TEORICO

2.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO DE TRIGO.

El trigo es uno de los granos producidos mundialmente en mayor volumen (210 millones de toneladas) y es uno de los componentes más importantes y estables de la dieta humana debido a su gran valor nutritivo, dado por un alto contenido en carbohidratos (65 – 70%) y proteínas (12-13 %).⁸

Bolaños,⁹ manifiesta que a pesar de que el área sembrada con trigo en el país es relativamente baja en comparación con otros cereales, su condición de cultivo de minifundio hace que el número de familias comprometidas directamente en su explotación sea relativamente alto en comparación con otros cultivos de mayor área. Los departamentos de Nariño, Cundinamarca, y Boyacá producen el 95% del total nacional, teniendo una alta participación dentro de los cultivos transitorios.

El cultivo de trigo durante los seis primeros años de la década de los 60, se caracterizó por presentar las mayores áreas de siembra entre 120.000 y 160.000 hectáreas de siembra, en la década de los 70 y 80, mantuvo relativamente estable las áreas de siembra, entre 37.000 y 40.000 hectáreas; en los siete primeros años de los 90 se incrementó el área, cultivándose alrededor de 48.000 hectáreas, sufriendo un gran descenso de hasta 29.000 hectáreas en los tres últimos años. Lo anterior significa una reducción bastante drástica con relación a las 160.000 hectáreas sembradas en 1960. Las tierras que antes se sembraban con trigo fueron reemplazadas con hortalizas, flores, otros cultivos y ganado de leche¹⁰.

Si se compara el rendimiento de Colombia (2.1 t/ha) con el de otros países americanos productores de trigo para el año 2005, es muy similar al de Argentina (2.1 t/ha), Paraguay (2.3 t/ha), Uruguay (2.5 t/ha); superior a Bolivia (0.9 t/ha), Brasil (1.7 t/ha), Ecuador (0.6 t/ha), Perú (1.1 t/ha) y Venezuela (0.4 t/ha) e inferior a Chile (3.7 t/ha) y México (4.2 t/ha). En el mismo año la producción mundial fue de 225. 219 millones de hectáreas, con un rendimiento promedio de 2.62 t/ha¹¹.

El departamento de Nariño es el principal productor de trigo en el país, el área sembrada en Nariño en la década de los 60 representó el 17 % del total Nacional (27.000/ 160.000 ha) y actualmente representa el 57% (15240 / 29920), con rendimiento promedio de 2.5 t/ha, similar al promedio Mundial. Se cultiva en

8 FAO. Op. Cit., p. 13.

9 BOLAÑOS A. Importancia del trigo en Nariño y el aporte institucional en su desarrollo. Compilación, Pasto, Colombia: CORPOICA, p.32. 2004.

10 BOLAÑOS, A. A. Actualización técnica para la modernización del cultivo de trigo en el departamento de Nariño, mejoramiento y nueva variedad de trigo. Pasto, Colombia, CORPOTRIGO-CIDERAL, 1994 pp 17-33.

11 F.A.O. Op. Cit., p. 13.

parcelas pequeñas menores de cinco hectáreas, que benefician a unas 20.000 familias. El consumo per. cápita ha crecido en los últimos años, aunque es difícil pretender la autosuficiencia, es posible incrementar la participación en el abastecimiento del mercado en términos ventajosos de competitividad, para lo cual, se dispone de áreas agro ecológicas y material genético con suficiente potencial de producción.¹²

2.2 GENERALIDADES DE LA ROYA AMARILLA (*Puccinia striiformis* W.)

Campuzano, Arbeláez y Duque ¹³ afirman que la roya amarilla, “lineal o estriada del trigo es causada por un hongo denominado (*Puccinia striiformis* W. f. sp. tritici), pero también se conoce en la literatura como (*Puccinia glumarum*), (*Uredo glumarum*).

El organismo presenta varias formas especiales que se determinan o distinguen entre sí por su habilidad de atacar diferentes vegetales y entre los cuales se puede distinguir Hordei, (cebada), Tritici (trigo) y Secalis (centeno).¹⁴

El hongo *Puccinia striiformis* W, f. sp. tritici es uno de los más virulentos que tuvo origen en el Himalaya pasando de allí a América por el Japón, las Islas Aleutianas y el Canadá hasta aparecer más tarde en zonas intermedias de América del Sur. Desde 1949 se observó ataques de roya amarilla en Colombia¹⁵. La roya amarilla se manifiesta tendiendo a ser más destructiva en temperaturas bajas (2-15 °C) en altitudes superiores a los 2600 m.s.n.m, latitudes septentrionales y temporadas frías.¹⁶

Toma su nombre de la característica estriada del uredo que produce uredosporas de color amarillo. Como consecuencia del ataque temprano de la enfermedad, a menudo se observa plantas achaparradas y debilitadas con abundantes pústulas en hojas y en espigas y muy rara vez en las vainas. Entre los hospederos primarios están el centeno, los trigos harineros y duros, el triticale y algunas variedades de cebada. No se conoce hospederos alternos¹⁷

12 BOLAÑOS, A. A. La roya amarilla, una amenaza para el trigo. CORPOICA, CORPOTRIGO, FENALCE, 1993, cartilla divulgativa para Agricultores. Pasto, Colombia.1995. 12 p.

13 CAMPUZANO, L. Análisis patogénico de la roya amarilla en trigo y su significancia en el contexto mundial. Documento de trabajo. Programa de trigo. ICA. N° 3. 1993. 6p.

14 CORPORACIÓN COLOMBIANA PARA LA INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA. Informe de resultados de investigación y transferencia de tecnología en los proyectos de trigo y triticale. CORPOICA. Obonuco, San Juan de Pasto, Colombia, 1998. 78 p.

15 ORELLANA, H, VEGA,C y RUIZ, W. La roya amarilla y su control. El agro Ecuador. 23 (2): 18-19. 1992.

16 ROLF DELHEY. Enfermedades en los cereales. Universidad Nacional del Sur. Ridavia. 1493 (1093). Buenos Aires, Argentina, Centro virtual. <http://Trigo.enfer.INTA>, 2003.

17 BROWNING, J.A, SIMONS, M.D and TORRES,E. Managing host genes: Epidemiologic and genetics concepts. In Horesfall, j.g and owlinE.B., eds plant pathology : and aduance treatise. New York, E.U academic press. Vol. I: pp 191-212 1977

2.2.1 Importancia económica de la enfermedad. Roelfs *et al*,¹⁸ afirman que la roya amarilla es principalmente una enfermedad que ataca al trigo ocasionando unas pérdidas grandes (50%) como causa de los granos arrugados y los macollos dañados. En situaciones extremas, la roya amarilla puede provocar pérdidas del orden del 100%, limitando los rendimientos y calidad del trigo.¹⁹

Noguera y Ortiz,²⁰ en su investigación de resistencia parcial a roya amarilla, manifiestan que en el bloque de cruzamiento de trigo en Colombia, se presentan variedades susceptibles ante el ataque de roya amarilla, con infecciones superiores al 50% de severidad de roya, cuyos rendimientos están en un promedio de 1645 tn/ha, compartiendo la teoría de Schafer²¹ quien afirma que las variedades susceptibles ante el ataque de roya amarilla, no pueden acumular fotoasimilados al tallo, que posteriormente sean removilizados hasta el grano, para que se pueda compensar la baja capacidad fotosintética de la hoja bandera, sujeta al estrés ocasionado por el ataque del patógeno, que reflejan bajos potenciales de producciones, registrando pérdidas superiores al 50% del total de la producción.

Orjuela²² afirma que el hongo causante de la roya amarilla del trigo es el más prevalente, destructivo y mutable entre los patógenos uredinales que atacan el cereal en Colombia. Experimentos realizados en 1949, con variedades comunes de trigo y bajo condiciones experimentales controladas permitieron determinar que las pérdidas ocasionadas por este patógeno fueron superiores al 50% del total de la producción.

En Nariño, la roya amarilla *Puccinia striiformis* W, w. f. sp. tritici se presenta en todas las zonas donde se cultiva el trigo, pero su ataque es mayor sobre los 2700 m.s.n.m. ocasionando pérdidas económicas en la producción, además afecta la calidad del grano, su incidencia es mayor en periodos de invierno.²³

Muñoz²⁴ en su estudio de líneas Colombianas de trigo, afirma que la roya amarilla en el Departamento de Nariño puede alcanzar una severidad en el ataque de roya amarilla de hasta el 70% para la fase de llenado de grano, dependiendo de las condiciones ambientales, cuyos promedios de rendimiento se pueden bajar a menos de 1,5 tn/ha, cuyos materiales con un manejo técnico pueden alcanzar producciones superiores a 4 tn/ha.

18 ROELFS A, P, SINGH,R.P y SAARI, E,E .Las royas del trigo, conceptos y métodos para el manejo de esas enfermedades, Mexico, D.F CIMMYT, 1992. 81p.

19 BOLAÑOS, A. Op. Cit., p.15.

20 NOGUERA, E. Y ORTIZ, H. Evaluación de la resistencia parcial a la roya amarilla (*Puccinia striiformis* W, West) del bloque de cruzamiento del trigo en Colombia. Departamento de Nariño. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas, 1998. 80p.

21 SCHAFFER F, Tolerance to plant disease and REV Phytopathology 9: 225 – 235. 2005.

22 ORJUELA, N. Las royas del trigo en Colombia. Revista de la Academia Colombiana. 8 (31): 380 – 383.

23 SAÑUDO, B. In seminario sobre el cultivo de trigo en Nariño, principales enfermedades que afectan el trigo en el departamento de Nariño. Pasto, Colombia. ICA. 1983, 77 p.

24 MUÑOZ, F. Efecto de la roya amarilla (*Puccinia striiformis* f. sp tritici) en los rendimientos de seis materiales de trigo (*Triticum aestivum*) en el altiplano de Pasto, Departamento de Nariño, Tesis Universidad de Nariño 1987. 55 págs.

Estos resultados se corroboran con lo expuesto por Paredes y Benavides²⁵ quienes indican que los promedios de producción de las líneas de la FACIA, a través de un análisis de estabilidad concluyen que presentan producciones superiores a 3,5 tn/ha, con una infección de roya amarilla menor a 25% de severidad.

Cuadro 1 Comparación económica de roya amarilla con y sin control químico en el año 2007²⁶

DETALLE	ROYA AMARILLA	
	Sin control	Con control
Costo de producción ha.	\$ 1.222.287	\$ 1.282.287
2 Aplicaciones Tilt 0.8 Lt	0	192.000
Costo total producción ha	\$ 1.22.287	\$ 1.474.287
Rend promedio Kg./ha	2200	4800
Puntaje	Menor de 60	Mayor de 76
Preció de venta \$/ Kg.	390	560
Valor de producción	858.000	2.668.000
Ingreso neto \$ / ha	- 369.287	1.193.713
Rentabilidad %		44.74

Fuente. Esta investigación

2.2.2 Sintomatología. La enfermedad se observa inicialmente con la aparición de pequeñas manchas (pústulas) de un polvillo amarillo, constituido por uredosporas pequeñas (0.5 micras de diámetro), globosas o elipsoidales, ya sea de color amarillo o incoloras, distribuidas por ambos lados de las hojas en líneas o bandas alargadas de hasta 10 cm. de largo; las cuales se observan progresivamente en las hojas, iniciándose por las bajeras, con líneas amarillas paralelas a las nervaduras, en las que aparecen pústulas pequeñas, algo alargadas, de color amarillo anaranjado correspondiendo al estado del uredo de *Puccinia striiformis* W, f. sp. tritici; en ataques severos, también se observa en tallos y en hojas las cuales se secan prematuramente.²⁷

Los teleutosoros son hipofilos, espaciados, cubiertos por la epidermis, pardos, oscuros o negros. Las teliospóras, miden de 30-40 x 12-24 micras, con ápices redondeados, engrosados, bicelulares. Sarasola y Rocca de Sarasola²⁸ señalan que el ataque principal y perjudicial se presenta cuando el hongo ataca a la espiga, en estos casos los granos pueden ser parcial o totalmente destruidos.

25 PAREDES G y BENAVIDES, C. Evaluación de líneas promisorias de trigo (*Triticum aestivum*) en la zona cerealista de Nariño, Departamento de Nariño. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas, 2004. 64p.

26 FENALCE. Banco Agrario de Colombia. Disponible en www.Fenalce.org.co .www.Banagrario.Gov.co

27 SAÑUDO, B. Op. Cit., p. 18..

28 SARASOLA Y ROCCA DE SARASOLA, M. Fitopatología. Curso moderno. Buenos Aires. Argentina. Hemisferio Sur. 1975. tomo II. 250 p.

Sañudo²⁹ señala que cuando las espigas comienzan a formar los granos, en las glumas se nota una coloración anaranjada y al abrirlas, el interior está cubierto por un polvillo anaranjado abundante que impide la formación de granos o los deja chupados. Las pústulas también aparecen en las aristas de las glumas.

Al final del ciclo vegetativo del trigo, en los diferentes órganos afectados aparecen pústulas de color negro, correspondiendo al estado de Telia del hongo.³⁰

2.2.3 Componentes del desarrollo lento de la roya amarilla. En general la literatura nombra diferentes mecanismos y componentes que tiene el desarrollo lento de las royas, para restringir el patógeno. Entre los que se mencionan y se han estudiado en diferentes trabajos están:

- a) Absorción temprana o supresión del crecimiento de la colonia.
- b) Decrecimiento en la frecuencia de penetración.
- c) Baja invasión del tejido del hospedero.
- d) Baja receptividad.
- e) Periodo de latencia más largo.
- f) Tamaño pequeño del uredo.
- g) Baja producción de esporas³¹.

El aborto temprano o supresión del crecimiento de la colonia del patógeno se caracteriza por una restricción del crecimiento, justo después de la formación de la primera hifa de la célula madre del haustorio³²

La receptividad fue uno de los primeros componentes reconocidos en el desarrollo lento Hayden³³. Sugirió que las amplias diferencias entre las variedades cultivadas en periodos tempranos con *infecciones* iniciales puede ser un factor importante para determinar el daño posterior por la roya. Se observa en los estudios de Caldwell *et al*,³⁴ indican que el número de uredos en las hojas banderas es un buen criterio para evaluar el desarrollo lento en trigo.

La producción de esporas, pueden definirse de varias formas. Entre estas se tiene: producción de esporas por unidad de área, por uredo, por unidad de área lesionada o por unidad de área con superficie de esporulación. La producción de esporas puede medirse en unidad de tiempo o en diferentes periodos de infección.

29 SAÑUDO, B. Op. Cit., p. 18.

30 SAÑUDO, B. Ibid, p 19.

31 PARLEVLIET, J.E and VAN OOMMEREN. Partial resistance of barley to leaf rust, (pucinia hordei). II relationships between field trials, micro plot test and latent period, (Euphotica), Londres, Inglaterra. Vol 24; pp. 293-303 1975. Op CIT, p 16.

32 CLICFFORD, B, C and RÓDERICCK, H, W A Comparative histology of some barley grown rust interactions Oxford, Inglaterra. N° 89. 1978. 295-298 pp.

33 HAYDEN, E,B Differences in infectibility among spring wheat varieties exposed to spore shower of race 15B of puccinia graminis var. tritici Phytopathology N° 46 1985 14-17 pp

34 CALDWELL, R. M ROBERTS JJ and EYAL. Z General Resistance "slow rusting" *puccinia striiformis* f.sp tritici in winter and spring wheats phytopathology Camberra, Australia, 1970 60p

La producción de esporas expresa el número de esporas por centímetro cuadrado de hoja por día y es un efecto combinado de tamaño del uredo, esporas producidas por unidad del uredo y número de uredos por centímetro cuadrado de hoja.³⁵

2.2.4 Razas del patógeno. *Puccinia striiformis* W, f. sp. tritici presenta una amplia gama de razas patogénicas de las cuales se identifican con base en el tipo de infección, mediante el uso de diferenciales estándar. Metha,³⁶ afirma que en el mundo se conocen 60 tipos de roya amarilla en las hojas.

Caldwell *et al*,³⁷ mencionan que en Europa se conocen 60 razas patogénicas de roya amarilla en trigo y dos tipos patogénicos para cebada. Algunos tipos de roya amarilla de trigo pueden atacar a variedades sensibles de cebada y viceversa. La roya amarilla *Puccinia striiformis* W. f. sp. tritici es la enfermedad más limitante, lo cual se debe posiblemente a un cambio en la virulencia de las 3 razas conocidas en Nariño: 40EO, 6EO y 134EO; 134EO es descendiente de la 6EO; además estas son favorecidas por la alta nubosidad y la humedad relativa³⁸

Campuzano,³⁹ identificó dos nuevos tipos de roya amarilla en Nariño: 76E 197 y 140E12; utilizando variedades diferenciales conocidas en Europa y en el mundo como: Hybrid 46, Heines VII, Chinese 166, Lee, Heines Koibeng y Moro.

2.2.5 Epidemiología. Las poblaciones de roya amarilla pueden cambiar su virulencia y provocar epifitas sin necesidad de un hospedante alterno. Las uredosporas son las únicas fuentes conocidas de inóculo para el trigo y germinan e infectan a temperaturas que se sitúan entre 9-13 °C; por consiguiente es una enfermedad de latitudes septentrionales o meridionales y de zonas altas.⁴⁰

Para poder germinar el patógeno requiere de temperaturas que oscilen entre los 9-13 °C; para la formación del esporofito entre 10-15°C; para la penetración de 8-13°C, y para su crecimiento y esporulación entre 12-15 °C.⁴¹

2.2.6 Ciclo biológico. La roya amarilla es un parásito obligado, es decir que solamente es capaz de subsistir en los tejidos verdes de la planta.⁴²

Browning, Simmons y Torres⁴³ manifestaron que *Puccinia striiformis* W, f. sp. tritici, probablemente es una roya hemiforme, porque su ciclo biológico, parece

35 SHARP, A. Atmospheric infections and germinations of urediospores of *Puccinia striiformis*. Science 156: 1359- 1360p.

36 METHA, Y.R Doenças de trigo seu controle. 20 ed Sao Paulo. Ed Ave Maria 1991. Pp 101-106.

37. CALDWELL, R. M ROBERTS J.J and EYAL. Z. Ibid., p. 20.

38 MERCHANCANO, L.G. Efecto de los mutágenos. Formol, hidratos de cloral y colchicina en plantas. Departamento de Nariño. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 1994. 74 p.

39 CAMPUZANO L, Estrategia para el manejo de roya amarilla en Nariño. Documento de trabajo. Programa de trigo, CORPOICA N° 4. 1994. 7p.

40 BROWNING, J.A SIMOS, M.D. and TORRES. E Op. Cit., p.16.

41 ROELFS A.,P, SINGH,R.P y SAARI, E,E Op. Cit., p.16.

42 CALDWELL, R. M ROBERTS J.J and EYAL.Z. Op CIT p 16.

estar constituido únicamente por los estadios del uredo y de telia. Los mismos autores dicen que los uredos esporulantes sobreviven a temperaturas de 4 °C y las infecciones excipientes pueden persistir mientras se perpetúen en la hoja hospedante. Pueden presentarse infecciones con temperaturas cercanas al punto de congelación o por debajo de este; la esporulación y la infección pueden producirse cuando las temperaturas diurnas llegan a los 5 °C.⁴⁴

La roya amarilla en las hojas parece ser más sensible a la luz ultravioleta y a la contaminación atmosférica que las otras royas. Esto puede afectar la supervivencia del patógeno durante el transporte a largas distancias y en zonas muy contaminadas.⁴⁵

En trigo las uredosporas germinan produciendo un tubo germinativo provisto de apresorios, el cual penetra a través de los estomas, crece entre las células y es capaz de emitir haustorios. La duración entre el momento de la germinación y la formación de la uredospora, la penetración dentro de la planta y la producción de nuevas uredosporas mediante la infección es de 12 -13 días.⁴⁶

2.3 VARIABILIDAD GENÉTICA.

Como sucede con todos los organismos vivos que se desarrollan en condiciones naturales, la población de individuos que conforman una especie vegetal está bajo una continua interacción dinámica de adaptación con los factores en los que crece esa población.

Dichos factores son los bióticos (microorganismos, otras especies vegetales, animales inferiores y superiores) y los abióticos (clima y suelo), para ello, cada especie adapta la información contenida en el genoma de acuerdo con las necesidades de sobrevivir en su entorno.⁴⁷

La variabilidad se da en centros de origen y diversificación, reconociéndose por que hay diferencias, observables y medibles entre los individuos de una población, que se deben entre otras causas a hibridación y recombinación de genes, mutaciones y alteración en el número de cromosomas con participación decisiva del ambiente, que persigue la preservación y manejo de los recursos fitogenéticos de interés agrícolas; los cuales se constituyen en un capital ecológico invaluable para una región⁴⁸.

43 BROWNING, SIMOMONS and TORRES. Ibid, p 21.

44 HOGG, W Meteorological factors affecting the epidemiology of wheat rust. Tech Norte, Toronto, Canada 1979. 143p.

45 VAN DER PLANK, J.E Disease resistance in plants. Academic Press, new York. USA. 1989. 349p.

46 CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAÍZ Y TRIGO, CIMMYT. Informe anual. Enfermedades en los cereales. México, CIMMYT. 1972. 86 p

47 HIDALGO. R. Variabilidad Genética y Caracterización de Especies Vegetales, BOLETIN TECNICO IPGRI No. 8 2002.

48 SAÑUDO, B y BETANCOURTH ,C. Op. Cit., p. 14.

2.3.1. Resistencia genética. El control de roya amarilla se ha efectuado principalmente con el uso de variedades resistentes; sin embargo nuevas razas fisiológicas limitan la efectividad del control o resistencia específica⁴⁹.

La resistencia de las plantas a las enfermedades ha sido clasificada por Van der Plank⁵⁰ en dos tipos:

2.3.1.1. Resistencia específica o vertical. Este tipo de resistencia de alto nivel es efectivo en relación a una o algunas razas de un patógeno, y inefectiva contra todas las razas del mismo patógeno y su forma de acción consiste en no permitir la infección o si esta ocurre, el patógeno no puede crecer y desarrollarse.⁵¹

Luke, Barnett, y Pfahier⁵² dicen que en una variedad con resistencia específica, la infección se caracteriza por la ausencia de esporulación o la ocurrencia mínima de esta, y por el desarrollo rápido de necrosis. En algunos casos solo es afectado un número pequeño de células, y la infección no puede ser visible a simple vista; En otros casos se manifiesta una reacción de hipersensibilidad violenta y una necrosis extensiva que trae como consecuencia la muerte de las células del hospedante inmediatamente después del contacto con el patógeno

2.3.1.2. Resistencia general u horizontal. Este tipo de resistencia es efectiva en contra de muchas razas de patógenos, no implica una interacción diferencial entre variedades del hospedante y raza de patógenos que se caracteriza por tener un desarrollo lento en variedades resistentes limitándose así el crecimiento y reproducción del patógeno después de la infección.⁵³

La resistencia general fue conocida por los primeros mejoradores de plantas quienes informaron que la roya del tallo del trigo se desarrollaron más lentamente en unas variedades que en otras, durante epifitas de roya. Sin embargo este tipo de resistencia fue poco utilizada por los mejoradores debido principalmente a las dificultades de reconocimiento y manejo tanto en el campo como a nivel de invernadero.⁵⁴

La resistencia general solo se puede identificar mediante la observación del desarrollo de enfermedad bajo epifitas naturales o inducidas, y en el caso

49 VAN der PLANK, 1972; Ibid, p 22.

50 VAN der PLANK, Op. Cit., p.22.

51 PARLEVLIET, J: E Components of resistance that reduce the rate of epidemic development Ann. Rev Phytopathology 17, 1978 203-222 pp.

52 LUKE, H, H, BARNETT, R,D and PFAHCER, P,L. Inheritance of horizontal resistance to crown rust in oats. Phytopathology E :U. 6(5): 631- 632. 1978.

53 VAN DER PLANK, Op. Cit., p. 22

54 STUBBS ,R, W Observations on horizontal resistance to yellow rust (*puccinia striiformis* f sp tritici) cereal rust bull Londres. Inglaterra, Vol. 5: 27-32p.

especifico de la resistencia que las plantas muestran síntomas de susceptibilidad en todas sus etapas de crecimiento.⁵⁵

2.3.2. Interacción Genotipo - Ambiente. La evaluación de diferentes genotipos de una especie cultivada se hace a través de la expresión fenotípica de los caracteres de importancia agronómica, especialmente aquellos condicionados por genes aditivos, teniendo en cuenta la participación del ambiente, cuyo comportamiento depende de la interacción de la carga genética y del ambiente.⁵⁶

La interacción genotipo – ambiente se refiere al comportamiento diferencial que muestran los genotipos (en sentido agronómico) cuando se los evalúa en diferentes ambientes, sean épocas y/o lugares. Un genotipo puede ser superior a los otros genotipos en todos los ambientes o hay comportamiento variable de los genotipos en relación con el ambiente, observándose diferentes formas de estabilidad, término que permite definir el comportamiento de cada genotipo en los diferentes ambientes, en cuanto a características biológicas y productivas.⁵⁷

2.3.3 Estabilidad de rendimiento. Debido a la importancia del trigo en alimentación y a su gran variabilidad genética, esta especie ha sido incluida en programas de mejoramiento con el fin de desarrollar genotipos mejorados para diversos ambientes⁵⁸. Una parte fundamental de este proceso es la evaluación de genotipos en ensayos comparativos de rendimiento.⁵⁹ Donde el rendimiento potencial se define como el rendimiento que obtiene un genotipo bajo condiciones de manejo óptimo y en ausencia de estreses bióticos y abióticos,⁶⁰ el cual es un parámetro útil en sí mismo y permite, además, cuantificar la reducción de rendimiento causada por el estrés.⁶¹

En términos estadísticos, las interacciones G x M se expresan como diferencias significativas en los patrones de respuesta entre genotipos a lo largo de los ambientes.⁶²

De la Vega.⁶³ sugiere tres formas para tratar las interacciones G x M: ignorarlas, evitarlas o explotarlas. Ignorarlas significa considerarlas una fuente de error en la

55 PARLEVLIET, J. E Resistance of the nonrace. Specific. Epidemiology and control, in the cereal rust. Florida. E.U 1985. Vol II: 501-525pp

56 SAÑUDO B y BETANCOURTH C. Op. Cit., p. 14.

57 SAÑUDO B y BETANCOURTH C. Op. Cit., p. 14.

58 COOPER, M., and FOX. P.N. Environmental characterisation based on probe and reference genotypes. pp. 529-547. In Plant Adaptation and Crop Improvement. 1996. 636p.

59 BASFORD, K. E. and M. COOPER. 1998. Genotype x environment interactions and some considerations of their implications for wheat breeding in Australia. Australian Journal of Agriculture Research 49: 153-174.

60 ACEVEDO, E.. Resistanse to abiotic stresses. pp. 406-418. In: ayward, M.D., Bosemark, N.O. y Romagosa, I. (Ed.) Plant Breeding: Principles and Prospect. Chapman & Hall, London. 1993

61 ROSAS, M, Efecto de la mezcla varietal de Ica Yacuanquer y dos líneas hermanas de trigo sobre rendimiento y calidad en Nariño. Departamento de Nariño. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas, 1995. 87p.

62 COOPER, M. and FOX. P.N. Ibid, p 24.

63 DE LA VEGA, A.. Interacciones genotipo x ambiente y mejoramiento de girasol para las regiones central y norte de Argentina. Tesis Doctor en Ciencias Agropecuarias. Buenos Aires, Argentina, Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía. 2000. 291 p.

evaluación de un genotipo y consecuentemente, seleccionar usando medias genotípicas a lo largo de los ambientes, aún cuando exista interacción G x M significativa.

Evitarlas o explotarlas implica considerarlas como un componente de variación que es, en parte, heredable y explotable a través de selección por adaptación amplia o específica, mediante el desarrollo de genotipos adaptados específicamente a una región⁶⁴. Explotar las interacciones G x M implica estructurar un régimen de evaluación multi-ambiente y seleccionar por adaptación amplia.

Lin⁶⁵ describe tres tipos de estabilidad. El primero es referido a una mínima varianza entre ambientes⁶⁶. El segundo define a un genotipo como estable si su respuesta es paralela a la de la media de todos los genotipos ensayados⁶⁷, y un tercero asociado al ideal del genotipo que tenga un cuadrado medio de desviaciones de regresión pequeño, considerando al índice ambiental como variable independiente (parámetro Sdi de Eberhart y Russell⁶⁸, parámetro λ_i de Tai)⁶⁹. Posteriormente, Lin y Binns⁷⁰ definieron un cuarto concepto de estabilidad referido a variaciones pequeñas de un genotipo en una misma localidad pero en diferentes años.

Existen dos posibilidades para el desarrollo de variedades con baja interacción genotipo x ambiente: subdividir las áreas en regiones relativamente homogéneas donde los genotipos requieran adaptación específica, o bien generar genotipos de gran estabilidad con comportamiento adecuado en una amplia gama de ambientes.⁷¹

El éxito de la selección de genotipos que respondan al mejoramiento de las condiciones de cultivo y que posean consistentemente altos rendimientos en las diferentes condiciones ambientales, depende del grado en que estas características sean determinadas por los genes.⁷² Al respecto Fatunla y Frey⁷³ y Eagles⁷⁴ mencionan que un parámetro para ser usado eficazmente en la selección de cultivares superiores debería ser repetible a través de los diferentes ambientes en los que se evalúen.

64 LIN C, S, Stability analysis: where do we stand. *Crop Sci.* 26:894-900.21996

65 LIN C S, *Ibid*, p 25.

66 VANDERPLANK, *Op. Cit.*, p.22.

67 PLAINSTED R L, PETERSON L C A technique for evaluating the ability of selection to yield consistently in different locations or seasons. *Amer. Potato J.* 36:381-385. 1989

68 EBERHART S A, W A RUSEELL. 1966 Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6:36-40. 1986

69 TAI G C.. Genotypic stability analysis and its application on potato regional trials. *Crop Sci.* 11:184-190. 1971

70 LIN C S, *Ibid*, p 25.

71 TAI G C, *Ibid* p 25.

72 PERKINGS, J.M. y J.L. JINKS.. Environmental and genotype- environmental components of variability variance. III. Multiple lines and crosses. *Heredity* 23:339-356. 1968

73 FATUNLA, T. Y K.J. FREY. 1976. Repeatability of regression stability indexes for grain yield of oats (*Avena sativa* L.). *Euphytica* 25:21-28.

74 EAGLES, H, A, Repeatability of the satability indexes for grain yield of oats (*Avena sativa*). *Crop Sci* 17: 253 – 256.

3. DISEÑO METODOLOGICO

3.1 LOCALIZACIÓN.

La presente investigación se realizó en los municipios de Ipiales (vereda Tusandala), presentando una temperatura promedio de 10,8 °C, una humedad relativa del 83% , precipitación media anual de 970 mm, brillo solar de 1434 horas; Municipio de Tuquerres (vereda Chalitala) con una temperatura promedio de 10°C y una humedad relativa del 85%, precipitación media anual de 996 mm. Municipio de Ospina (vereda Cunchila Centro) con una temperatura promedio de 12 °C, precipitación media anual de 1020 mm y una humedad relativa del 70%.

3.2 DISEÑO Y MATERIAL EXPERIMENTAL.

En cada localidad de evaluación se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con 3 repeticiones, para 42 líneas cedidas por CORPOICA, cuyo material experimental se identifica bajo genealogías de campo como: L 11, L 27, L 41, L 42, L 44, L 47, L 57. L 58, L 66, L 69, L 77, L 92, L 98, L 102, L 112, L 114, L 117, L 118, L 119, L 123, L 130, L 133, L 134, L 136, L 138, L 144, L 147, L 156, L 171, L 172, L 175, L 205, L 215, L 222, L 230, L 247, L 249, L 274, L 278, L 279, L 280 Y L 296. 4 líneas cedidas por la FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS de la UNIVERSIDAD DE NARIÑO, denominadas FACIA C2, FACIA C3, FACIA L 24 y FACIA T8. Además se evaluaron 3 variedades comerciales identificadas como: ICA YACUANQUER, OBONUCO SUREÑO e ICA GUALMATAN.

3.3 AREA EXPERIMENTAL.

Para la realización del presente trabajo, la unidad experimental se constituye por 7 grandes grupos, cada uno con 21 parcelas distribuidas en 3 bloques de 7 parcelas, con el fin de distribuir 7 materiales de trigo en distribución de bloques al azar con 3 repeticiones; por lo tanto los 49 materiales se distribuirán en los 7 grandes grupos. Cada parcela con tres surcos separados a 0.30 metros y 2.0 metros de longitud. Sin distanciamiento horizontal para dividir los bloques pero sí distanciamiento vertical de 0.50 metros entre parcelas.

Figura 1. Plano de campo para evaluar el comportamiento del rendimiento en líneas promisorias de trigo frente al ataque de roya amarilla en tres municipios del departamento de Nariño.

FACIA L 24	L 172	L 130
YACUANQUER	L156	L 117
OBONUCO SUREÑO	FACIA C3	L 249
L 112	L 41	L 118
L 44	L 27	L 77
L 66	L 296	L 230
L138	L 133	L 42
L 98	L 278	L 92
GUALMATAN	L 171	L 137
L 205	L 280	L 183
L 144	L 222	L 279
FACIA C2	L 247	FACIA T8
L 123	L 47	L 69
L 147	L 57	L114
L 133	L 134	L 171
FACIA C3	L 102	L 47
L 172	L 58	L 278
L 27	L 274	L 247
L296	L11	L 57
L 41	L 119	L280
L 156	L 136	L 222
L69	L138	L 147
L 173	L 66	L 144
L 144	L112	FACIA C2
L 92	YACUANQUER	L 123
L 279	OBONUCO SUREÑO	L 98
L 137	L 24	L 205
FACIA T8	L 44	GUALMATAN
L 222	L 230	L 136
L 280	L 42	L 274
L 247	L 117	L 102
L 57	L 249	L 119
L 47	L 130	L 134
L 278	L 118	L 11
L 171	L 77	L 58
L 274	L 173	OBONUCO SUREÑO
L 11	L 114	L 44
L 119	FACIA T8	FACIA L 24
L 58	L 69	L 138
L102	L 137	L 112
L 136	L 92	YACUANQUER
L 134	L 279	L 66
L 117	L 205	L 41
L 130	L 98	L 296
L 42	L 123	L 133
L 230	FACIA C2	FACIA C3
L 249	GUALMATAN	L 156
L 77	L 147	L 27
L 118	L 144	L 172

BI

0,5 M

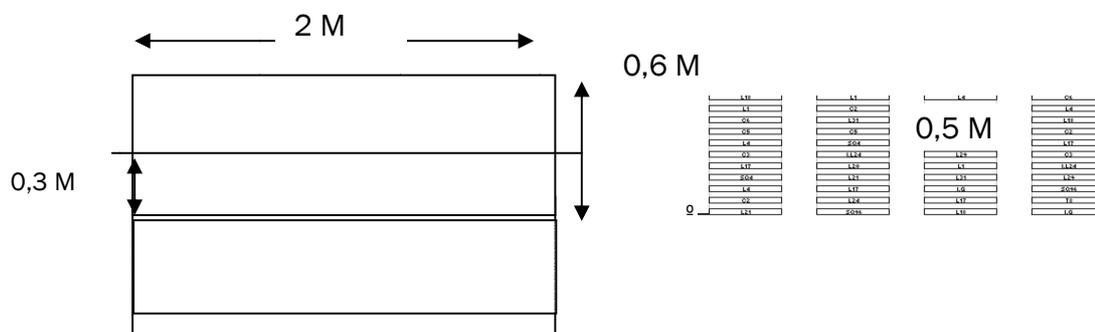
BII

0,5 M

BIII

Fuente: Esta investigación.

Figura 2 Parcela útil para evaluar la estabilidad del rendimiento en líneas promisorias de trigo frente al ataque de roya amarilla en tres municipios del departamento de Nariño.



Fuente: Esta investigación

3.4 ANÁLISIS DE SUELOS.

Se tomarán muestras de suelo en las tres localidades de estudio para su respectivo análisis de suelos y determinar los contenidos nutricionales presentes en cada lote en el momento de la investigación (Anexo A), con el fin de programar la dosis de fertilizante a utilizar; que correspondió a 100 Kg. de fertilizante compuesto de la fórmula 13 26 6 por hectárea.

3.5 LABORES CULTURALES.

3.5.1 Siembra y fertilización. La siembra de cada una de las variedades y líneas experimentales se realizó en forma manual donde la semilla se dispuso a chorrillo en el fondo de los surcos a una densidad de siembra de 120 kilogramos por hectárea. De la misma manera, se depositó el fertilizante 13-26-6 en cantidad de 100 kilogramos por hectárea y el tape de la semilla se hizo en forma manual.

3.5.2. Labores del cultivo. Únicamente se efectuó el control químico de malezas de hoja ancha, a los 40 días después de la siembra empleando ALLY (Metil- Sulfuron - Metil) con una dosis de 15 gramos por bomba de 20 litros.

3.5.3. Control de plagas y enfermedades. En todo el periodo de evaluación no se presentaron problemas severos de plagas y enfermedades causadas por patógenos diferentes al objeto de evaluación, que superaran los niveles de importancia económica, por lo que no fue necesario aplicar medidas de control.

3.6. VARIABLES EVALUADAS:

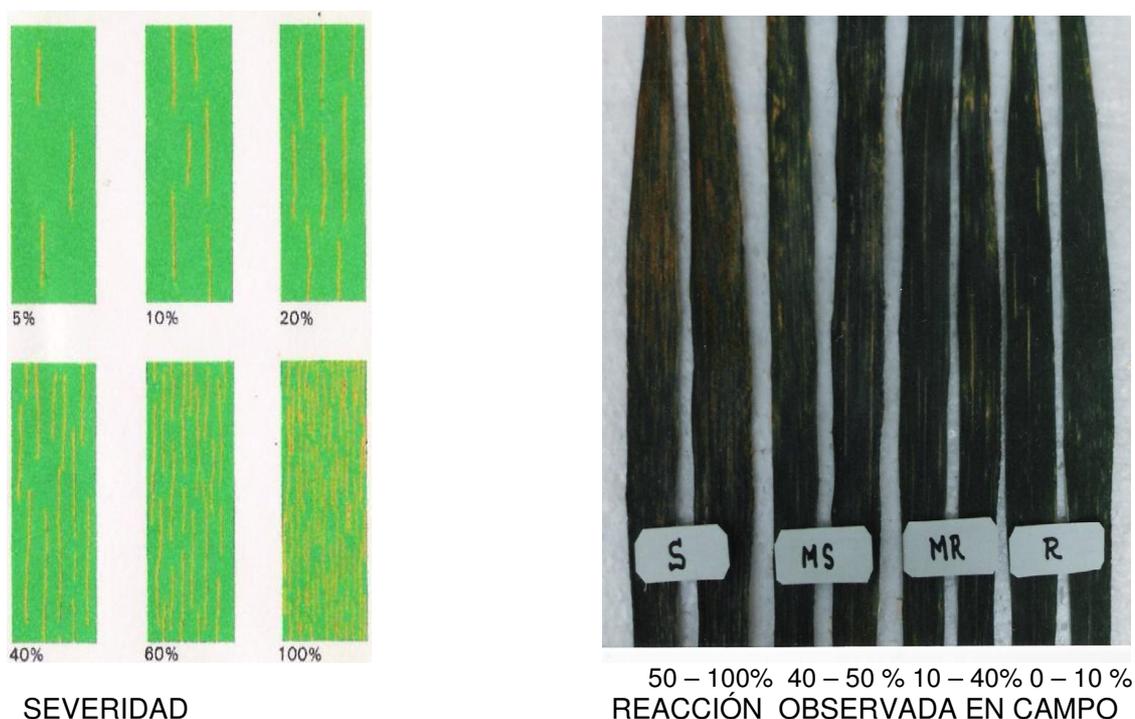
3.6.1 Ataque de roya amarilla (*Puccinia striiformis* W, f. sp. tritici). En las épocas de macollamiento, embuchado, espigamiento y llenado de grano se evaluó el ataque general de la roya amarilla (*Puccinia striiformis* W, f. sp. tritici) en diez plantas por cada surco, previamente seleccionadas y marcadas, para realizar la evaluación consecutiva en las mismas plantas, donde se midió la intensidad de ataque en el área foliar afectada por medio de la escala de calificación cuantitativa en las hojas banderas, para lo cual se tomó como referencia la gráfica de porcentaje de ataque de roya amarilla (*Puccinia striiformis* W, f. sp. tritici), con el fin de unificar conceptos de evaluación, que se describen a continuación para dar una calificación cuantitativa y unificada en la toma de datos.

Basados en la calificación de los diferentes genotipos se utilizaron los métodos sugeridos por el CIMMYT, los cuales tratan de uniformar a nivel mundial las escalas empleadas en la evaluación de las royas.

La escala utilizada para la severidad se registra como un porcentaje, de acuerdo a la escala gráfica modificada de Coob. (Grafica 3)

La escala utilizada para la reacción (Figura 3); Se refiere al tipo de infección como respuesta observada en campo. Donde Resistente (R) es caracterizado por áreas necróticas con o sin pequeñas pústulas. Moderadamente Resistente (MR) se caracteriza por presentar pequeñas pústulas redondeadas por áreas necróticas, Moderadamente susceptible (MS) presentan estrías separadas con pústulas de tamaño medio, ninguna necrosis o clorosis permanente. Susceptible (S) estrías unidas de tamaño grande que invaden gran parte de la hoja sin presencia de necrosis

Figura 3 Escala gráfica de porcentaje de severidad y de reacción en campo de ataque de Roya Amarilla



Fuente: CIMMYT. Op.cit., p.22.

3.6.2. Componentes de rendimiento y producción. El cálculo de rendimiento y componentes de rendimiento y producción se realizaron teniendo en cuenta la metodología propuestos por el programa de agronomía del CIMMYT ⁷⁵ para la cual en la madures fisiológica del cultivo del surco central de cada parcela se cosecho las plantas comprendida en un metro lineal y se contaron el número de espigas y granos por espiga.

3.6.2.1 Número de macollas. En la madurez fisiológica del cultivo se realizó el conteo de tallos efectivos (plantas portadoras de grano por espiga). En un metro de cada surco correspondiente a un genotipo para obtener un promedio general.

3.6.2.2 Número de granos por espiga. En 10 espigas tomadas al azar de la parcela útil se contó el número de granos por espigas del tallo principal y se obtuvieron los promedios.

⁷⁵ CIMMYT . Op. Cit. p. 22p

$$\text{Granos por espiga (GPE)} = \frac{\text{numero de granos de 10 espigas}}{10}$$

3.6.2.3 Peso de 1000 granos. De la muestra recolectada de las 10 plantas de los tres surcos se tomaron dos muestras de cada tratamiento donde se conto manualmente la primera muestra de 250 granos (p1) y luego una segunda muestra también de 250 granos (p2) y se pesaron en la balanza electrónica; dos valores y el resultado se multiplico por dos obteniendo a si el peso de mil granos de acuerdo a la siguiente formula:

$$\text{Peso de mil granos (PMG)} = (P1 + P2) \times 2$$

Donde P1= Muestra 1 de 250 granos.
Donde P2= Muestra 2 de 250 granos.

3.6.2.4 Producción de grano seco (Kg/ha). Para determinar el rendimiento de grano seco en kilogramos por hectárea, se cosecho las plantas ubicadas en un metro lineal cuales después de la trilla se limpiaron, se peso y al mismo tiempo se determino la humedad del grano con el determinador de humedad Stenlite modelo SS-250 y se obtuvo el rendimiento de acuerdo a la siguiente formula ajustando al 12 % de humedad comercial.

$$\text{Producción Kg/ha} = \frac{100 - \text{Humedad actual}}{100 - \text{humedad deseada}} \times \frac{\text{peso parcela} \times 10000}{\text{área parcela útil}}$$

3. 7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Los datos obtenidos en las diferentes evaluaciones de campo, se agruparon mediante la fórmula matemática arc sen de la raíz cuadrada del porcentaje de severidad de roya y se les realizo el respectivo Análisis de varianza y en aquellos que mostraron diferencias estadísticas significativas se aplico la prueba de Tukey para cada localidad, en la etapa de llenado de grano y para la variable de rendimiento. También se realizó un análisis de varianza combinado: genotipo por localidad, para la severidad del ataque de roya amarilla, en la etapa llenado de grano y para la variable de rendimiento, con cada uno de sus componentes de rendimiento, con su prueba de comparación de significancia estadística de Tukey.

Con los promedios de ataque de roya amarilla durante la etapa de llenado de grano y el rendimiento en kg/ha, se realizó un análisis de correlación y un análisis fenotípico de medias, para determinar los genotipos promisorios por cada localidad evaluada y destacar los genotipos promisorios estables en las tres localidades.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1 ATAQUE DE LA ROYA AMARILLA (*Puccinia striiformis* W, f. Sp. Tritici) Y COMPONENTES DE RENDIMIENTO Y PRODUCCIÓN, MEDIANTE ANÁLISIS INDIVIDUAL POR CADA LOCALIDAD.

La significancia de la interacción genotipo por ambiente, implica que existe una respuesta diferencial cambiante de los genotipos a través de los ambientes, de aquí que se justifique el análisis estadístico individual para cada localidad, en donde se relacionan los efectos de genotipos en forma independiente dentro de cada ambiente, con los efectos ambientales.⁷⁶

4.1.1 Mejores genotipos por rendimiento (Kg/ha) y resistencia al ataque de roya amarilla (*Puccinia striiformis* W, f. sp. tritici) en localidad de Ipiales:

CUADRO 2. Promedios de crecimiento de ataque de roya amarilla (*Puccinia striiformis* W, f. sp. tritici) en las etapas fenológicas de macollamiento, embuchado, espigamiento y llenado de grano y componentes de rendimiento: número de macollas, granos por espiga, peso de mil granos y producción de los mejores genotipos de trigo evaluados en la localidad de Ipiales.

GEN	Promedios de crecimiento de roya amarilla, durante las etapas fenológicas del trigo, con prueba de Tukey para la etapa de llenado de grano.					Promedios de comportamiento para los componentes de rendimiento y producción, con prueba de Tukey para la variable rendimiento en Kg/ha para la localidad de Ipiales, en los genotipos de trigo evaluados.				
	MAC	EMBU	ESPI	LLEN	RC	Nº M	GPE	PMG	REND	TUKEY
L274	12,7	19,54	25,4	26,56	MR	6,76	61,33	44,64	3599	A
L156	12,7	19,54	22,8	34,89	MR	6,59	59,33	52,35	3507,3	AB
L119	16,1	20,74	24,2	25,36	MR	6,42	51,33	41,62	3415	ABC
L247	16,1	16,12	25,4	30,72	MR	6,23	56,33	49,11	3313,3	ABCD
L137	16,1	19,54	26,6	34,89	MR	6,1	55,33	40,33	3244,3	ABCDE
FL24	12,7	16,12	23	39,1	MR	5,95	54	49,36	3165	ABCDE
L44	12,7	19,54	29,5	30,72	MR	5,83	53,33	56,52	3103	ABCDEF
L118	12,7	19,54	26,6	34,89	MR	5,86	52,33	47,28	3083	ABCDEFG
L172	19,5	25,36	26,6	30,72	MR	5,69	51,33	45,03	3029	BCDEFGH
L112	12,7	19,54	25,4	30,72	MR	5,68	51,67	55,39	3022,3	BCDEFGH
L296	12,7	22,95	24,2	34,89	MR	5,62	51	54,38	2990,3	CDEFGH
L130	12,7	22,95	25,4	34,89	MR	5,56	50,33	49,66	2960,3	CDEFGH
L92	19,5	24,15	25,4	34,89	MR	5,55	50,33	49,13	2955,3	CDEFGH
FAC2	16,1	24,15	29,5	34,89	MR	5,46	49,33	53,53	2904,7	CDEFGHI

76 BASFORD, K. E. and M. COOPER. Op. Cit., p. 24.

Fuente: Esta Investigación

TUKEY Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas.

ETAPAS FISIOLÓGICAS: MAC: macollamiento, EMBU: embuchado, ESPI: espigamiento y LLEN: llenado de grano.

RESPUESTA CAMPO MR: Moderadamente resistente MS: Moderadamente susceptible S: Susceptible

COMPONENTES REND N° M: macollas por planta. GPE: granos por espiga, PMG: peso de mil granos, PROD: producción kg/ha.

El cuadro 2 muestra la expresión fenotípica de los mejores genotipos evaluados, ante el ataque de roya amarilla durante las etapas fisiológicas del cultivo y los componentes de rendimiento y producción. Permite identificar una relación inversa ante el ataque de roya y producción. Así los genotipos: L274, L156, L119 y L 247, L137, FACIACL24, L44,, L118, L172, L112, L296, L130, L92, FACIAC2 presentaron promedios de producción superiores a 2900 kg/ha, que de acuerdo a la prueba de Tukey son estadísticamente iguales y cuyos porcentajes de ataque de roya amarilla son los más bajos, registrados en la fase de llenado de grano de de 25,36 – 34.8%, catalogándose como MR, trayendo consigo los mejores promedios de rendimiento que a la vez no presentaron diferencias estadísticas marcadas de acuerdo a la prueba de significancia para rendimiento; con promedios de producción comprendidos entre 2904,7 – 3599 Kg/ha que se caracterizaron por presentar plantas con un nivel de infección bajo, entre 10 – 40 % severidad, con pocos vestigios de infección, pústulas redondeadas con clorosis y necrosis que finalmente no afectaron significativamente la producción.⁷⁷

Lo que según Roelfs⁷⁸ estos resultados se atribuyen al fenómeno de tolerancia, que se define como la habilidad de un genotipo en particular para mantener un nivel de rendimiento alto o aceptable en presencia de una enfermedad o aparentemente cuando la planta es susceptible.

Dickson⁷⁹ manifiesta que las variedades catalogadas como MR, pueden ser líneas precoces, que ayudadas por siembras tempranas y lejanas de áreas de siembra grandes pueden exhibir características de tolerancia a roya amarilla., con buenos promedios de rendimiento, dependiendo del potencial genético y del ambiente.

Los genotipos que de acuerdo al Anexo C registran una reacción de campo MS y S ante el ataque de roya amarilla con severidades de 42,8% y 63,6% registraron pérdidas del orden de 4,5% - 68,2% en comparación con el promedio departamental de producción de trigo (2500 kg/ha)⁸⁰ esto se debe posiblemente a que según Schaffer⁸¹ los genotipos evaluados no pudieron acumular fotoasimilados en el tallo, durante etapas previas a la antesis, impidiendo que sean

77 MADROÑERO, J.A. Herencia de la resistencia a la roya amarilla (*Puccinia striiformis* f sp tritici) en tres variedades de trigo. Departamento de Nariño. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas.1989. 56 p.

78 ROELFS, A. SINGH, R. and SAARI, E. A, P. Op. Cit., p. 16.

79 DICKSON. G, J. Enfermedades de los cereales de gran cultivo. Barcelona Salvat 1963. 584p.

80 BOLAÑOS, A. Op. Cit., p. 15.

81 SCHAFFER. F, Op. Cit., p. 17.

removilizados hasta el grano en formación, lo que provocó que no se pueda compensar la baja capacidad fotosintética de la hoja bandera, sujeta al estrés ocasionada por los altos porcentajes de ataque de roya amarilla, que reflejan bajos potenciales de producción, donde se realiza una comparación con promedios de otras variedades, basados en la teoría expresada por Rosas⁸² quien manifiesta que el máximo potencial genético de producción en condiciones ambientales óptimas y bajo un manejo técnico del cultivo es un parámetro útil que permite cuantificar la reducción del rendimiento causado por el ataque de roya amarilla.

En contraste el genotipo L11 (Anexo C) fue el de menor desempeño para esta localidad con un promedio de producción de 794,33 kg/ha, presentando diferencias estadísticas según la prueba de Tukey para rendimiento con respecto al genotipo L66 con una producción de 1525 kg/ha, registrando los promedios de ataque de roya más altos (63,6% y 46,6%), durante la etapa de llenado de grano, clasificándose como S, sin presentar altas diferencias estadísticas según la prueba de Tukey con respecto a esta variable, esto refleja que el genotipo evaluado no presenta genes de resistencia o tolerancia ante la severidad de ataque de roya amarilla, lo que hace que se reduzca la producción de forma significativa.

Al comparar los promedios de producción del genotipo L 11 y L 66 (794,33 y 1525 kg/ha) con el promedio de producción de trigo departamental (2500 kg/ha)⁸³, podemos afirmar que la roya amarilla, acompañada de condiciones edafoclimáticas variables, las cuales ocasionan pérdidas en estos genotipos considerados como S de 68% y 39% del total de la producción.

Confirmándose estos resultados con lo expuesto por Sañudo⁸⁴ quien afirma que la roya amarilla en variedades susceptibles, puede ocasionar pérdidas hasta del 70%, especialmente en genotipos donde la roya inicia su infección en etapas tempranas del cultivo.

Para Ipiales el porcentaje de ataque de roya amarilla, en la etapa de llenado de grano, tiene alta incidencia sobre el comportamiento productivo de los genotipos evaluados, así el genotipo L 274 (Cuadro 2) presenta el porcentaje más bajo de ataque de roya amarilla (25,56%), con una producción de 3599 Kg./ha, en contraste el genotipo L 11 (Anexo C) presenta el porcentaje de ataque de roya (63,6 %) más alto, con una producción de 794,33 Kg./ha, considerándose como el genotipo de menor desempeño agronómico.

82 ROSAS, M. V. Efecto de la mezcla varietal de ICA Yacuanquer y 2 líneas hermanas de trigo sobre el rendimiento y calidad en Nariño. Departamento de Nariño. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas.1995. 87 p.

83 BOLAÑOS, A. Op. Cit., p15.

84 SAÑUDO, B. Op. Cit., p. 18.

4.1.1.1. Ataque de la roya amarilla (*Puccinia striiformis* W, f. sp. tritici) en las etapas fenológicas del cultivo de macollamiento, embuchado, espigamiento y llenado de grano para la localidad de Ipiales:

- **Etapas de macollamiento.** En Ipiales durante esta etapa (Anexo C) los genotipos que expresaron el menor porcentaje de severidad en el ataque de roya amarilla, fueron: L274, L44, FACIA C3, L 296, L 130, L 118, L 205, L 27 y FACIA L24, con 12,7% de infección. En contraste el genotipo L11 se muestra como el genotipo más susceptible, con 34,9% de severidad, seguido por L66 con 25,4% de severidad, lo que indica que en estos genotipos existió infecciones tempranas, que inciden significativamente en el promedio de producción, que correspondió a 794,33 y 1525 kg/ha respectivamente.

Confirmándose estos resultados con lo expuesto por Arbelaez y Duque⁸⁵ quienes manifiestan que en variedades susceptibles, donde hay altos porcentajes de severidad de roya en la etapa de macollamiento, las pérdidas en el rendimiento pueden ser de hasta el 75%, en condiciones ambientales favorables.

- **Etapas de embuchado.** De acuerdo al Anexo C, se puede apreciar que el genotipo L 11 expresó el mayor porcentaje de ataque de roya con 42,8%, seguido por genotipos FACIA T8, L 41, L 49, ICA GUALMATAN, y OBONUCO SUREÑO con un promedio de ataque de roya de 30,72%, de severidad, el menor porcentaje correspondió a los genotipo L 247 y FACIA L24 con 16% de ataque durante esta etapa fenológica.

Michelena *et al*,⁸⁶ mencionan que un ataque de roya amarilla severo anterior al llenado de grano, hace que sean menos los granos colocados en posición distal, los que al ser de menor tamaño, reducen el peso de grano promedio y por tanto la producción.

- **Etapas de espigamiento.** En esta etapa, el promedio de ataque de roya amarilla, (Anexo C), muestra que el genotipo L11 presentó el mayor ataque de roya amarilla con 50%, considerándose como el más susceptible y los demás genotipos como MR (grafica 3). El ataque más bajo entre el 22 y 30% se presentó en los genotipos L 56, FACIA L24, L 296, L 119, L 274, L 247, L 130, FACIA C3, L 92, L 69, L 280, L 112, L 137, L 47, L 172, L 171, L 118, FACIA C2, L 44, L 147 y L 127. Al respecto Sarasola y Rocca de Sarasola afirman que el ataque principal y perjudicial se presenta cuando el hongo, alcanzó su mayor severidad durante la etapa de espigamiento, ya que el rendimiento se afecta alrededor del 50% porque durante esta etapa el patógeno, puede destruir parcial o totalmente los granos.

85 ARBELAEZ, C y DUQUE, J. Op. Cit., p. 13.

86 MICHELENA, A., I. ROMAGOSA., J. MARTIN, y LOPEZ. A. Influencia ambiental y varietal en diferentes parámetros de calidad y rendimiento en trigo duro. Investigación Agraria: Producción y Protección Vegetales 10(2):191-200. 1995.

Figura 4 Espigamiento y llenado de grano en la localidad de Ipiales vereda Tusandala.



Fuente: esta investigación.

- **Etapas de llenado de grano.** El análisis de varianza (Anexo H) indica que para Ipiales en la etapa de llenado de grano; los genotipos mostraron diferencias altamente significativas en el porcentaje de ataque de roya amarilla.

La comparación de promedios de ataque de roya, mediante la prueba de Tukey incluido en el Anexo C indica que los genotipos L 119 y L 274 presentan los menores porcentajes de ataque de roya amarilla con 25,36 y 26,56%, que pueden clasificarse como MR, caracterizados por ser estadísticamente iguales; pero presentan diferencias significativas con respecto a los genotipos: L 247, L 172, L 44, L FACIA C3, L 112, L 156, L47, FACIA C2, L 296, L 130, L 92, L 137, L 118, FACIA T8, L 42, L 98, L 77, L 222, L 205, L 27, L 280, L 57, L 278, L 69, L 147, L 133, ICA YACUANQUER, FACIA L 24, y L173 con 30,72 y 39,05% de severidad de roya amarilla, catalogándose como MR (Figura 3),

Un tercer grupo igual estadísticamente se integra por los genotipos L 41, L 134, L 58, L 117, L 127, L 249, L 171, L 230, L 144, L 279, L 138, OBONUCO SUREÑO, L 136, L 114, L 66 y el genotipo ICA GUALMATAN, con promedios de ataque de roya amarilla comprendidos entre 42,82 y 46,58%, catalogándose como MS, un cuarto grupo lo integra el genotipo L 102 con 50,35% de ataque de roya; finalmente se encuentra el genotipo L11, que difiere estadísticamente con los demás genotipos, al presentar el nivel más alto de roya amarilla, durante la etapa de llenado de grano con 63,57%, de severidad.

Figura 5. Etapa de madurez fisiológica en la localidad de Ipiales, vereda Tusandala.



Fuente: Esta investigación

En general Ipiales presenta un ataque de roya amarilla con promedios comprendidos entre 25,36 y 69,53 % de severidad en la etapa de llenado, resultados similares encontró Muñoz⁸⁷ quien afirma que para esta localidad, en la evaluación de líneas Colombianas de trigo se presenta un ataque de roya entre 22,52 y 69,53%, de severidad durante la formación de grano, lo que posiblemente se justifica por similitudes en condiciones ambientales y edáficas, que se presentaron durante la realización de las investigaciones y/o por la vocación agrícola de los agricultores de esta región, que ha hecho que no hayan lotes comerciales cercanos, esto ha generado disminución en las presiones del inóculo inicial de la enfermedad que ha permitido que los genotipos cultivados presenten una baja tasa de desarrollo de la enfermedad durante las etapas iniciales de cultivo en las líneas cultivadas, que no ha generado grandes variaciones en el patógeno, que han presentado baja virulencia.

87 MUÑOZ. A. En Efecto de la roya de la hoja (*Puccinia striiformis*. Rob ex Desm). En los rendimientos de seis genotipos de trigo (*Triticum aestivum*) en el altiplano de Pasto. Departamento de Nariño. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 1986. 62 p.

Similares resultados obtuvieron Guerrero *et al*⁸⁸ al evaluar la reacción natural a roya amarilla para las líneas Atacazo, Amazonas, V 16, Napo 63 y Nariño 59 en la exprovincia de Obando, donde se, presenta un promedio de infección entre 33,45 y 58% catalogándose con reacciones de campo para ataque de roya amarilla que va desde MR hasta S, que al comparar con las líneas evaluadas en esta investigación presentan promedios similares. Indicando posiblemente que el microclima y condiciones edáficas de Ipiales, permiten que los genotipos muestren todo su potencial de tolerancia ante el ataque de roya amarilla.

4.1.1.2. Componentes de rendimiento y producción para la localidad de Ipiales:

- **Número de macollas.** Los genotipos: L 274, L 156, L 119, L 247 y L 37 presentaron el mayor número de macollas por planta, por encima de 6 (Anexo C) que igualmente presentan el menor porcentaje de severidad de roya amarilla durante todo el ciclo del cultivo. Los genotipos L 66 con 2,8 y L 11 con 1,49, macollas por planta, fueron los de menor comportamiento.

En Ipiales los genotipos evaluados presentaron un buen número de macollas por planta, superior a 5, lo que según Rincón y Suárez se debe a que los suelos de esta localidad presentan una profundidad efectiva mayor de 20 cm. Lo que hizo que las raíces se desarrollaran eficientemente y con muy buena capacidad de captación de nutrientes registrando un aumento en el número de granos por espiga y número de macollas.⁸⁹

- **Número de granos por espiga.** Según el (Anexo C) se observa que L 156 y L 274 presentaron los mejores promedios con 59,3 y 61,3 granos por espiga. Los genotipos L 144, L 134 y L 66 presentaron menos de 30 granos por espiga y L 11 se muestra como el genotipo de peor comportamiento con 14,6 granos por espiga. Lo que afecta directamente el rendimiento que posiblemente se debe al alto grado de severidad en el ataque de roya amarilla que presentó esta línea durante el desarrollo de la planta, catalogándose como variedad susceptible lo que influyó en que los granos no llegaran a formarse completamente.

- **Peso de mil granos.** El Anexo C indica que los mejores genotipos corresponden a L 114, L 44 con 56,97 y 56,52 gramos. También permite identificar a las líneas L 137 y L 119 como los genotipos de menor desempeño con 40 y 41 gramos, genotipos que a la vez presentaron bajos promedios de producción, qué

88 GUERRERO, A, ORTEGA, G y VELÁSQUEZ R. Evaluación de algunas variedades de trigo y control químico de las principales enfermedades. Departamento de Nariño. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas, 1974. 74p.

89 RINCÓN, S, O, y SUÁREZ, T, A, El cultivo de trigo y de la cebada, temas de orientación agropecuaria, N° 150: 8 – 35, Colombia, 1981.

según Orjuela⁹⁰ cuando se representan ataques tempranos de roya amarilla se afecta el número de granos, mientras que en etapas de crecimiento tardías se afecta el peso del grano.

- Rendimiento en kilogramos por hectárea. El análisis de varianza (Anexo I) para la variable producción en kilogramos por hectárea, indica que hay diferencias significativas entre genotipos.

La comparación de promedios, mediante la prueba de Tukey incluido en el Anexo C permite identificar que los mejores genotipos respecto a esta variable corresponde a L 274 y L 156 con más de 3500 Kg/ha, presentado diferencias altamente significativas. Los genotipos con menor desempeño fueron L11 y L 66 con 794,3 y 1525 Kg/ha respectivamente permitiendo reafirmar que los genotipos que presentan menor ataque de roya, durante el desarrollo fenológico del cultivo muestra un comportamiento alto en la variable de rendimiento de acuerdo al potencial genético y los condiciones edafoclimáticas de la región.

CIMMYT⁹¹ afirma que son muchos los factores que condicionan el rendimiento por ello la evaluación tiene que considerar el ambiente específico en el cual se realiza el ensayo, de tal manera que los valores reflejen las posibilidades reales del genotipo según las condiciones presentes.

Para esta localidad Benavides y Paredes⁹², en su estudio de materiales promisorios de trigo, indican que las líneas cedidas por la Facia: FACIA C2, FACIA C3, FACIA T8 y FACIA L 24 presentan producciones de 4240, 4040, 3240 y 3460 Kg./ha respectivamente. Si se compara estos resultados con los promedios de producción de esta investigación que fueron de 2904, 2521, 2299 y 3165 Kg/ha. Hay una reducción que se debe a que estas líneas presentaron un ataque de roya; superior al 26% en la etapa de llenado de grano y que conjuntamente con factores edafoclimáticas cambiantes, hace que las líneas evaluadas presenten disminuciones significativas del orden de 31%, 37%, 29% y 9% respectivamente.

Confirmándose estos resultados con lo expuesto por Roelfs⁹³ quien afirma que ante condiciones ambientales favorables, como bajas temperaturas y alta humedad relativa la roya amarilla ocasiona pérdidas de hasta el 75% en el rendimiento.

90 ORJUELA, N. Op. Cit., p. 18.

91 CIMMYT. Op. Cit., p.22..

92 PAREDES, G y BENAVIDES. C. Op. Cit., p.18.

93 ROELFS A. SINGH, R. P y SAARIE. Op. Cit., p.16.

4.1.2. Mejores genotipos por rendimiento (Kg/ha) y resistencia al ataque de roya amarilla (*Puccinia striiformis* W, f. sp. tritici) en localidad de Tuquerres:

CUADRO 3. Promedios de crecimiento de ataque de roya amarilla (*Puccinia striiformis* W, f. sp. tritici) en las etapas fenológicas de macollamiento, embuchado, espigamiento y llenado de grano y componentes de rendimiento: número de macollas, granos por espiga y peso de mil granos y producción de los mejores genotipos de trigo evaluados. en la localidad de Tuquerres

GEN	Promedios de crecimiento de roya amarilla, durante las etapas fenológicas del trigo, con prueba de Tukey para la etapa de llenado de grano.					Promedios de componentes de rendimiento y producción, con prueba de Tukey para la variable rendimiento en Kg/ha para la Localidad de Tuquerres, para los genotipos de trigo evaluados.				
	MAC	EMBU	ESPI	LLEN	RC	Nº M	GPE	PMG	REND	TUKEY
L130	12,71	19,54	22,95	25,36	MR	6,93	63	69,47	3688	A
FL24	23	30,72	39,1	42,82	MR	6,07	55	60,79	3227,33	AB
L112	12,71	20,74	25,36	30,72	MR	6,02	53	60,35	3204	AB
FAC2	12,71	19,54	24,02	26,56	MR	5,97	54	59,79	3174	ABC
L138	12,71	24,15	30,72	34,89	MR	5,68	51	56,91	3021	BCD
L156	16,12	19,54	24,15	30,72	MR	5,59	50,4	55,99	2972,33	BCDE
L278	19,54	22,95	34,89	34,89	MR	5,42	49	54,34	2884,67	BCDEF
L69	16,12	24,15	25,36	34,89	MR	5,15	46,33	51,66	2742,67	BCDEFG
L144	19,54	25,36	30,72	39,05	MR	5,05	49	50,59	2685,67	BCDEFG
L92	22,95	22,95	25,36	30,72	MR	5,01	47,33	50,18	2663,67	BCDEFG
L230	19,54	25,36	34,89	39,05	MR	4,92	44,33	49,3	2617	CDEFG

Fuente: Esta Investigación

TUKEY Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas,

ETAPAS FISIOLÓGICAS: MAC: macollamiento, EMBU: embuchado, ESPI: espigamiento y LLEN: llenado de grano.

RESPUESTA CAMPO MR: Moderadamente resistente MS: Moderadamente susceptible S: Susceptible

COMPONENTES REND Nº M: macollas por planta. GPE: granos por espiga, PMG: peso de mil granos, PROD: producción kg/ha.

En el cuadro 3 para la localidad de Tuquerres, los genotipos L 130, FACIA L24, L 112 , FACIA C2, L138, L156, L278, L69, L144, L92 y L230 presentaron los mejores rendimientos con 2617 - 3688 kg/ha respectivamente, sin que se presenten diferencias estadísticas significativas (Prueba de Tukey para rendimiento) y también se caracterizan por presentar los porcentajes más bajos de ataque de roya, (25,36 - 42.8 %).

Estos genotipos presenta una reacción en campo de MR, con severidad de roya de (25,36 – 39,05%) y rendimientos entre 3688 y 2617kg/ha, superiores al

promedio nacional⁹⁴ (2100 kg/ha) de acuerdo con Roelfs⁹⁵ estos resultados se atribuyen al fenómeno de tolerancia, otorgado por que los genotipos presentan en su composición genética, genes de resistencia a la roya amarilla que les permitió mantener buenos niveles de producción sin que la infección afecte la formación de grano.

Los genotipos comprendidos entre L57 y L249 de acuerdo al Anexo D registran una reacción de campo MS y S ante el ataque de roya amarilla con severidades de 42,8% a 50,35% registran pérdidas entre el 5,5% y 63,84% en comparación con el promedio departamental de producción de trigo (2500 kg/ha)⁹⁶ debido a que según Schafer⁹⁷ los genotipos evaluados no pudieron acumular fotoasimilados en el tallo, durante etapas previas a la antesis, impidiendo que sean removilizados hasta el grano en formación.

Al respecto Sañudo⁹⁸ atribuye estos resultados a que la roya amarilla en variedades susceptibles, puede ocasionar pérdidas hasta del 70%, especialmente en genotipos donde la roya inicia su infección en etapas tempranas del cultivo como se observan en estos genotipos, cuyos porcentajes son altos desde macollamiento que superan el 25% de área foliar afectada.

4.1.2.1. Ataque de roya amarilla (*Puccinia striiformis* W, f. sp. tritici) en las etapas fenológicas de macollamiento, embuchado, espigamiento y llenado de grano, en los genotipos de trigo evaluados, en la localidad de Tuquerres:

- **Eta de macollamiento.** Los promedios de ataque de roya amarilla (Anexo 4) para Tuquerres, permite observar que los genotipos L11, L69 y L249 manifestaron el mayor ataque de roya en esta etapa fenológica; con 30,72%, 29,52% y 29,52% respectivamente, de forma contraria los genotipos con menor ataque de roya considerados como MR lo constituyen los genotipos: L 130, FACIA C3, FACIA C2, L 112 y L 138 con 12,71% (Cuadro 3). Esto posiblemente debido a que no se presentaron altos porcentajes de severidad, desde etapas iniciales del cultivo, por lo cual la enfermedad presenta una tasa de desarrollo lento⁹⁹ que permite que los genotipos lleguen a madurez de cosecha sin que afecte la formación de grano.

El desarrollo temprano de la roya amarilla durante la etapa de macollamiento probablemente afecta el número de granos, mientras que si hay infección en etapas de crecimiento tardío se afecta el peso del grano¹⁰⁰.

94 F.A.O. Op. Cit., p. 13.

95 ROELFS A. SINGH, R. P y SAARIE. Op. Cit., p.16.

96 BOLAÑOS, A. Op. Cit., p.16.

97 SCHAFFER F, Op. Cit., p.17.

98 SAÑUDO. B, Op. Cit., p.18.

99 PARLEVLIET. Op. Cit., p.23.

100 CAMPUZANO L, F. Op. Cit., p.16.

Figura 6 Macollamiento en la localiaada de Tuquerres, vereda Chalitala.



Fuente: Esta Investigación

- **Etapa de embuchado.** Los promedios de crecimiento de ataque de roya amarilla (Cuadro 3) para la etapa de embuchado, indica que los genotipos con menor severidad corresponden a L 156, FACIA C2, L 130 y L 112, con 19,54% de ataque de roya amarilla. Los genotipos con un porcentaje de ataque de roya entre 22 y 25 %; correspondieron a: L 278, L 296, FACIA C3, L 92, L 58, L 138, L 133, L 69, L 247, L 172, L 171, L 127, OBONUCO SUREÑO, L 280, L 274, L 27, L 230, L 41, FACIA T8, L 57, L 47, L 44, L119, L117, L 144 y L 118, se clasifican como MR (figura 3), así también Los genotipos que expresaron mayor porcentaje de ataque de roya corresponden a L 102 y L 249, con un porcentaje de ataque de 39,05% de severidad.

El estrés ocasionado por la severidad en el ataque de roya amarilla durante la antesis, causa el mayor detrimento en el rendimiento, que cuando ocurre después de dicha época, debido a que este carácter disminuye el número de granos, que coincide con la muerte de macollas y con el crecimiento de la espiga, etapas claves para definir el rendimiento.¹⁰¹

- **Etapa de espigamiento.** Los promedios de crecimiento de ataque de roya amarilla (Anexo D), indica, que los genotipos que expresaron bajo ataque de roya amarilla por debajo de 25 % corresponden a L 130, FACIA C2, L 156, L 112,

101 ACEVEDO, E . Op. Cit., p.24.

FACIA C3, L 278, L 58, L 92, L 296 y L 69. Los genotipos que expresaron el mayor crecimiento de roya amarilla corresponden a L 249 con 46,5% y L 66 con 50,3%, clasificándose como susceptibles, que afecta el rendimiento porque en esta etapa se establecen las espigas fértiles¹⁰²

- Etapa de llenado de grano. El análisis de varianza (Anexo J) indica que para Tuquerres en la etapa de llenado de grano; los genotipos evaluados presentaron diferencias altamente significativas en el porcentaje de ataque de roya amarilla entre genotipos.

La comparación de promedios de ataque de roya (Anexo D) en esta etapa, muestra que los genotipos: L249, L 66, L222, L279, L 44, L 98, L 77, ICA GUALMATAN, son estadísticamente iguales con un porcentaje de ataque de roya amarilla de 50,35%, caracterizados por presentar los más altos porcentajes de severidad. Estos genotipos presentan diferencias significativas con respecto al grupo comprendido entre los genotipos L136 y L137 con 46,58%. Un tercer grupo se conforma por los genotipos ubicados entre FACIA T8 y L157 con 42,82% de severidad, con una clasificación de MS, al superar el 40% de incidencia en el ataque de roya. La cuarta agrupación de genotipos lo conforman los genotipos ubicados entre L 133 y L 278 que estadísticamente son iguales con 34,89% de ataque de roya amarilla, el siguiente grupo lo conforman los genotipos L112, FACIA C3, L92, L 152 con un porcentaje de ataque de roya de 30,72%.

Los genotipos que presentan mayor resistencia ante el ataque de roya amarilla y que difieren estadísticamente con respecto a los grupos citados anteriormente se componen por FACIA C2, con 26,56% y L130, con un porcentaje de ataque de 25,36%, clasificándose de acuerdo figura 3 como MR.

Para Tuquerres el genotipo que presentó la mayor resistencia a roya, fue L130, con 25,36%, lo que permitió que desarrollara un alto potencial de producción con 3688 Kg./ha (Cuadro 3). En contraste los genotipos los genotipos L249, L 66 y L279 presentaron los ataques más altos de roya con 50,35%, con disminuciones significativas en los promedios de producción con 904, 1275 y 1309 Kg./ha respectivamente.

El promedio de ataque de roya amarilla, para la fase de llenado de grano, estimado entre: 25,36 y 50,35%, coincide con los resultados expuestos por Noguera y Ortiz¹⁰³, quienes para esta localidad reportan un ataque uniforme superior al 30% para las líneas de FACIA, con evaluaciones registradas a los 175 días a partir de la fecha de siembra, pero que permiten conservar un buen promedio de producción, superior al promedio de producción departamental.

102 ORJUELA, N. Op. Cit., p.18.

103 NOGUERA, G y ORTIZ, H. Op. Cit., p.17.,

La reducción del rendimiento ocasionado por la roya de la hoja depende de la etapa fenológica en que se alcanzó la mayor severidad, cercana al 100%. Para macollamiento se estima que ocasiona 95%, embuchado 50%, espigamiento 40% y en el llenado de grano del 10%.¹⁰⁴

4.1.2.2. Componentes de rendimiento y producción para la localidad de Tuquerres.

Los resultados de esta investigación permite corroborar que la roya lineal ataca las hojas, tallos y espigas de las plantas, por tanto afecta la composición y disponibilidad de productos fotosintéticos disponibles para el desarrollo del grano, que se traduce en la disminución de la producción por unidad de área.

- **Número de macollas.** En el Cuadro 3 se muestra que L 112, FACIA L24 y L 130 presentan el mejor número de macollas, con promedios por encima de 6 y L 249 considerado como el genotipo de menor producción de macollas con 1,7 macollas por planta.

- **Número de granos por espiga.** En el cuadro 3 se muestra que los genotipos: L 130, FACIA L24. FACIA C2 fueron los mejores genotipos para esta localidad con 63, 55 y 54 granos por espiga respectivamente, entre tanto el genotipo L 249 se considera como el de menor desempeño con 17 granos por espiga. (Anexo D)

- **Peso de mil granos.** El Cuadro 3 muestra que para Tuquerres, los mejores genotipos corresponden a L 130, FACIA L24 y L 112 con 69,47, 60,79 y 60,35 gramos respectivamente, y a L 249 como el genotipo de menor desempeño con 17,04 gramos. (Anexo D)

- **Rendimiento en kilogramos por hectárea.** El análisis de varianza (Anexo K) para la variable rendimiento en kilogramos por hectárea, indica que hay diferencias significativas entre genotipos.

La prueba de comparación de promedios de Tukey (Anexo D) permite identificar que los mejores genotipos para esta variable corresponden a L 130, FACIA L24 y L 112 con 3688, 3227 y 3204 Kg./ha, presentando diferencias significativas con respecto al genotipo de menor desempeño como L 249 con 904,6 Kg. por hectárea. Al respecto Brito y López¹⁰⁵ indican que el trigo no muestra buen comportamiento, crecimiento y producción donde los suelos son superficiales, con estructuras masivas, con horizontes inferiores endurecidos y con deficiencias de Nitrógeno y Magnesio.

104 CAMPUZANO, L. Estrategia para el manejo de roya amarilla en Nariño. Documento de trabajo. Programa de trigo, CORPOICA N° 4. 1994. 7p.

105 BRITO, R , y LOPEZ. R. el cultivo del trigo, instituto Colombiano Agropecuario, programa de cereales menores. S. K, 40

Paredes y Benavides¹⁰⁶, afirman sobre las líneas promisorias cedidas por la Facia, que bajo manejo técnico muestran producciones: FACIA C2 (4710 Kg./ha), FACIA C3 (4690 Kg./ha), FACIA T8 (4510 Kg./ha) y FACIA L24 (3780 Kg./ha), y dentro de este estudio se encontraron producciones de 3174, 1494, 2005, y 3227 Kg./ha respectivamente. Lo que indica que las líneas presentaron una reducción de 32%, 68%, 55% y 16,6% del total del rendimiento, debido posiblemente por el ataque de roya y variación de condiciones medio ambientales, confirmándose estos resultados por lo expuesto por Roelfs *et al*¹⁰⁷ quienes afirman que ante condiciones ambientales favorables, como bajas temperaturas y alta humedad relativa, se ocasionan pérdidas de hasta el 75% en el rendimiento, ocasionado por la roya estriada.

4.1.3 Mejores genotipos por rendimiento (Kg/ha) y resistencia al ataque de roya amarilla (*Puccinia striiformis* W, f. sp. tritici) en localidad de Ospina:

CUADRO 4 Promedios de crecimiento de ataque de roya amarilla (*Puccinia striiformis* W, f. sp. tritici) en las etapas fenológicas de macollamiento, embuchado, espigamiento y llenado de grano y componentes de rendimiento: número de macollas, granos por espiga y peso de mil granos y producción de los mejores genotipos de trigo evaluados en la localidad de Ospina.

GEN	Promedios de crecimiento de roya amarilla, durante las etapas fenológicas del trigo, con prueba de Tukey para la etapa de llenado de grano.					Promedios de componentes de rendimiento y producción, con prueba de Tukey para la variable rendimiento en Kg/ha para la Localidad de Ospina, para los genotipos de trigo evaluados.				
	MAC	EMBU	ESPI	LLEN	RC	Nº M	GPE	PMG	REND	TUKEY
L173	12,71	19,54	24,15	25,36	MR	5,73	51,67	57,41	3048	A
L156	12,71	24,15	26,56	30,72	MR	5,67	51,33	56,8	3015,7	A
L41	12,71	19,54	25,36	30,72	MR	5,42	48,67	54,36	2886	AB
L230	19,54	19,54	26,56	34,89	MR	5,08	46,33	50,92	2703,3	ABC
FAC2	16,12	25,36	25,36	39,05	MR	4,96	45	49,7	2638,3	ABCD
FL24	17,33	25,36	46,58	50,35	MR	4,89	44	48,97	2599,7	ABCDE

Fuente: Esta Investigación

TUKEY Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas,

ETAPAS FISIOLÓGICAS: MAC: macollamiento, EMBU: embuchado, ESPI: espigamiento y LLEN: llenado de grano.

RESPUESTA CAMPO MR: Moderadamente resistente MS: Moderadamente susceptible S: Susceptible

El cuadro 4 conserva la tendencia expresada en las localidad de Ipiales Tuquerres, donde se observa una relación inversa entre el porcentaje de severidad de ataque de roya amarilla y la producción en kg/ha, de tal forma que cuando los genotipos en su expresión fenotípica muestran mayor intensidad de

106 PAREDES, G y BENAVIDES, C. Op. Cit., p.18.

107 ROELFS A., P, SINGH, R.P y SAARI, E.E. Op. Cit., p.16.

ataque de roya amarilla, se reducen significativamente los promedios de producción.

Para la localidad de Ospina; los genotipos de mejor comportamiento correspondieron a L 156, L 173, L 41, L230, FACIA C2 y FACIA L24, los cuales presentaron el menor índice de infección y ataque por parte del hongo causante de la roya estriada, entre (25,36 – 34,89%) clasificados como MR, que a su vez les permitió expresar los mejores promedios de rendimiento, sin presentar diferencias estadísticas marcadas, de acuerdo a la prueba de significancia para rendimiento, registrando promedios de producción comprendidos entre 3048 y 2703 kg/ha.

Los genotipos clasificados como MR, con severidad de roya de 25,36 – 34,89% registran producciones entre 1961 y 3048 kg/ha, cercanos y/o superiores al promedio nacional¹⁰⁸ (2100 kg/ha) lo que según Roelfs¹⁰⁹ estos resultados se atribuyen al fenómeno de tolerancia, y/o también a que estos genotipos presentan una resistencia vertical¹¹⁰ por lo cual la infección se necroso rápidamente y la esporulación del patógeno fue mínima, que por tanto el rendimiento no se vio afectado.

Los genotipos que de acuerdo al Anexo E, registran una reacción de campo MS y S ante el ataque de roya amarilla con severidades de 42,8% y 63,6% registraron pérdidas de 21,68% - 70% en comparación con el promedio departamental de producción de trigo (2500 kg/ha)¹¹¹. Lo que se debió posiblemente a que estos genotipos presentaron altos porcentajes de roya amarilla durante el espigamiento, mayores a 30,72% lo que según Sañudo¹¹² se produjo porque durante la formación de espigas, algunos granos fueron destruidos por el hongo, afectando así el peso de mil granos y el número de granos por espiga, factores de gran incidencia sobre el rendimiento total.

Al respecto, Ortiz *et al*¹¹³ afirman que bajas temperaturas y el exceso de humedad relativa como las registradas en Ospina (Anexos 22, 23 y 24) ocasionan el aumento en el ataque de roya amarilla, corroborándose a través de esto, que la mayoría de genotipos evaluados presentaron la severidad de ataque más alta, en comparación con otras localidades.

4.1.3.1 Ataque de la roya amarilla (*Puccinia striiformis* W, f. sp. tritici) en las etapas fenológicas de macollamiento, embuchado, espigamiento y llenado de grano, en la localidad de Ospina.

108 F.A.O. Op. Cit., p.13.

109 ROELFS A.,P, SINGH,R.P y SAARI, E.E. Op. Cit., p.16.

110 BOLAÑOS, A. Op. Cit., p. 15.

111 BOLAÑOS, A. Op. Cit., p. 13.

112 SAÑUDO, B. Op. Cit., p.18.

113 ORTIZ, G, SAÑUDO, B .y BURITICA, R.: Revista de Ciencias Agrícolas (Colombia), 55 2, 1970.

- **Etapa de macollamiento.** Los promedios de ataque de roya amarilla (Anexo E), muestra a los genotipos: L 156, L 173, L 41 y L 134 como aquellos que presentaron el menor ataque con 12,7%, la mayoría de genotipos presentaron un ataque de roya entre 15 y 25%, y siendo los más atacados los genotipos ICA YACUANQUER y L 279 con un ataque de roya por encima del 25%.

- **Etapa de embuchado.** En el Anexo E se muestra que los genotipos L 173, L 230 y L 41 presentaron una severidad baja de ataque de roya entre 20 y 34% considerados como MR (figura 3) y el mayor ataque con 39% en los genotipos L 138 y L 279.

- **Etapa de espigamiento.** Para esta etapa (Anexo E) se muestra a los genotipos L 173, L 41, FACIA C2; con el menor ataque de roya (25%), entre tanto los genotipos L 249 y L 279 presentaron el mayor ataque de roya (50%) los cuales se consideran susceptibles.

- **Etapa de llenado de grano.** Según el Anexo L se presentaron diferencias altamente significativas entre genotipos, con respecto al ataque de roya amarilla.

La prueba de Tukey (Anexo E) permite conformar 4 grupos de genotipos estadísticamente iguales así: el genotipo L173, presenta el menor ataque de roya amarilla con 25, 36%. El segundo grupo se conforma por los genotipos comprendidos entre L 156 y L171, genotipos que estadísticamente son iguales, con 39,05% los cuales se clasifican como MS, el cuarto grupo presentará los más altos porcentajes de ataque de roya y que a la vez presenta diferencias altamente significativas con el primer y segundo grupo de genotipos, presentando ataques de roya amarilla 63,57% integrado por los genotipos L114 y L 44.

Los promedios de ataque de roya amarilla para esta localidad estuvieron comprendidos entre 25,33 y 63,57% que difieren con los resultados presentados por Paredes y Benavides¹¹⁴, quienes reportan en líneas promisorias de trigo para esta localidad, un ataque menor al 20% al final del ciclo del cultivo, que posiblemente se debe a condiciones climáticas cambiantes durante los años de evaluación o por modificaciones genéticas en las razas de roya presentes en el departamento de Nariño, con ruptura de la resistencia a roya amarilla en los genotipos evaluados.¹¹⁵

114 PAREDES, G y BENAVIDES, C. Op. Cit., p18..

115 CAMPUZANO, L. Op. Cit., p. 45.

Figura 7 Etapa de Madurez fisiológica en el municipio de Ospina, vereda Cunchila centro.



Fuente: Esta investigación

Dentro de esta localidad se observa que las variedades comerciales evaluadas en esta investigación, presentan ataques de roya significativos, con la consecuente disminución del rendimiento en comparación, con el promedio departamental, lo que se puede justificar con lo expuesto por Stakman y Harrar¹¹⁶ quienes afirman que uno de los problemas difíciles es el de mantener la continuidad de variedades resistentes, cuando existen cambios genéticos de las poblaciones de razas fisiológicas del patógeno, sugieren la producción de líneas isogónicas de trigo, que son aquellas que son iguales en lo que respecta a sus características agronómicas, pero difieren en su resistencia a las razas o grupo de razas de la roya.

4.1.3.2. Componentes de rendimiento y producción para la localidad de Ospina.

- **Número de macollas.** El Anexo E permite observar que L 173, L 156, L 41 y L 230 son los genotipos con mayor número de macollas por encima de 5, y los genotipos de menor producción de macollas fueron: L 66, L 136, L 114, L 44, L 247, L 138, L 279 y L 249 con menos de 2 macollas por planta.

¹¹⁶ STAKMAN, E, C, y HARRAR, G, J, Principios de patología vegetal, 2ª ED. Buenos Aires, Eudeva, 1988, 603 p,

- **Número de granos por espiga.** En el Anexo E se muestra que los genotipos L 41, L 156 y L 173 son aquellos que presentaron los mejores promedios comprendidos entre 48 y 51 granos por espiga. El genotipo L 249 con 10,6 granos por espiga; se considera como el genotipo de menor rendimiento en cuanto a esta variable.

- **Peso de mil granos.** Para esta variable el Anexo E permite identificar como los mejores genotipos a L 156 y L 173 con 58,8 Y 57,4 gramos respectivamente. El genotipo L 249 presenta el menor promedió para esta variable con 12,08 gramos.

Con respecto a los componentes de rendimiento y producción presentado por los genotipos evaluados en Ospina se puede afirmar que de acuerdo a la etapa fenológica, donde se presente el mayor ataque de roya, se afectan los componentes del rendimiento así: en la etapa de llenado de grano se afecta el peso de mil granos, pero si se registra en etapa de espigamiento se afecta el número de granos por espiga y el peso de mil granos, concordando con los resultados expuestos por Noguera y Ortiz,¹¹⁷ quienes afirman que conforme aumenta el crecimiento de la roya amarilla, se afectan consecutivamente los estados fenológicos del cultivo, con la disminución en el rendimiento.

- **Rendimiento en kilogramos por hectárea.** El análisis de varianza (Anexo M) para la variable rendimiento en kilogramos por hectárea, indica que hay diferencias significativas entre genotipos.

La prueba de comparación de promedios de Tukey incluida en el (Anexo E) permite identificar que los mejores genotipos respecto a esta variable corresponde a L 156 y L 173 con 3015 y 3048 Kg/ha, presentando diferencias altamente significativas con respecto al genotipo de menor desempeño que fue L 249 con 641,33 Kg/ha.

Los resultados obtenidos para esta investigación sugieren que las variables productivas como número de macollas, número de granos por espiga, peso de mil granos y producción en Kg/ha están influidas por las condiciones ambientales y las propiedades genéticas inherentes de cada material evaluado.

Roelfs *et al*¹¹⁸ argumentan que los bajos rendimientos presentados por L249, L274, L138 y L247 se deben generalmente a la falta de llenado de grano, pero cuando los genotipos son susceptibles al ataque de roya amarilla, antes de la etapa de macollamiento también puede afectar el número de macollas, afectando directamente el rendimiento.

117 NOGUERA, E Y ORTIZ, H. Op. Cit., p.17.

118 ROELFS A. SINGH, R. P y SAARIE. Op. Cit., p.16.

Según Benavides y Paredes¹¹⁹ que evaluaron las líneas Facia en Ospina, indican que la línea FACIA C2 presenta un promedio de rendimiento de 3500 Kg./ha, bajo condiciones de manejo agronómico técnico, cuyo porcentaje de ataque de roya amarilla fue menor al (10%), catalogándose como una línea. Lo que contrasta con los resultados de esta investigación ya que esta línea, indico una producción de 1977 Kg. /ha, (39,05 %) de severidad durante la etapa de llenado de grano catalogándose como MR lo cual posiblemente se deba a los cambios edafoclimaticos para los años de investigación y/o mutación del patógeno que ocasionó pérdidas del 43,5% en el rendimiento.

Los mismos autores señalan que FACIA C3, FACIA L24 y FACIA T8, registran producciones de 3260, 2950 y 2920 Kg./ha bajo manejo técnico. Dentro de esta investigación se encontró que estas líneas produjeron 2638, 1330 y 1433 Kg./ha respectivamente, líneas en las cuales la roya amarilla puede ocasionar pérdidas del 20%, 55% y 50,2% respectivamente ya que presentaron porcentajes de severidad de roya entre (34.89 – 50.35 %) durante la fase de llenado de grano.

4.2. ATAQUE DE LA ROYA AMARILLA (*PUCCINIA STRIIFORMIS* W, F. SP. TRITICI) Y COMPONENTES DE PRODUCCIÓN PARA LOS MEJORES GENOTIPOS EN LA INTERACCIÓN GENOTIPO POR LOCALIDAD (GXL).

La interacción genotipo por ambiente, entendida como el cambio del comportamiento diferencial de genotipos a través de condiciones ambientales, es el factor más importante que ha obligado la generación de diferentes metodologías de mejoramiento genético en la alternancia de diferentes ambientes de selección de germoplasma y para el establecimiento de ensayos uniformes que persiguen la obtención de genotipos estables.¹²⁰

Los resultados del análisis combinado de varianza, dejan en evidencia que el estudio de la interacción genotipo por localidad (GxL) es de alta relevancia para el mejoramiento, toda vez que su presencia en las etapas de selección y evaluación de genotipos modifican el comportamiento de los materiales genéticos.¹²¹

119 PAREDES ,G y BENAVIDES, C. Op. Cit., p.18.

120 TAI G C.. Genotypic stability analysis and its application on potato regional trials. Crop Sci. 11:184-190. 1971.

121 PERKINGS, J.M. y J.L. JINKS. 1968. Environmental and genotype- environmental components of variability variance. III. Multiple lines and crosses. Heredity 23:339-356.

Cuadro 5. Promedios de crecimiento de ataque de roya amarilla (*Puccinia striiformis* W, f. sp. tritici) en las etapas fenológicas de macollamiento, embuchado, espigamiento y llenado de grano y componentes de rendimiento: número de macollas, granos por espiga y peso de mil granos y producción para l en los mejores genotipos de trigo evaluados en la interacción Genotipo por Localidad GXL

GEN	Promedios de crecimiento de roya amarilla, durante las etapas fenológicas del trigo, con prueba de Tukey para la etapa de llenado de grano.					Promedios de componentes de rendimiento y producción, con prueba de Tukey para la variable rendimiento en Kg/ha para los mejores genotipos de trigo evaluados en la interacción Genotipo por Localidad.				
	MAC	EMBU	ESPI	LLEN	RC	Nº M	GPE	PMG	REND	TUKEY
L156	13,85	21,08	24,51	30,72	MR	5,95	53,83	55,06	3165,11	A
FL24	17,66	24,07	36,19	44,07	MR	5,63	51,01	53,04	2997,33	AB
FAC2	14,99	23,02	26,3	33,5	MR	5,46	49,39	54,34	2905,67	AB
L112	16,52	21,48	27,15	34,75	MR	5,18	46,34	51,35	2753,11	BCD
L130	14,99	22,61	27,73	34,35	MR	5,17	46,91	49,8	2751,89	BCD
L230	19,54	23,02	30,72	38,92	MR	4,92	43,76	49,08	2618,11	BCD
L41	18,06	25,21	33,1	37,53	MR	4,74	42,83	50,08	2523,22	DEF

Fuente: Esta Investigación

TUKEY Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas,

ETAPAS FISIOLÓGICAS: MAC: macollamiento, EMBU: embuchado, ESPI: espigamiento y LLEN: llenado de grano.

RESPUESTA CAMPO MR: Moderadamente resistente MS: Moderadamente susceptible S: Susceptible

COMPONENTES REND Nº M: macollas por planta. GPE: granos por espiga, PMG: peso de mil granos, PROD: producción kg/ha.

En Colombia existe poca información con respecto al efecto de las royas sobre el rendimiento de grano del trigo y aun es más escasa para la roya amarilla, sin embargo se afirma que puede alcanzar el 100 % de severidad en algunas variedades de trigo sembrado comercialmente.¹²²

El cuadro 5 muestra el crecimiento del ataque de roya amarilla y los promedios de producción para la interacción GXL en los mejores genotipos donde se conserva la tendencia de una relación inversa entre el ataque de roya amarilla y producción, observado en el análisis individual por cada localidad.

Los mejores genotipos para la interacción GXL, con una severidad de ataque de roya amarilla de (30,72 – 44,07%), son FACIA C2, L 112, L130 y L230 (Anexo F) que estadísticamente son iguales, con promedios de producción superiores a 2600 kg/ha (Cuadro 5), lo que constituye una estrategia eficiente en trigo para la obtención de variedades con amplia adaptación

¹²² NOGUERA, E. Y ORTIZ, H. Op. Cit., p.17.

Estos resultados se atribuyen a la composición genética de los diferentes genotipos y a las condiciones ambientales presentadas en las localidades de evaluación que hicieron que los genotipos mencionados anteriormente presenten los mejores promedios de producción y los niveles mas altos de tolerancia a roya amarilla.

Lo anterior concuerda con los trabajos realizados por Zapata y García¹²³, en híbridos de trigo promisorios para Colombia quienes afirman que las condiciones ambientales favorables y la adaptación de los genotipos ayudan a la expresión del potencial genético, que para este estudio se consideraría como la resistencia a roya amarilla y los promedios de rendimiento.

Los genotipos consignados en el Cuadro 5 registran producciones entre 3165 y 2523 kg/ha, superiores al promedio nacional (2100 kg/ha)¹²⁴ lo que según Roelfs *et al*¹²⁵ estos resultados se atribuyen al fenómeno de tolerancia, que se define como la habilidad de un genotipo en particular para mantener un nivel de rendimiento alto o aceptable en presencia de una enfermedad o aparentemente cuando la planta es susceptible.

Dickson¹²⁶ Manifiesta que las variedades con porcentajes de roya amarilla menor a 45% de severidad, pueden ser líneas precoces, que ayudadas por siembras tempranas y lejanas de áreas de siembra grandes pueden exhibir características de tolerancia a roya amarilla, con buenos promedios de rendimiento, dependiendo del potencial genético y del ambiente.

Los genotipos considerados como MR se caracterizaron por presentar pústulas redondeadas con necrosis y clorosis en la punta de la hoja y con tasas de infección bajas, lo que según Dick¹²⁷, podría sugerir la presencia del gen Lr34, en combinación con los genes Lr12 y Lr13 que confieren resistencia durable a roya estriada de la hoja. Además Zapata *et al*¹²⁸ afirman que en términos generales se encuentra que la resistencia se hereda como carácter dominante, aunque ocurren casos de herencia recesiva.

Los genotipos que de acuerdo al Anexo F se clasifican como MS y S ante el ataque de roya amarilla con 41,43% y 53,5% registran pérdidas del orden de 10% - 53% en comparación con el promedio departamental de producción de trigo (2500 kg/ha)¹²⁹ debido a que según Schaffer¹³⁰ los genotipos evaluados no pudieron acumular fotoasimilados en el tallo, durante etapas previas a la antesis,

123 ZAPATA, B.M, GARCÍA, A,L y REYES, A, R, Híbridos de trigo promisorios para Colombia, agricultura Tropical, (Colombia) 661- 671, 1975.

124 F.A.O. Op. Cit., p.13p.

125 ROELFS, A. SINGH, R. and SAARI, E. Op. Cit., p.16.

126 DICKSON, A. Op. Cit., p.34p.

127 DICK, P,L Genetics of adult-plant leaf rust resistance in "sturdy" Whearts Crop science Orlando E.E.U.UC 10 (3): 309- 311 1991

128 ZAPATA, B. GARCÍA, A. y REYES, A. Ibid, p 53..

129BOLAÑOS, A. Op. Cit., p. 15.

130SCHAFER, F Op. Cit., p.17..

impidiendo que sean removilizados hasta el grano en formación, lo que provocó que no se puedan compensar la baja capacidad fotosintética de la hoja bandera, sujeta al estrés ocasionada por los altos porcentajes de ataque de roya amarilla, que reflejan bajos potenciales de producción.

Los resultados obtenidos dentro de esta investigación, indican una expresión genotípica diferente en cada localidad, lo cual permite afirmar que el genotipo L11 fue quien mostró el mayor ataque de roya en las cuatro etapas fenológicas evaluadas, pasando de la categoría MR en macollamiento y embuchado a S en las etapas de espigamiento y llenado (Anexo F).

Para FACIA L24 el análisis de la interacción GXL refleja un buen potencial de producción (2997 kg/ha), pero con tasas de ataque de la enfermedad altas (44,07%) para la etapa final del cultivo, clasificándose como MS, lo que sugiere que FACIA L24 fenotípicamente puede mostrar altos porcentajes de severidad a nivel de ataque foliar, pero tiene un desarrollo lento de la enfermedad que hace que no afecte la producción de macollas y espigas, que además no afecta la formación de grano, aspectos que se observan reflejados en el buen potencial de rendimiento, dominado a nivel genético.

En contraste los genotipos L11 y L 114 (Anexo F) presentan ataques de roya amarilla de 52,24 y 53,5%, registrando los promedios más bajos de producción con 1188 y 1590 Kg./ha, que estadísticamente según la prueba de Tukey son iguales para las localidades evaluadas a través de la interacción GXL.

Al respecto Bolaños¹³¹ señala que la expresión de la resistencia a roya amarilla en numerosos genotipos en un ambiente heterogéneo, refleja que los diferentes genotipos superiores o inferiores, resistentes o susceptibles en las diferentes localidades, varíen su comportamiento en diferentes años de evaluación y en diferentes épocas de siembra o en los dos.

Benavides y Paredes dentro de su estudio de evaluación de materiales promisorios de trigo, para 6 localidades muestran que las líneas de la Facia, de acuerdo al análisis de estabilidad de Eberhart y Russell, presentaron promedios de producción así: FACIA C2 (3500 Kg./ha), FACIA C3 (2360 Kg./ha) FACIA T8 (2840 Kg./ha) y FACIA L24 (2920 Kg./ha) considerándose como MR con una severidad menor del 20%. Dentro de esta investigación estas líneas produjeron 2905, 1700, 2005 y 2997 Kg./ha respectivamente con severidad en el ataque de roya superior al (30%). Mostrando reducciones significativas, que se pueden atribuir en gran porcentaje al ataque de roya amarilla.

131 BOLAÑOS, A. Op. Cit., p. 15.

Con respecto a las variedades comerciales evaluadas Bolaños.¹³² Manifiesta que la variedad ICA YACUANQUER presenta rendimientos de 5000 kg/ha, con excelentes características agronómicas, y considerada como MS ante el ataque de roya amarilla. El análisis combinado GXL muestra a esta variedad con promedio de producción de 2046 Kg./ha, igualmente catalogada como MS. Si se compara el rendimiento obtenido en esta investigación con el manifestado por Bolaños se puede apreciar pérdidas 59%, ocasionado por la variación de condiciones edafoclimáticas y/o por el ataque de roya amarilla, como principal problema fitopatológico.

Según Bolaños: la variedad ICA GUALMATAN tiene moderada susceptibilidad a roya, con rendimientos de 2500 a 6500 Kg./ha. Dentro de esta investigación el análisis GXL muestra que esta variedad presenta promedio de 1665 Kg./ha, registrando pérdidas del orden de 33 – 74 %.

Para la variedad OBONUCO SUREÑO, Bolaños manifiesta que presenta resistencia a roya amarilla, cuyos rendimientos oscilan de 2500 – 8000 Kg./ha. Los resultados de esta investigación muestran que presenta un ataque de roya del 44%, catalogándose como MS y que presenta un promedio de producción de 1945 Kg. /ha, registrando pérdidas del orden del 50%.

Según Sañudo¹³³, las pérdidas de producción se pueden justificar por las variaciones en las condiciones edafoclimáticas, acompañado posiblemente por un cambio en las razas de roya amarilla, que puedan romper la resistencia que presentaban estas variedades, que fueron liberadas en 1991.

De acuerdo con los resultados expuestos, se puede afirmar que las diferencias de severidad en los diferentes genotipos, especialmente los que mostraron susceptibilidad, se deban a factores genéticos, los cuales permiten diversos grados de ataque foliar¹³⁴.

4.2.1. Ataque de la roya amarilla (*Puccinia striiformis* W, f. sp. tritici) en las etapas fenológicas de macollamiento, embuchado, espigamiento y llenado de grano, para los genotipos de trigo evaluados a través de la interacción genotipo por localidad GXL:

- **Etapa de macollamiento GXL.** El cuadro de comparación de promedios de crecimiento de ataque de roya para la interacción GXL (Anexo F), muestra al genotipo L 11, con el mayor porcentaje ataque con (30,32%) seguido de los genotipos: L 114, L 66, L 249, L 102, ICA GUALMATAN, L 114, FACIA T8, L 117, ICA YACUANQUER, L 171 y L 222 con porcentaje de roya comprendidos entre

132 BOLAÑOS, A Op. Cit., p. 13.

133 SAÑUDO, B. Op CIT p 17.

134 MUÑOZ, F. Op CIT p 17.

25,94 y 22,21%). Entre los genotipos con los menores porcentajes de ataque; se pueden mencionar a L 130, FACIA C2, FACIA C3 con 14,9% y L 156 con 13,8 % de severidad.

- **Etapa de embuchado GXL.** El cuadro de promedios de crecimiento en el ataque de roya amarilla para la interacción GXL (cuadro 5) indica que L156 y FAC3 presentaron el menor porcentaje de ataque de roya con (21%). Entre tanto los genotipos L279 y L11 son los que presentaron el mayor porcentaje en el ataque de roya, para la etapa de embuchado, con (34,89 y 35,74%) de severidad respectivamente. (Anexo F)

- **Etapa de espigamiento GXL.** Para esta etapa el genotipo L 156, presentó el menor porcentaje de ataque de roya amarilla con (24,5%) con respecto a L 11, L 279, L 249 y L 66 que se caracterizaron por presentar los mayores porcentajes de severidad, por encima de (41%). (Anexo F)

- **Etapa de llenado de grano GXL.** El análisis de varianza (Anexo N) para ataque de roya amarilla en la etapa de llenado en la interacción GXL, indica que existen diferencias altamente significativas entre genotipos, localidades y para la interacción genotipo por localidad

La prueba de Tukey, (cuadro 5) permite identificar al genotipo L 156 con el menor porcentaje de ataque de roya amarilla con (30,72%), seguidos por los genotipos FACIA C2 y FACIA C3 con 32,11 y 33,5% respectivamente, sin presentar diferencias estadísticas con los 130 y L112 con (34,35 y 34,75%) de ataque; clasificándose como MR presentando diferencias altamente significativas con respecto a los genotipos L 11 y L 114 con un porcentaje por encima de (50 %) de severidad para esta etapa. (Anexo F)

La comparación de promedios de ataque de roya amarilla (figura 8) mediante la prueba de Tukey, indica que hay diferencias altamente significativas entre localidades, donde Ipiales presentó el menor porcentaje de ataque de roya, con respecto a Tuquerres y Ospina, las que presentaron el mayor porcentaje de ataque de roya con (41 y 44 %) de severidad respectivamente. Lo que posiblemente se debe a que esta localidad por presentar mayores áreas de siembra, con variedades tradicionales y susceptibles aumentaron la presión de inoculó inicial del patógeno.

Sumado a esto según los análisis de suelos (Anexo A) muestran que para la localidad de Ospina hay menor contenido de nutrientes, con mayor compactación de suelos indicado por la densidad aparente, ocasionado por los fenómenos de erosión, determinaron que el suelo presenta menor disponibilidad de nutrientes, que hacen que los genotipos de trigo evaluados sean más susceptibles ante el

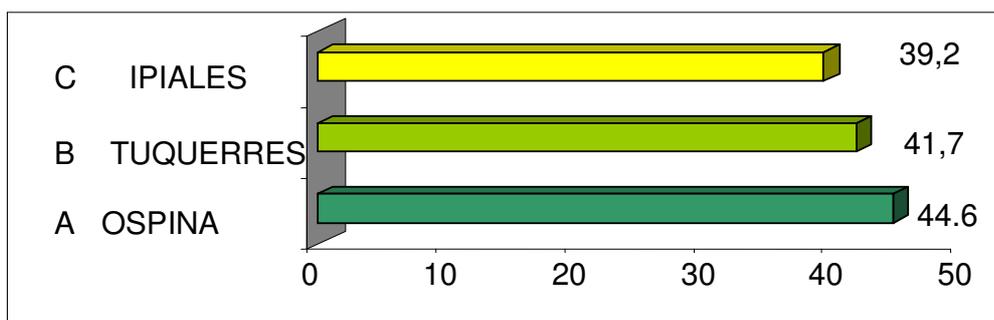
ataque de patógenos. Sumado a lo expuesto por Sañudo¹³⁵ quien manifiesta que la roya amarilla se manifiesta con mayor severidad sobre los 2700 msnm, ocasionando pérdidas económicas en la producción, lo que posiblemente justifique que Ospina registre los mayores promedios de ataque de roya, en los genotipos evaluados.

Uno de los factores que puede influir en que ipiales presentara el menor promedio de severidad de roya es que el ensayo se realizó, en lotes cercanos a la ciudad, ante lo cual Van der Plank,¹³⁶ afirma que la roya amarilla es sensible a la luz ultravioleta y a la contaminación atmosférica, que afecta la supervivencia del patógeno.

Los resultados anteriormente expuestos; indican que el comportamiento de cada material esta influenciado por el ambiente como de igual manera por su expresión genotípica, siendo esta diferente de acuerdo con los ambientes, lo que permite afirmar la existencia de características genotípicas también diferentes.

Villena¹³⁷ permite confirmar los resultados, ya que afirma que cuando se prueban materiales sobre un número de localidades, el ordenamiento relativo de una variedad o línea varía de una localidad a otra y por ello resulta difícil demostrar que variedad es superior.

Figura 8 Prueba de comparación de promedios por Tukey para la variable ataque de roya amarilla, durante la etapa de llenado de grano por localidades.



Teniendo en cuenta las diferentes respuesta de los genotipos frente al ataque de roya y las tres áreas agro ecológicas en donde se desarrolló la investigación se puede afirmar que quizás existen espacios claramente delimitados, en donde

135 SAÑUDO, B. Op. Cit., p.18.

136 VAN der PLANK J, E. Op. Cit., p.22.

137 VILLENA, W. Análisis de datos a través de medio ambientes, subgerencia de investigaciones y transferencia. División de cultivos anuales, Programa de cereales menores. ICA. Bogota-Colombia. 1989. 28 p.

interactúan variables agro físicas como el clima, geomorfología, material parental y suelos; poco modificables a corto o mediano plazo que influyen en el desempeño del proceso de producción de cultivos¹³⁸, que hace que la severidad del ataque de roya, ocasione perdidas superiores al 50% de la producción, en comparación con los resultados expuestos por Noguera y Ortiz, quienes afirman que en condiciones optimas y bajo un adecuado manejo técnico , el trigo en estas localidades presenta promedios de producción superiores a 4 tn/ha.¹³⁹

4.2.2. Variables productivas analizadas a través de la Interacción Genotipo por localidad (GXL). Campusano¹⁴⁰ afirma que los componentes de rendimiento tienden a compensarse entre ellos; debido a condiciones desfavorables, dicho componente depende de las características genéticas de cada genotipo, dependiendo de las condiciones ambientales y disponibilidad de humedad.

Confirmándose con esto que el rendimiento es un carácter complejo que resulta de la interacción de muchos caracteres primarios de la planta entre si y de estos caracteres con el medio ambiente.

La significancia de la interacción genotipo por ambiente, implica que existe una respuesta diferencial cambiante de los genotipos a través de los ambientes.¹⁴¹

4.2.2.1. Número de macollas por planta localidad GXL. El análisis de varianza (Anexo N) para la interacción GXL. Indica que hay diferencias altamente significativas entre genotipos, entre localidades y para su interacción. Estos resultados, pueden ser explicados por las diferentes condiciones climáticas que predominaron en los ensayos, donde hay variaciones significativas entre temperatura, precipitación y humedad relativa. Ver anexos N^o U, V y W.

La prueba de comparación de promedios (Anexo G) indica que el número de macollas estuvieron comprendidas entre 2,24 y 5,95 por planta, correspondiendo el menor promedio a L 11 quien muestra diferencias significativas con relación a los demás genotipos evaluados, se observa además que el mayor promedio lo obtuvo el genotipo L 156 quien fue el genotipo que mostró mejor comportamiento frente a los 48 genotipos con 5,95 macollas, que además presenta los niveles más bajos de severidad en el ataque de roya amarilla.

Se sabe que además de la influencia del ataque de roya amarilla en la producción de macollas, existen otros factores como lo citan Castillo y Santibáñez¹⁴², quienes afirman que el número de macollas, esta determinado por la independencia de la

138 INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. Informe anual, 1991. Pasto, Colombia, ICA, p 79.

139 NOGUERA, E. Y ORTIZ, H. Op. Cit., p.17.

140 CAMPUZANO, L. Op. Cit., p. 45.

141 SAÑUDO B, y BETANCOURTH, C. Op. Cit., p.14.

142 CASTILLO, H. y SANTIBÁÑEZ, F. 1997. Efecto de la temperatura sobre la fenología del trigo. En Revista Agricultura Técnica, Chile No 47 Vol. 1, p 29-34 1997

temperatura sobre la tasa de desarrollo y crecimiento. Teniendo en cuenta esta variable se puede afirmar que fue determinante por lo cual la localidad de Ipiales presentó el promedio más alto de temperatura (Anexo V) con 15°C frente a Tuquerres y Ospina con 12° C.

La prueba de comparación de promedios mediante la prueba de Tukey para las localidades evaluadas dentro de esta investigación indica que Ipiales mostró mejor producción de macollas en promedio 4,81 frente a Tuquerres y Ospina, con valores inferiores; 4, 07 y 3,13 (Anexo R)

Se conoce que la capacidad de macollamiento esta mas influenciada por temperatura, precipitación y por el contenido nutricional especialmente del contenido de fósforo aprovechable o aplicado en el suelo, Sin embargo, el análisis de suelo para cada una de las localidades indica que Tuquerres posee el mayor contenido de P frente a Ospina e Ipiales.

Lo que posiblemente se justifica con el hecho de los suelos pertenecientes a esta localidad han sido altamente deteriorados por factores de erosión, especialmente ocasionados por la mala aplicación de arados de disco, que han volteado horizontes, ocasionando la fijación de Fósforo, por la acumulación de Al, registrándose en el Anexo A al mirar los niveles de pH.

4.2.2.2. Número de granos por espiga interacción GXL. El análisis de varianza (Anexo O) para la interacción GXL para esta variable indica que hay diferencias altamente significativas entre genotipos, localidades y su interacción.

En la prueba de comparación de promedios (Anexo G) se observa que los genotipos: L 156, y FACIA L24 presentaron los mejores promedios por encima de 50 granos por espiga, respecto a los genotipos L 249, L 279, L 66 y L 11 con menos de 23 granos por espiga.

El número de granos puede estar afectado por la alta temperatura y fotoperíodos más largos, especialmente en la etapa de crecimiento de la espiga, también a fallas de polinización por los abortos o reabsorción de granos jóvenes por efectos dañantes de estrés, por ejemplo humedad relativa o alta severidad en el ataque de roya amarilla durante la etapa de llenado de grano.¹⁴³

Al respecto Castro y Sañudo¹⁴⁴ argumentan que el número de granos por espiga se puede ver afectado por los problemas de fertilidad de suelos de ladera, donde la erosión es intensa. Basados en esto, se puede inferir que quizás los mayores

143 NEBREDA, I. y PARODI, P. Interacción genotipo por medio ambiente en *Triticum* spp. Ciencia e Investigación Agraria 3(2):91-97. 1976

144 CASTRO E. y SAÑUDO, B. Principales enfermedades que afectan el trigo En: Curso de actualización en cereales menores para ingenieros agrónomos en Nariño. Federación Nacional de cultivadores de cereales FENALCE. 136 p. 1985
79 CAMPUZANO, L. Op. Cit., p. 45.

contenidos de boro en la localidad Ipiales (0,21ppm) frente a Tuquerres y Ospina (0,1 ppm), influyeron en la producción final de granos por espiga.

La prueba de comparación de promedios de Tukey (Anexo R) para localidades indica que Ipiales supera a las localidades de Tuquerres y Ospina, presentando diferencias estadísticas representativas con promedio de 49,34 granos por espiga, seguido de Tuquerres que presenta también diferencias significativas con respecto a Ipiales y Tuquerres con 43,55 y finalmente se encuentra Ospina, con el menor promedio, que igualmente se diferencia estadísticamente con respecto a las anteriores localidades con, 36,78 granos por espiga.

Los resultados obtenidos se deben quizás a que nuestra región se caracteriza por tener particularidades edafoclimáticas que tornan inestable la producción de trigo, por la fluctuación de temperaturas y precipitaciones, suelos con baja capacidad de almacenamiento de agua, por presentar estructuras arenosas, con bajo contenido de materia orgánica y fósforo, donde se presentaron diferentes respuestas en el número de granos por espiga en cada uno de los genotipos evaluados.

Al respecto Sañudo¹⁴⁵ afirma que el ataque de roya, presentado al final del ciclo del cultivo, hace que los diferentes órganos afectados presenten pústulas de color negro, que corresponden al estado de telia del hongo, lo cual implica disminuciones significativas en el rendimiento, hasta del 75% del total de la producción, por lo cual Ospina que presentó el mayor porcentaje de ataque de roya amarilla, también presentó el menor número de granos por espiga.

4.2.2.3. Peso de mil granos para la interacción genotipo por localidad GXL. El análisis de varianza (Anexo P) para la variable peso de mil granos indica que hay diferencias significativas entre genotipos, localidades y su interacción.

El Anexo G permite identificar que los mejores genotipos para esta variable fueron L 156 y FACIA C2 con 55 Y 54 gramos respectivamente, diferenciándose con respecto a L 279 y L 249 con menos de 30 gramos, considerados como los genotipos de menor desempeño.

Al respecto Acevedo¹⁴⁶ menciona que las fuertes precipitaciones en la época de formación y llenado de grano hacen que se presenten bajos pesos en 1000 granos, por lo cual Tuquerres presentó el más alto nivel de precipitación (Anexo U), lo cual sugiere una baja en el peso de mil granos como componente principal de rendimiento.

145 SAÑUDO, B, Op. Cit., p.18.

146 ACEVEDO, A, Op. Cit., p. 24.

La prueba de comparación de promedios (Anexo R) para localidades indica que Ipiales supera a las localidades de Tuquerres y Ospina, mostrando el mayor peso de mil granos correspondiente a 49,34 gramos.

Narváez y Guancha¹⁴⁷ afirman que al evaluar diferentes materiales bajo diferentes condiciones edafoclimáticas, registraron el mayor peso en el genotipo FACIAT8, explican que esto se debe a la interacción de factores ambientales y las características genéticas de los materiales. Lo anterior es confirmado también por Villena¹⁴⁸ quien afirma que cuando se prueban variedades sobre un número de localidades, el ordenamiento relativo de estas variedades varía de una localidad a otra y que por ello resulta demostrar la superioridad de un material sobre otro.

Rosas, M¹⁴⁹ menciona que las fuertes precipitaciones en la época de formación y llenado de grano hacen que se presenten los bajos pesos en 1000 granos, por lo cual Tuquerres (Anexo U) presentó el más alto nivel de precipitación, lo cual sugiere una baja en el peso de mil granos como componente principal de rendimiento. Estos resultados, pueden ser explicados por las diferentes condiciones climáticas que predominaron en los ensayos. Ver anexos U, V, W.

El mismo autor¹⁵⁰ afirma que la variable peso de 1000 granos es la que más influye en el rendimiento por lo que mencionan que se pueden seleccionar materiales de buen rendimiento teniendo en cuenta el peso de 1000 granos, el número de macollas y la expresión fenotípica de la línea ante el ataque de la enfermedades especialmente la roya amarilla, las demás variables son características genéticas que se ven afectadas por suelos y clima.

Confirmándose estos resultados con lo expuesto por Mela¹⁵¹ quien afirma que la capacidad de macollamiento, número de granos por espiga, peso de mil granos y rendimiento son características genéticas que se deben tener en cuenta en las variedades comerciales, sin embargo, estas características agronómicas dependen de las densidades de siembra, así como de la humedad relativa, temperatura, precipitación, fertilidad del suelo y carga genética.

4.2.2.4. Rendimiento en kilogramos por hectárea para la interacción genotipo por localidad. El análisis de varianza (Anexo Q) para la variable kilogramos por hectárea, indica que hay diferencias significativas entre genotipos, localidades y su interacción.

147 NARVAEZ, A y GUANCHA, R.. Evaluación de material promisorio de trigo semienano en cuatro municipios de Nariño. Pasto. Colombia, Tesis de grado Ingeniero Agronomo, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 83 p. 2001

148 VILLENNA, W, Op. Cit., p.57.

149 ROSAS, M. V. Op. Cit., p. 35.

150 ROSAS, M. Ibid, p 62

151 MELA, P, Cultivos de secano, ediciones agro ciencia, tomo I, Zaragoza, España, 1997. 576 P.,

La prueba de Tukey (Anexo G) permite identificar que los mejores genotipos respecto a esta variable son L 156, FACIA L24 y FACIA C2 con más de 2900 kg/ha, presentando diferencias estadísticas con respecto a genotipos de menor desempeño como: L 249, L 66 y L 11 con menos de (1300 kg/ha).

Las diferencias en altura, precipitación, corrientes de aire, temperatura, suelos, presentadas en cada una de las localidades estudiadas, crearon diferentes microclimas los que posiblemente influyeron en el comportamiento de los genotipos ante el ataque de roya amarilla, es por ello que no se pueden proporcionar recomendaciones específicas sobre el mejor genotipo con base en los resultados obtenidos debido a que haría pensar en que los genotipos son estables en diferentes ambientes.¹⁵²

La prueba de comparación de promedios para la variable rendimiento en kilogramos de grano seco por hectárea, para localidades evaluadas (Anexo R), indica que Ipiales supera a Tuquerres y Ospina, con diferencias altamente significativas, mostrando el mayor promedio de producción con 2560 Kg. por hectárea con respecto a Tuquerres 2153Kg/ha y Ospina con el menor promedio de producción con 1668 kg/ha.

Corroborándose estos datos con lo expuesto por Fisher¹⁵³ quien afirma que la tolerancia a factores ambientales desfavorables como el clima, suelo y patógenos causa grandes variaciones en el rendimiento de trigo, ya que ciertas variedades están adaptadas a condiciones edafoclimáticas adversas y presentan tolerancia al ataque de patógenos con buenos rendimientos.

La localidad Ospina presentó el más bajo rendimiento, lo que se debió quizás a los bajos niveles de disponibilidad de nutrientes ocasionados por el deterioro del suelo y menor disponibilidad de nutrientes, (Anexo A); sumado a los altos porcentajes de severidad de ataque de roya amarilla con un promedio de 44,6% de severidad en los genotipos

El mejor rendimiento presentado en la localidad de Ipiales se debió quizás a que esta zona presentó mejores condiciones medio ambientales especialmente la precipitación mensual promedio de 45 mm en Ipiales; frente a 52 mm en Tuquerres, y una alta precipitación en Ospina 74 mm; además una mayor altura sobre el nivel del mar que permitió mejores condiciones, al respecto Arcos y Revelo¹⁵⁴ afirman que existe mayor actividad fisiológica de las plantas en regiones de mayor altura, la cual favorece la producción final.

152 CASTRO E. y SAÑUDO, B. Op. Cit., p.59.

155 FISHER. A.. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines, 1980, 129-154. 1983

156 ARCOS N. Y REVELO, J. Comportamiento de diez genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L) en el Municipio de Arboleda. Departamento de Nariño. Tesis ing. Agr. Pasto, Colombia. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. 1988.66p.

5. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN Y MODELO FENOTÍPICO DE MEDIAS

Se realiza con el fin de observar la correlación de una variable, al afectar las demás variables, el análisis fenotípico de medias permite determinar los genotipos superiores e inferiores estadísticamente, de acuerdo a las características agronómicas deseadas.

5.1 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN Y MODELO FENOTÍPICO DE MEDIAS PARA EL PORCENTAJE DE ATAQUE DE ROYA AMARILLA.

El análisis de correlación (Anexo S) entre los porcentajes de ataque de roya amarilla y los componentes de rendimiento y producción obtuvo una significancia del 95% con las variables: número de macollas por planta (0,74), granos por espiga (0,73), peso de mil granos (0,61) y rendimiento por hectárea (0,74).

“Si interesa aumentar la expresión del carácter, se destacan los genotipos y los ambientes con valores positivos más grandes, así como las interacciones con valores positivos más grandes. Si se busca disminuir la expresión del rasgo, se destacan los genotipos ambientales e interacciones con valores negativos más altos”¹⁵⁵.

La correlación negativa significa que entre más alto sea el porcentaje de ataque de roya amarilla, los genotipos presentarán una reducción de los componentes de rendimiento y producción, afectando significativamente el rendimiento por unidad de área.

Estos coeficientes transformados a coeficientes de determinación ($r^2 \times 100$) expresan que el porcentaje de incidencia de roya amarilla afecta en un 54,76% la producción de macollas por planta; en un 53,29% el número de granos por espiga, en un 37,21% la variable peso de mil granos y el rendimiento en 54,76%.

En el Anexo T, Tabla 1, del modelo fenotípico de medias, las líneas que tienen el valor más alto de g (Efecto genético en los tres ambientes) en su orden de mayor a menor son las líneas L66, L 102, L44, L279, L249 e ICA GUALMATAN.

Esto quiere decir que las líneas mencionadas anteriormente al tener el valor positivo más alto son las líneas más susceptibles ante el ataque de roya amarilla y la localidad de Ospina tiene el valor de e (Anexo T, Tabla 1) positivo más alto (2,69), esto significa que esta localidad es la más influyente en el desarrollo de la infección.

157 SAÑUDO B y BETANCOURTH C. Op. Cit., p. 14.

Teniendo en cuenta el Anexo T, Tabla 1, las líneas que tienen el valor negativo más alto de g (Efecto genético en los tres ambientes) en su orden son L156, FACIA C3, FACIA C2, L130 y L92, estos son los genotipos más promisorios por presentar los ataques más bajos de roya amarilla en las localidades evaluadas y la localidad de Ipiales por tener el valor negativo más alto de e (Anexo T, Tabla 1) de (2,55) es la localidad que indica un menor porcentaje de ataque de roya amarilla para los genotipos evaluados.

Según la tabla de interacción genotipo por ambiente (Anexo T Tabla 1) las líneas que muestran menor resistencia ante el ataque de roya amarilla en la localidad de Ipiales son L11, L41 y L230, mientras que los genotipos más promisorios por presentar tolerancia al patógeno de roya amarilla en esta localidad son L44, L112, L119, L247 y L 274.

En la localidad de Tuquerres los genotipos con menor tolerancia ante el ataque de roya amarilla fueron: L173, L274, L119, L42 y L222. Los genotipos con mayor resistencia al ataque de roya para esta localidad son las líneas L11, L130, L138 y FACIA C2.

Para la localidad de Ospina, los genotipos más susceptibles al ataque de roya amarilla fueron L112, L44, L130, L133 y L247, mientras que los genotipos que presentaron la mayor tolerancia en esta localidad fueron las líneas L173, L41, L42, L136 y L230.

5.2 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN Y MODELO FENOTÍPICO DE MEDIAS PARA RENDIMIENTO.

En el análisis de correlación (Anexo T, tabla 2), para conocer como la variable rendimiento está influenciada directamente por todas las variables de los componentes de producción con una significancia del 95% (0,273) , demostró coeficientes de correlación para el porcentaje de ataque de roya amarilla (0.74), número de macollas por planta (0.999), número de granos por espiga (0.993) y peso de 1000 granos (0.886), todos estos coeficientes de correlación son positivos, así que, la disminución de cualquiera de estas variables generan una disminución significativa en el rendimiento.

Estos coeficientes transformados a coeficientes de determinación ($r^2 \times 100$) significa que el rendimiento depende de un 54.96% del porcentaje de ataque de roya amarilla, en un 98% el número de macollas por planta, igualmente en un 98% el número de granos por espiga y de 79,2% del peso de 1000 granos, coincidiendo con lo expuesto por Bobson citado Sarasola y Rocca de Sarasola¹⁵⁶ quienes al estudiar el efecto de la roya sobre la fisiología y el rendimiento de trigo observan que decrece el peso de cada grano, que existe

158 SARASOLA Y ROCCA DE SARASOLA, M. Op. Cit., p.19.

menor asimilación de CO₂ en las hojas atacadas por la roya, y que permanecía en este un mayor porcentaje de compuestos asimilables, ocasionando así una reducción en el rendimiento, ya que afecta la traslocación de los fotoasimilados.

Solís¹⁵⁷ al respecto afirma que conforme aumenta la severidad de la roya de la hoja en los genotipos se reduce el ciclo, que alcanza hasta 15 días en genotipos susceptibles, entre tanto en ellos que presentan mayor resistencia, la reducción en el ciclo es de 3 – 7 días, aspecto que afecta directamente los componentes de rendimiento y producción, corroborándose este concepto a través de esta investigación ya que los genotipos que se catalogan como susceptibles a partir de la etapa de embuchado, llega a madurez de cosecha temprano con bajo número de granos por espiga, bajos peso de mil granos, aspectos que son relevante en el concepto productivo.

Analizando el Anexo T, Tabla 2, del modelo fenotípico de medias, las líneas que tienen el valor más alto de g (Efecto genético en los tres ambientes) en su orden de mayor a menor son las líneas L156, FACIA L24, FACIA G2, L130 y L112. Esto significa que las líneas antes mencionadas por tener el valor positivo más alto son las líneas más promisorias y la localidad de Ipiales tiene el valor de e (Anexo T, Tabla 1) de (432,84) positivo más alto, lo que significa que esta localidad es la más influyente en cuanto a las condiciones edafoclimáticas para generar un mayor rendimiento de los genotipos evaluados.

En el Anexo T, Tabla 1, las líneas que tienen el valor negativo más alto de g (Efecto genético en los tres ambientes) en su orden son L11, L66, L279, L249 y L136, son los genotipos menos promisorios en cuanto a rendimiento y la localidad de Ospina por tener el valor negativo más alto de e (-459,34) es la localidad que determina un menor rendimiento para estas líneas.

La tabla de interacción genotipo por ambiente (Anexo T Tabla 1) las líneas que muestran el mejor comportamiento en cuanto al rendimiento en la localidad de Ipiales son L44, L247, L271, L249 y L137, los genotipos menos promisorios para la variable rendimiento en esta localidad son L278, L41, L11, L134 y L144.

En la localidad de Tuquerres los genotipos más promisorios con respecto a producción en Kg./ha son L130, L138, L144 y L278. Mientras que los genotipos menos promisorios fueron L274, L98, L173, L147 y L119.

La localidad de Ospina obtuvo en los genotipos L173, L41, L134, L11 L102 los mejores rendimientos, mientras que los genotipos menos promisorios para la variable rendimiento en esta localidad fueron las líneas L138, L247, L130 y L296.

159 SOLÍS, M, Efecto de la roya sobre cinco genotipos de trigo harinero (*Triticum aestivum* L), en el Bajío, México, Agric., Técnica, Méx., 22: 51- 62, 1996.

Al relacionar el componente de rendimiento y producción con número de macollas, número de granos por espiga, peso de 1000 granos se encuentra una relación inversa directa adversa según sea el caso por cual al aumentar estas variables aumentan o disminuye el rendimiento.¹⁵⁸

Finalmente se puede observar que los genotipos L156, L230, FACIAC2 Y FACIA L24 sobresalieron en Ipiales, Tuquerres y Ospina como los mejores genotipos por presentar un rendimiento superior a 2600 Kg/ha con una severidad en el ataque roya amarilla menor al 45%; catalogándose como MR, con presencia de pequeñas pústulas redondeadas, que se necrosaron rápidamente, indicado posiblemente que estos genotipos presentan genes menores de resistencia horizontal donde la enfermedad registró un desarrollo lento limitándose, limitándose el crecimiento y desarrollo del patógeno así el comportamiento les permitió presentar una estabilidad en el rendimiento que se debe a la mínima varianza de rendimiento y la severidad de roya amarilla entre los ambientes evaluados.

Teniendo en cuenta el rendimiento potencial promedio de cultivares Europeos 7300 Kg./ha¹⁵⁹, se buscan variedades con características sobresalientes, tanto en rendimiento como en resistencia a enfermedades basados en la recombinación de genotipos, individualización de genotipos útiles, y mejoramiento genético que ha utilizado exitosamente el fenotipo de los individuos para alcanzar los niveles de rendimiento y estabilidad actuales, no obstante ese éxito esta condicionado por la heredabilidad del carácter en cuestión, la herencia poligénica u oligogénica, las dominancias parciales o completas y la interacción entre genotipos a evaluar y los ambientes de expresión, muchas de las complicaciones de este análisis pueden ser mitigadas a través de la identificación directa de genotipos, con el desarrollo de técnicas moleculares mas eficientes, los mapas genómicos del cultivo de trigo y sistemas diagnósticos basados en marcadores moleculares que segregan conjuntamente con los genes de interés la identificación directa de genotipos, o selección asistida por marcadores moleculares.

160 PARODI, P., 'PATTERSON, F.L. y NYQUIST, W.E.. Interrelaciones entre los componentes principales y secundarios de rendimiento en trigo. Fitotecnia Latino Americana 7: 1-15. 1970

161 BONJEAN Et al, , French Wheat Pool, en: The worlds Wheat Book, a history of wheat breeding. Lavoisier. Paris. 2001

6. CONCLUSIONES

La localidad de Ipiales se presenta como el ambiente más favorable para la producción de trigo con un rendimiento promedio 2559.73 Kg/ha y con una severidad en el ataque de roya amarilla de 39.2% donde los mejores genotipos fueron L274, L256, L119 y L247 con porcentajes menores al 30% de severidad y promedios de producción superiores 3300 Kg/ha.

En Tuquerres el promedio de rendimiento fue de 2153.4 Kg/ha y se presenta una severidad en el ataque de roya amarilla (41.7%) donde los mejores genotipos fueron L130, FACIA L24, L112, FACIA C2, L138, L144 y L278 con una severidad en el ataque de roya amarilla entre 25 – 30 % y un promedio de rendimiento superior a 3100 Kg/ha.

La localidad de Ospina registró el menor promedio de rendimiento con 1667.97 Kg/ha con las tasas más altas de severidad de roya amarilla (44.6%) donde los mejores genotipos fueron L156, L173, L41 y L231 con una severidad en el porcentaje de ataque de roya amarilla (35%) y con producciones superiores a 2700 Kg/ha, debido a la alta presión del inoculo inicial del patógeno, la pobre fertilidad del suelo y las condiciones ambientales favorables para el desarrollo de la enfermedad.

Los genotipos estables dentro de los tres ambientes evaluados fueron L 156, FACIA C2, FACIA C3, 274, FACIA L24, L130, L149, L112, L92 y L247 que presentaron una severidad menor al 40% en el ataque de roya y promedios de producción superiores a 2500 Kg/ha.

El porcentaje de severidad de roya amarilla afecta en un 54.76% la producción de macollas por planta en 53.29% el número de granos por espiga, en 37.21% el peso de mil granos y en 54.76% el rendimiento en Kg/ha.

7. RECOMENDACIONES

Destinar los genotipos L156, FACIA C2, FACIA C3, L 274, FACIA L24, L 130, L 149, L112, L92 y L 247 hacia los programas de fitomejoramiento, en las diferentes regiones productoras de trigo del Departamento de Nariño.

Realizar ensayos de rendimiento regionales, para el segundo semestre agrícola del año, con el fin de determinar posibles diferencias con respecto a épocas de siembra.

Utilizar técnicas moleculares para la identificación directa de genotipos, utilizando mapas genómicos del cultivo de trigo y sistemas de diagnóstico basándose en marcadores moleculares que segregan conjuntamente con los genes de interés.

8. BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO, E. Resistence to abiotic stresses. pp. 406-418. In: ayward, M.D., Bosemark, N.O. y Romagosa, I. (Ed.) Plant Breeding: Principles and Prospect. Chapman & Hall, London. 1993.

ARBELAEZ, C. Y DUQUE, J. Contribución al estudio de la roya amarilla en Colombia, Bogota. Universidad Nacional de Colombia.1986.30 p.

ARCOS MONCAYO N. Y REVELO BOLAÑOS, J. Comportamiento de diez *genotipos* de trigo (*Triticum aestivum* L) en el Municipio de Arboleda. Departamento de Nariño. Tesis ing. Agr. Pasto, Colombia. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. 1988.66p.

BASFORRD, K.E AND M. COOPER. Genotype x environment interactions and some considerations of their implications for wheat breeding in Australia. Australia Journal of Agriculture Research 49 1998 153- 174.

BOLAÑOS, A. Actualización técnica para la modernización del cultivo de trigo en el departamento de Nariño, mejoramiento y nueva variedad de trigo. Pasto, Colombia, CORPOTRIGO-CIDERAL, 1994 pp17-33.

BOLAÑOS, A. A. ICA Achalay, Nueva variedad mejorada de trigo para el Departamento de Nariño. ICA, 1993, plegable divulgativo. N° 265.

BOLAÑOS, A. A. La roya amarilla, una amenaza para el trigo. CORPOICA, CORPOTRIGO, FENALCE 1993, cartilla divulgativa para Agricultores. Pasto, Colombia.1995.12 p.

BOLAÑOS, A. A. MERCHANCANO, R. J. Y ARCILA, B. Manejo de la roya amarilla del trigo en Nariño. Pasto, Colombia. CORPOICA- FENALCE- CORPOTRIGO, 1995. Plegable divulgativo.

BOLAÑOS, A. Importancia del trigo en Nariño y el aporte institucional en su desarrollo. Compilación, Pasto, Colombia: CORPOICA, 2004 p.32.

BONJEAN Et al, French wheat pool, en : The worlds wheat Book, a history of wheat breeding. Lavoisier paris 2001.

BRITO, R y LOPEZ. R. el cultivo del trigo, instituto Colombiano Agropecuario, programa de cereales menores. S. K, 40.

BROWNING, J.A, SIMONS, M.D and TORRES,E. Managing host genes: Epidemiologic and genetics concepts. In Horesfall, j.g and owlinE.B., eds plant pathology : and aduance treatise. New York, E.U academic press. Vol. I: pp 191-212 1977.

- CALDWELL, R. M ROBERTS J, J. and EYAL. Z General esistan esistance "slow rusting" to puccinia striiformis f.sp tritici in winter and spring wheats phytopathology Camberra, Australia, 1970. 60p.
- CAMPUZANO L, F. Etapas fenológicas del trigo y sus aplicaciones practicas. In curso de actualización técnicas del cultivo del cultivo de trigo. Pasto, CORPOICA 1994. 92p.
- CAMPUZANO, L. Análisis patogénico de la roya amarilla en trigo y su significancia en el contexto mundial. Documento de trabajo. Programa de trigo. ICA. N° 3. 1993. 6p.
- CAMPUZANO, L. Estrategia para el manejo de roya amarilla en Nariño. Documento de trabajo. Programa de trigo. CORPOICA. N°4 .1994. 7p.
- CASTILLO, H. y SANTIBAÑEZ, F. Efecto de la temperatura sobre la fenología del trigo. En: Revista Agricultura Técnica. Chile, No. 47 Vol. 1 (2001); p. 29-34.
- CASTRO, E y SAÑUDO, B. 1985. Principales enfermedades que afectan al trigo. En: Curso de actualización en cereales menores para ingenieros agrónomos en Nariño. Federación Nacional de Cultivadores de Cereales "FENALCE". 136 p.
- CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAÍZ Y TRIGO, Informe anual 1971. Enfermedades en los cereales. México, CIMMYT. 1972. 86 p
- CLIFFORD, B,C and RODERICCK, H,W A Comparative histology of some barley grown rust interactions Oxford, Inglaterra. N° 89. 1978. 295-298 pp.
- COOPER, M., and FOX P.N. 1996. Environmental characterization based on probe and reference genotypes. In: Plant Adaptation and Crop Improvement. 1996. 636p. pp. 529-547.
- CORPORACION COLOMBIANA PARA LA INVESTIGACION AGROPECUARIA. Informe de resultados de investigación y transferencia de tecnología en los proyectos de trigo y triticales, CORPOICA- Obonuco. San Juan de Pasto, Colombia, 1998. 78p.
- DE LA VEGA, A. Interacciones genotipo x ambiente y mejoramiento de trigo para las regiones central y norte de Argentina. Tesis Doctor en Ciencias Agropecuarias. Buenos Aires, Argentina, Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía. 291 p. 2000.
- DICK, P,L Geneties of adult-plant leaf rust resistance in "sturdy" Whearts Crop science Orlando E.E.U.UC 10 (3): 309- 311 1991.
- DICKSON. G,J. Enfermedades de los cereales de gran cultivo. Barcelona. Salvat, 1963. 584p.
- EAGLES, H.A.. Repeatability of the stability- variance parameter in oats. Crop Sci. 17:253-256. 1997.
- EBERHART S A, W A RUSELL. Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci. 6:36-40. 1986.

- F.A.O. 2006. www.infoagro.com/harbaceos/cereales/trigo2.asp.
- FATUNLA, T. and FREY. K. J. Repeatability of regression stability indexes for grain yield of oats (*Avena sativa* L.). *Euphytica* 25:21-28. 1976.
- FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE CEREALES, FENALCE. Centro virtual. www.Fenalce.org.co . 2004.
- FENALCE. BANCO AGRARIO Disponible en www.banagrario.gov.co
- FISHER. A. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines. 1993.
- GUERRERO, A, ORTEGA, G Y VELASQUEZ, R. Evaluación de algunas variedades de trigo y control químico de las principales enfermedades. Departamento de Nariño. Tesis Ing Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas, 1974. 74p.
- HAYDEN, E,B Differences in infectibility among spring wheat varieties exposed to spore shower of race *Puccinia striiformis* var. tritici *Phytopathology* N° 46 1985. pp 14-17.
- HIDALGO, R. Variabilidad Genética y Caracterización de Especies Vegetales. BOLETIN TECNICO IPGRI N° 8. 2002.
- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. Informe anual, 1991. Pasto, Colombia, ICA, 1991, p 79.
- LIN C S, M R (1996) Stability analysis: Where do we stand? *Crop Sci.* 26:894-900.
- LUKE, H, H, BARNETT, R,D and PFAHCER, P,L Inheritance of horizontal resistance to crown rust in oats. *Phytopathology* E:U. 6(5): 631- 632. 1978.
- MADROÑERO, J. A. Herencia de la resistencia a la roya amarilla (*Puccinia striiformis* west, f. sp. tritici) en tres variedades de trigo (*Triticum vulgare*), Departamento de Nariño. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas.1986. 56 p.
- MELA, P, Cultivos de secano, ediciones agro ciencia, tomo I, Zaragoza, España, 1997, p 576,
- MERCHANCANO, L.G. Efecto de los mutágenos. Formol, hidratos de cloral y colchicina en plantas. Departamento de Nariño. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 1994. 74 p.
- METHA, Y,R Doencas de trigo seu controle.20 ed Sao Paulo. Ed Ave Maria 1991. pp 101-106.
- MICHELENA, A., I. ROMAGOSA., J. MARTIN, y A. LOPEZ. 1995. Influencia ambiental y varietal en diferentes parámetros de calidad y rendimiento en trigo duro. *Investigación Agraria: Producción y Protección Vegetales* 10(2):191-200, 1995.

- MUÑOZ, A. En Efecto de la roya amarilla (*Puccinia striiformis*). En los rendimientos de seis genotipos de trigo (*Triticum aestivum*) en el altiplano de Pasto. Departamento de Nariño. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 1986. 62 p.
- NARVÁEZ A y GUANCHA R. Evaluación de material promisorio de trigo seminario en cuatro municipios de Nariño. Departamento de Nariño. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 2001. 83 p.
- NEBREDA, I. y P. PARODI, 1976. Interacción genotipo por medio ambiente en *Triticum* spp. Ciencia e Investigación Agraria 3(2):91-97.
- NOGUERA, E. Y ORTIZ, H. Evaluación de la resistencia parcial a la roya amarilla (*Puccinia striiformis* W, West) del bloque de cruzamiento del trigo en Colombia. Departamento de Nariño. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas, 1998. 80p.
- ORELLANA, H, VEGA, C y RUIZ, W. La roya amarilla y su control. El agro Ecuador. 23 (2): 18-19. 1992.
- ORJUELA, N. Las royas del trigo en Colombia. Revista de la Academia Colombiana. 8 (31): 380 – 383. 1951.
- ORTIZ, G. SAÑUDO, S. B. y BURITICA, P. Revista de Ciencias Agrícolas (Colombia). 55 (2):1 – 2. 1970.
- PEREDES, C y BENAVIDES, G. Evaluación de líneas promisorias de trigo (*Triticum aestivum*) en la zona cerealista de Nariño, Departamento de Nariño. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas, 2004. 64p.
- PARLEVLIET, J. E. and VAN OOMMEREN. Partial resistance of barley to leaf rust, (*puccinia hordei*). II relationships between field trials, micro plot test and latent period, (*Euphotica*), Londres, Inglaterra. Vol 24: pp. 293-303 1975.
- PARLEVLIET, J: E Components of resistance that reduce the rate of epidemic development Ann.Rev Phytopathology 17, 1978 203-222 pp.
- PARLEVLIET, J: E Resistance of the nonrace. Specific. Epidemiology and control, in the cereal rust. Florida. E.U 1985. Vol II: 501-525pp
- PARODI, P. PATTERSON, F. L. y NYQUIST, W. E.. Interrelaciones entre los componentes principales y secundarios de rendimiento en trigo. Fitotecnia Latino Americana 7: 1-15. 1970.
- PERKINGS, J. M. and JINKS. J. L. Environmental and genotype- environmental components of variability variance. III. Multiple lines and crosses. Heredity 23:339-356. 1968.

PLAINSTED R L, L C Peterson (1959) A technique for evaluating the ability of selection to yield consistently in different locations or seasons. Amer. Potato J. 36:381-385.

PLAINSTED R L, PETERSON L C. A technique for evaluating the ability of selection to yield consistently in different locations or seasons. Amer. Potato J. 36:381-385. 1989.

RINCON, S, O, y SUÁREZ , T, A, El cultivo de trigo y de la cebada, temas de orientación agropecuaria, N° 150: 8 – 35, Colombia, 1981,

ROELFS. A, P, SINGH, R. y SAARI, E, E. Las royas del trigo, conceptos y métodos para el manejo de esas enfermedades, México, D.F CIMMYT, 1992. 81p.

ROLF DELHEY. Enfermedades en los cereales. Universidad Nacional del Sur. Rivadavia. 1439 (1033). Buenos Aires. Argentina. 2003. Centro virtual: <http://www.inta.gov.ar>. Trigo enfer. Instituto nacional agropecuario. INTA.

ROSAS, M. V. Efecto de la mezcla varietal de ICA Yacuanquer y 2 líneas hermanas de trigo sobre el rendimiento y calidad en Nariño. Departamento de Nariño. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas.1995. 87 p.

SAÑUDO, B. Principales enfermedades que afectan el trigo en el departamento de Nariño. Seminario del cultivo de trigo en Nariño Pasto. Colombia. ICA 1983 62p.

SAÑUDO, S. B. In seminario sobre el cultivo de trigo en Nariño, principales enfermedades que afectan el trigo en el Departamento de Nariño. Pasto, Colombia. ICA. 1983, 77 p.

SAÑUDO, B. y BETANCOURTH, C. Fundamentos de Fitomejoramiento, San Juan de Pasto, Universidad de Nariño, 2005. p. 150.

SARASOLA Y ROCCA DE SARASOLA, M. Fitopatología. Curso moderno. Buenos Aires. Argentina. Hemisferio Sur. 1985. tomo II. 250 p.

SCHAFER, F. tolerant to plant disease and Rev Phytopathology: 225 – 235. 2005.

SHARP, A Atmospheric conditions and erminations of uredios pores of puccinia striiformis. Science 156: 1359- 1360p.

SOLIS, M, Efecto de la roya amarilla sobre cinco genotipos de trigo harinero (*Triticum aestivum* L), en el Bajío, México, Agric., Técnica, Méx., 22: 51- 62, 1996.

STUBBS,R,W Observations on horizontal resistance to yellow rust (puccinia striiformis f sp tritici) cereal rust bull Londres. Inglaterra, Vol. 5: 27-32p.

TAI G C.. Genotypic stability analysis and its application on potato regional trials. Crop Sci. 11:184-190. 1971.

VAN DER PLANK, J .E. Disease resistance in plants. Academic Press, mew York. USA. 1989. 349p.

VILLENA, W. Análisis de datos a través de medio ambientes. Subgerencia de Investigación y Transferencia División de cultivos anuales Programa de Cereales menores. ICA. 28 p. 1999.

ZAPATA, B, M, GARCÍA, A, L y REYES, A. Híbridos de trigo promisorios para Colombia, agricultura Tropical, (Colombia) 12 (4): 661- 671, 1987. (PAG58)

ANEXOS

Anexo A. Análisis de suelos para las localidades de estudio: OSPINA, IPIALES y TUQUERRES.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO					
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS					
SECCIÓN DE LABORATORIOS					
LABORATORIO DE SUELOS					
FECHA	DIC-21-2004				
DEPARTAMENTO	Nariño		LOCALIDAD		
			Ospina	Ipiales	Tuquerres
		VEREDA	Cunchila bajo	Tusandala	Chalitala
Muestras		Unidad			
pH, Potenciómetro relación suelo: Agua (1:1)			5	5,3	4,6
Materia Organica Walkley-Black (colorimetrico)		%	14,8	13,7	12,4
Densidad aparente		g/cc	0,9	0,8	0,7
Fósforo (P) Bray II		Ppm	23	23	29,46
CIC			33,2	32,4	42,2
Calcio de cambio			3	4,4	4,5
Magnesio de cambio			0,8	2	1,1
Potasio de cambio		Meq/100	1,09	1,27	1,3
Aluminio de cambio		gr.	0,6	0,9	0,6
Hierro			94	238	
Manganeso			8,2	13,4	
Cobre			0,78	4	
Zinc			1,5	2,94	
Boro, ppm Método agua caliente		Ppm	0,11	0,21	0,1
F Franco Ar Arcilloso A Arenoso		Grado textural	Ar-A	Ar-A	F-Ar-A
Nitrógeno total			0,48	0,52	0,6
Carbono Orgánico			7,2	7,96	9,35
Azufre disponible			9,58		16,93

Fuente Laboratorio de suelos Universidad de Nariño. 2005

Anexo B. Genealogía de líneas de trigo (*Triticum aestivum*) Cedidas por CORPOICA.

GENOTIPO	PEDIGREE
L 11	OBONUCO SUREÑO 97//GEN/PEW``S`` II-64936-8N-1N-0N.
L 27	K-342/NAPO 63 II-64956-12N-4N-1N-0N.
L 41	ICA YACUANQUER 90/MILAN II-64956-9N-3N-1N-0N
L 44	DESC 19, VEOLA S-35/ICA YACUANQUER 90 II-64956-1N-2N-0N.
L 47	ICA GUALMATAN/3/FONG CHAN#3/TRT``S``//VEE#9 II-64850-7N-1N-1N.
L 57	DESCONOCIDO,
L58	ZEBRA 79/RISITAS II-64967-8N-3N-1N-0N.
L 66	OBONUCO SUREÑO 97//GEN/PEW``S`` II-64936-17N-2N-1N-0N.
L 69	BONZ/DESC(UDENAR)OBONUCO 7 II-65340-8N-2N-0N
L 77	SUGAMUXI/3/FONG CHAN#3/TRT``S``VEE#9 II-65399-8N-1N-0N.
L 92	HYS/ND/LOV-2FI/3/FI KVZ/HYS/4/CUCURPE/6/LEDA/3/7C/ CNO 67//CAL/4/HUAC``S``/5/MOCHIS 88``S``.
L 98	CAR 853/COC/VEE``S``/3/E-740/PAM``S``/HORK``S`` PF73226 /4/FONG CHAN#3/TRT``S``//VEE#9/5/OBONUCO SUREÑO. II-65587-1N-3N-0N.
L 102	DESCONOCIDO
L 112	SEL F-4 M/98B II-M10.
L 114	SEL F-4 M/98B II-M16
L 117	SEL F-4 M/98B II-M21.
L 118	CAR 853/COC//VEE``S``/3/ E-7408/PAM``S``/HORK``S``/ PF73226/4/MILAN. II-65012-1N-2N-3N-0N.
L 119	CAR 853/COC//VEE``S``/3/ E-7408/PAM``S``/HORK``S``/ PF73226/4/FONG CHAN#3/TRT``S``//VEE#9. II-65013-1N-2N-3N-0N.
L 123	OBONUCO SUREÑO 97/5/DWL 5023/3/JUP/FURY// SYS``S``/4/SERI. II-65018-3N-3N-3N-0N.
L 130	FASAN``S``/CHUAN MAI E-18//POTAM 70/MUSALA II-65071 -C-2N-2N-1N-0N.
L 133	VEE``S``#5/PC EARLY S-2514//ICA YAC. 90/3/BONZA II-65104-A-1N-2N-3N-0N.

L 134 VEE''S''#5/PC EARLY 52514/3/MOCHIS 88''S''//MYNA''S''/
VUL''S'' II-65234-5N-1N-2N.

L 136 VEE''S''#5/PC EARLY 52514/3/MOCHIS 88''S''//MYNA''S''/
VUL''S'' II-65012-6N-1N-1N.

L 137 FASAN''S''/CHUAN MAI#18(CHINA)//ICA ACHALAY 93
II-65272-E-2N-1N-1N.

L 138 FASAN''S''/CHUAN MAI#18(CHINA)//ICA ACHALAY 93
II-65272-L-1N-1N-1N.

L 144 VEE''S''#/PC EARLY S.2513//VEE''S''#5/PC EARLY S-
2514/3/VEE''S''#5/PC EARLY S.2514/4/OBONUCO SUREÑO 97.
II-65306-FF-25N-1N-1N.

L 147 NING 8319/LIRA''S''//BONZA 63
LI65212-3N-1N-2N.

L 156 79-218/BONZA 63
II-65226-5N-1N-2N.

L 171 OBONUCO SUREÑO 97/BONZA 63
II-65249-8N1N-1N,

L172 OBONUCO SUREÑO 97/BONZA 63
II-65249-10N-3N-1N.

L 173 OBONUCO SUREÑO 97/CESAR
II-65250-4N-1N-1N.

L 205 TOTA//CHUAN MAI # 18/BAU''S''
II-65370-3N-1N-1N-0N.

L 222 ND/VG 9144//KAL/BB/3/YACO''S''/4/VEE#5''S''/YURIKA
II-65462-1N-3N-1N-0N.

L 230 CESAR/ICA ACHALAY 93
II-65515-16N-1N-1N-0N.

L 247 CAR 853/COC/VEE''S''/3/E. 7408/PAM''S''//HORK''S''/
PF73226/4/FONG CHAN#3/TRT''S''//VEE#9/5/
OBONUCO SUREÑO 97.
II-65587-1N-1N-2N-0N.

L 249 CAR 853/COC/VEE''S''/3/E. 7408/PAM''S''//HORK''S''/
PF73226/4/FONG CHAN#3/TRT''S''//VEE#9/5/
OBONUCO SUREÑO 97.
II-65587-1N-2N-1N-0N.

L 274 CHIL''S''/OBONUCO SUREÑO 97//OBONUCO SUREÑO 97
II-65631-3N-1N-1N-0N.

L278 F 5 M-3N

L 279 F 5 M-8N

L 280 F 5 M-9N

L 296 CAR 853/COC/VEE''S''/3/E 7408/PAM''S''//HORK''S''/
PF 73226/4/BAU''S''/OPATA/5/OBONUCO SUREÑO 97
II-62205-9N-1N-2N-2N.

Anexo C. Promedios de crecimiento de ataque de roya amarilla (*Puccinia striiformis* W, f. sp. tritici) en las etapas fenológicas de macollamiento, embuchado, espigamiento y llenado de grano y componentes de rendimiento: número de macollas, granos por espiga y peso de mil granos y producción para la localidad de Ipiales en los genotipos de trigo evaluados.

Promedios de crecimiento de roya amarilla, durante el desarrollo fenológico del trigo, con prueba de tukey y clasificación de reacción en campo, para la etapa de llenado de grano en la localidad de Ipiales,							Promedios de componentes de rendimiento y producción, con prueba de Tukey para producción en kg/ha, en la localidad de Ipiales, para los genotipos de trigo evaluados, dentro de esta investigación.					
GEN	MAC	EMBU	ESPI	LLEN	TUKEY	RC	GEN	Nº M	GPE	PMG	PROD	TUKEY
L119	16,1	20,74	24,2	25,36	A	MR	L274	6,76	61,33	44,64	3599	A
L274	12,7	19,54	25,4	26,56	A	MR	L156	6,59	59,33	52,35	3507,3	AB
L247	16,1	16,12	25,4	30,72	AB	MR	L119	6,42	51,33	41,62	3415	ABC
L172	19,5	25,36	26,6	30,72	AB	MR	L247	6,23	56,33	49,11	3313,3	ABCD
L44	12,7	19,54	29,5	30,72	AB	MR	L137	6,1	55,33	40,33	3244,3	ABCDE
FAC3	12,7	17,33	25,4	30,72	AB	MR	FL24	5,95	54	49,36	3165	ABCDE
L112	12,7	19,54	25,4	30,72	AB	MR	L44	5,83	53,33	56,52	3103	ABCDEF
L156	12,7	19,54	22,8	34,89	AB	MR	L118	5,86	52,33	47,28	3083	ABCDEFG
L47	24,2	26,56	26,6	34,89	AB	MR	L172	5,69	51,33	45,03	3029	BCDEFGH
FAC2	16,1	24,15	29,5	34,89	AB	MR	L112	5,68	51,67	55,39	3022,3	BCDEFGH
L296	12,7	22,95	24,2	34,89	AB	MR	L296	5,62	51	54,38	2990,3	CDEFGH
L130	12,7	22,95	25,4	34,89	AB	MR	L130	5,56	50,33	49,66	2960,3	CDEFGH
L92	19,5	24,15	25,4	34,89	AB	MR	L92	5,55	50,33	49,13	2955,3	CDEFGH
L137	16,1	19,54	26,6	34,89	AB	MR	FAC2	5,46	49,33	53,53	2904,7	CDEFGHI
L118	12,7	19,54	26,6	34,89	AB	MR	L123	5,41	49	41,68	2877,3	DEFGHI
FAT8	24,2	30,72	39,1	38,65	AB	MR	L57	5,37	48,67	45,66	2858	DEFGHIJ
L42	19,5	24,15	34,9	38,65	AB	MR	L280	5,36	48,33	44,13	2853,7	DEFGHIJ
L98	19,5	24,18	34,9	39,05	AB	MR	L98	5,35	48,33	53,64	2846,7	DEFGHIJ
L77	16,1	26,56	30,7	39,05	AB	MR	L133	5,33	47,67	52,1	2834,3	DEFGHIJ
L222	19,5	22,95	34,9	39,05	AB	MR	L205	5,28	48,33	44,33	2813,3	DEFGHIJK
L205	12,7	19,54	34,9	39,05	AB	MR	L147	5,25	47,67	49,36	2796	DEFGHIJK
L27	12,7	24,15	34,9	39,05	AB	MR	L27	5,22	47	51,37	2775	EFGHIJKL
L280	12,7	25,36	25,4	39,05	AB	MR	L69	4,95	45	46,61	2630,7	FGHIJKLM
L57	16,1	25,36	30,7	39,05	AB	MR	L77	4,94	44,67	52,23	2630,7	FGHIJKLM
L278	19,6	24,15	35	39,05	AB	MR	L138	4,93	44,33	50,33	2621,33	FGHIJKLMN
L66	25,4	25,36	25,4	39,1	AB	MR	L173	4,92	43	52,1	2617,33	FGHIJKLMN
L147	16,1	22,95	30,7	39,1	AB	MR	IYAC	4,84	43,67	46,3	2571	GHIJKLMNO
L133	16,1	25,36	34,9	39,1	AB	MR	L171	4,81	43,67	52,44	2559	HIJKLMNO
IYAC	19,5	22,72	30,7	39,1	AB	MR	L230	4,76	40,67	47,01	2534	HIJKLMNO
FL24	12,7	16,12	23	39,1	AB	MR	FAC3	4,74	43	49,18	2521	HIJKLMNO
L173	20,7	25,36	30,7	39,1	AB	MR	L47	4,54	43,67	54,66	2416,33	JKLMNO PQ
L41	25,4	30,72	39,1	42,8	ABC	MS	L42	4,49	47,67	49,01	2389,33	JKLMNO PQ
L134	24,2	24,15	39,1	42,8	ABC	MS	L249	4,48	40,67	45,03	2384,67	JKLMNO PQ
L58	23	25,36	34,9	42,8	ABC	MS	L58	4,42	40	55,46	2350,33	KLMNO PQ
L117	24,2	25,36	34,9	42,8	ABC	MS	FAT8	4,32	39	53,68	2299	KLMNO PQ
L127	16,1	24,15	30,7	42,8	ABC	MS	L117	4,25	38,33	53,18	2263	LMNO PQR
L249	23	26,56	34,9	42,8	ABC	MS	L102	4,19	38	48,52	2228,67	MNO PQRS
L171	24,2	25,36	26,6	42,8	ABC	MS	OSUR	4,02	36,33	50,29	2138,67	MNO PQRS

L230	19,5	24,15	30,7	42,8	ABC	MS	L41	3,96	36	47,33	2106,67	NOPQRST
L144	24,2	26,56	39,1	42,8	ABC	MS	IGUA	3,92	35,67	53,24	2087,33	OPQRST
L279	25,4	30,72	39,1	42,8	ABC	MS	L114	3,92	35	56,97	2085	OPQRST
L138	19,5	25,36	34,9	42,8	ABC	MS	L136	3,67	33,33	48,67	1955	PQRSTU
OSUR	25,4	30,72	39,1	46,6	ABC	MS	L279	3,43	31,67	50,01	1824	QRSTU
L136	19,5	24,15	33,7	46,6	ABC	MS	L222	3,39	31	47,69	1801	QRSTU
L114	23	25,36	30,7	46,6	ABC	MS	L278	3,32	30	48,36	1767,33	RSTU
L66	24,2	29,52	39,1	46,6	ABC	MS	L144	3,21	29	42,1	1708	STU
IGUA	21,9	30,72	34,9	46,6	ABC	MS	L134	3,14	28,33	46,39	1671,67	TU
L102	23	29,52	39,1	50,4	BC	S	L66	2,87	26,33	46,35	1525	U
L11	34,9	42,82	50,4	63,6	C	S	L11	1,49	14,67	29,56	794,33	V

Fuente: Esta Investigación

Anexo D. Promedios de crecimiento de ataque de roya amarilla (*Puccinia striiformis* W, f. sp. tritici) en las etapas fenológicas de macollamiento, embuchado, espigamiento y llenado de grano y componentes de rendimiento: número de macollas, granos por espiga y peso de mil granos y producción para la localidad de Tuquerres, en los genotipos de trigo evaluados.

Promedios de crecimiento de roya amarilla, durante las etapas fenológicas del desarrollo del trigo, con prueba de Tukey y clasificación de reacción en campo, para la etapa de llenado de grano.							Promedios de componentes de rendimiento y producción, con prueba de Tukey para la variable producción en kg/ha, para la localidad de Tuquerres, en los genotipos de trigo evaluados dentro de esta investigación.					
GEN	MAC	EMBU	ESPI	LLEN	TUKEY	RC	GEN	MAC	GPE	PMG	PROD	
L130	12,71	19,54	22,95	25,36	A	MR	L130	6,93	63	69,47	3688	A
FAC2	12,71	19,54	24,02	26,56	AB	MR	FL24	6,07	55	60,79	3227,33	AB
L156	16,12	19,54	24,15	30,72	ABC	MR	L112	6,02	53	60,35	3204	AB
L92	22,95	22,95	25,36	30,72	ABC	MR	FAC2	5,97	54	59,79	3174	ABC
FAC3	12,71	22,95	25,36	30,72	ABC	MR	L138	5,68	51	56,91	3021	BCD
L112	12,71	20,74	25,36	30,72	ABC	MR	L156	5,59	50,4	55,99	2972,33	BCDE
L278	19,54	22,95	34,89	34,89	ABCD	MR	L278	5,42	49	54,34	2884,67	BCDEF
L69	16,12	24,15	25,36	34,89	ABCD	MR	L69	5,15	46,33	51,66	2742,67	BCDEFG
L138	12,71	24,15	30,72	34,89	ABCD	MR	L144	5,05	49	50,59	2685,67	BCDEFG
L58	16,12	22,95	25,36	34,89	ABCD	MR	L92	5,01	47,33	50,18	2663,67	BCDEFG
OSUR	16,12	25,36	26,56	39,05	ABCD	MR	L230	4,92	44,33	49,3	2617	CDEFG
L134	22,95	26,56	39,05	39,05	ABCD	MR	L133	4,88	44,33	48,89	2595,67	DEFG
L137	19,54	26,56	39,05	39,05	ABCD	MR	L41	4,84	43,67	48,54	2577	DEFGH
L230	19,54	25,36	34,89	39,05	ABCD	MR	L123	4,84	43,67	48,52	2575,67	DEFGH
L171	19,54	24,15	30,72	39,05	ABCD	MR	L172	4,82	43,67	48,27	2562,67	DEFGH
L144	19,54	25,36	30,72	39,05	ABCD	MR	L58	4,81	43,33	48,27	2562,33	DEFGHI
IYAC	19,54	26,56	34,89	39,05	ABCD	MR	L296	4,76	44,67	47,74	2534,33	DEFGHIJ
L41	16,12	25,36	34,89	39,05	ABCD	MR	IYAC	4,7	42,67	47,1	2500,67	DEFGHIJK
L119	24,15	25,36	30,72	39,05	ABCD	MR	L27	4,61	41,67	46,24	2454,67	EFGHIJK
L280	22,95	25,36	39,05	39,05	ABCD	MR	L118	4,51	41	45,26	2402,67	FGHIJKL
L133	22,95	24,15	26,56	39,05	ABCD	MR	L42	4,46	40,33	44,68	2371	FGHIJKL
L57	24,15	25,36	38,65	42,82	BCD	MS	L171	4,44	40,33	44,52	2363,33	FGHIJKL
L47	19,54	25,36	34,89	42,82	BCD	MS	L47	4,41	40	44,16	2344	FGHIJKL
L27	19,54	25,36	25,36	42,82	BCD	MS	OSUR	4,4	40	44,12	2342,33	FGHIJKL

L296	16,12	22,95	25,36	42,82	BCD	MS	L247	4,26	39,67	42,69	2266	GHIJKLMNO
L147	24,2	26,56	34,9	42,82	BCD	MS	L77	3,79	34,67	38,05	2020,3	HIJKLMNPO
L172	16,1	24,15	39,1	42,82	BCD	MS	FAT8	3,77	34	37,77	2005	IJKLMNPO
L127	19,5	24,15	30,7	42,82	BCD	MS	L205	3,72	34	37,3	1980	JKLMNOPQ
FL24	23	30,72	39,1	42,82	BCD	MS	L134	3,68	33,33	36,88	1958	KLMNOPQ
FAT8	24,2	25,36	30,7	42,82	BCD	MS	L119	3,64	32,67	36,49	1937	KLMNOPQR
L117	19,5	25,36	34,9	46,58	CD	MS	L137	3,52	28,33	35,35	1876,7	LMNOPQRS
L118	19,5	25,36	39,1	46,58	CD	MS	L173	3,4	29,67	34,06	1808,3	MNOPQRST
L42	17,3	29,52	39,1	46,58	CD	MS	L280	3,39	30,67	33,96	1803	NOPQRST
L102	25,4	39,05	42,8	46,58	CD	MS	L222	3,3	30	33,08	1756	OPQRST
L11	30,7	30,72	39,1	46,58	CD	MS	L274	3,15	28,67	31,58	1676,7	PQRST
L114	24,2	29,52	42,8	46,58	CD	MS	L114	3,11	28,33	31,12	1652	PQRST
L247	19,5	24,15	39,1	46,58	CD	MS	FAC3	2,81	25,33	28,14	1494	PQRST
L205	24,2	26,56	42,8	46,58	CD	MS	L57	2,77	25	27,77	1474,3	PQRST
L274	19,5	25,36	39,1	46,58	CD	MS	IGUA	2,77	25	27,77	1474,3	PQRST
L173	23	30,72	39,1	46,58	CD	MS	L44	2,74	24,33	27,41	1455,3	PQRSTU
L136	25,4	26,56	42,8	46,58	CD	MS	L147	2,69	24	26,97	1432	QRSTU
IGUA	25,4	34,89	42,8	50,35	D	S	L11	2,69	28	26,88	1427,3	QRSTU
L77	25,4	26,56	42,8	50,35	D	S	L102	2,61	23,67	26,22	1392	RSTU
L98	19,5	26,56	42,8	50,35	D	S	L117	2,61	23,67	26,2	1391	RSTU
L44	24,2	25,36	42,8	50,35	D	S	L98	2,55	23	25,55	1356,3	STU
L279	23	34,89	42,8	50,35	D	S	L136	2,49	26	24,95	1324,7	STU
L222	23	29,52	42,8	50,35	D	S	L279	2,46	22,33	24,66	1309	TU
L66	29,5	34,89	50,4	50,35	D	S	L66	2,4	21,67	24,02	1275,3	TU
L249	29,5	39,05	46,6	50,35	D	S	L249	1,7	16	17,04	904,67	U

Fuente: Esta Investigación

Anexo E. Promedios de crecimiento de ataque de roya amarilla (*Puccinia striiformis* W, f. sp. tritici) en las etapas fenológicas de macollamiento, embuchado, espigamiento y llenado de grano y componentes de rendimiento: número de macollas, granos por espiga y peso de mil granos y producción, de los genotipos de trigo evaluados en la localidad de Ospina.

Promedios de crecimiento de roya amarilla, durante las etapas fenológicas del desarrollo de trigo, con prueba de tukey y clasificación de reacción en campo, para la etapa de llenado de grano en Ospina.							Promedios de componentes de rendimiento y producción, con prueba de Tukey para la variable producción en kg/ha en los genotipos de trigo evaluados, en la localidad de Ospina, en los genotipos de trigo ealuados.					
GEN	MAC	EMBU	ESPI	LLEN	TUK	RC	GEN	MAC	GPE	PMG	PROD	
L173	12,71	19,54	24,15	25,36	A	MR	L173	5,73	51,67	57,41	3048	A
L156	12,71	24,15	26,56	30,72	AB	MR	L156	5,67	51,33	56,8	3015,7	A
L41	12,71	19,54	25,36	30,72	AB	MR	L41	5,42	48,67	54,36	2886	AB
L42	19,54	29,52	33,68	34,89	AB	MR	L230	5,08	46,33	50,92	2703,3	ABC
FAC3	19,54	22,95	29,52	34,89	AB	MR	FAC2	4,96	45	49,7	2638,3	ABCD
L230	19,54	19,54	26,56	34,89	AB	MR	FL24	4,89	44	48,97	2599,7	ABCDE
L278	19,54	26,56	30,72	39,05	AB	MR	L42	4,45	46,33	44,6	2368	BCDEF
L127	20,74	29,52	39,05	39,05	AB	MR	L278	4,23	38,67	42,4	2251	CDEFG
L205	19,54	24,15	33,68	39,05	AB	MR	L134	4,19	38	41,95	2227,3	CDEFG
L274	16,12	26,56	39,05	39,05	AB	MR	L119	3,91	35,33	39,21	2081,7	DEFGHI

L136	19,54	30,72	34,89	39,05	AB	MR	L98	3,83	34,67	38,45	2041,3	FGHIJ
L47	16,12	25,36	26,56	39,05	AB	MR	L112	3,82	34,64	38,3	2033	FGHIJK
L57	16,12	24,15	34,89	39,05	AB	MR	L274	3,75	35	37,64	1998	FGHIJKL
FAC2	16,12	25,36	25,36	39,05	AB	MR	L123	3,72	33,67	37,24	1977	FGHIJKL
L171	24,15	25,36	30,72	39,05	AB	MR	L102	3,69	33,33	36,95	1961,3	FGHIJKL
L137	20,74	25,36	30,72	42,82	ABC	MS	L69	3,68	33	36,88	1958	FGHIJKL
L222	24,15	30,72	42,82	42,82	ABC	MS	FAT8	3,5	32	35,08	1862,3	FGHIJKLM
L147	24,15	29,52	30,72	42,82	ABC	MS	L58	3,46	31,33	34,7	1842,3	FGHIJKLM
L112	24,15	24,15	30,72	42,82	ABC	MS	L147	3,4	32,33	34,1	1810,3	FGHIJKLMN
L92	22,95	26,56	34,89	42,82	ABC	MS	L171	3,38	30,33	33,83	1795,7	FGHIJKLMN
L119	17,33	30,72	39,05	42,82	ABC	MS	L205	3,37	30,67	33,74	1781,3	GHJKLMN
L134	12,71	20,74	30,72	42,82	ABC	MS	L280	3,33	30,33	33,42	1774	GHJKLMN
L130	19,54	25,36	34,89	42,82	ABC	MS	L133	3,13	28,33	31,35	1664	HIJKLMNO
L69	22,95	26,56	39,05	46,58	BC	MS	L92	3,11	28,33	31,2	1656,3	HIJKLMNOP
L58	19,54	26,56	39,05	46,58	BC	MS	L117	3,08	28	30,9	1640,3	IJKLMNO PQ
L280	15,99	24,15	30,72	46,58	BC	MS	L130	3,02	27,33	30,28	1607,3	IJKLMNO PQR
L117	25,36	26,56	42,82	46,58	BC	MS	L137	2,8	25,33	28,02	1487,3	JKLMNO PQR
IGUA	25,36	30,72	39,05	46,58	BC	MS	L57	2,75	25	27,56	1463	KLMNO PQR
L102	25,36	26,56	39,05	46,58	BC	MS	L47	2,72	24,67	27,3	1449	LMNO PQR
L172	22,95	22,95	42,82	46,58	BC	MS	L27	2,69	24,67	27,01	1434	LMNO PQR
FAT8	24,15	26,56	34,89	46,58	BC	MS	IGUA	2,7	26	27	1433,3	LMNO PQR
OSUR	24,15	30,72	39,05	46,58	BC	MS	OSUR	2,55	23	25,54	1356	MNO PQR S
L98	22,95	25,36	39,05	46,7	BC	MS	L11	2,53	23	25,31	1343,7	MNO PQR ST
L11	25,36	33,68	46,58	50,35	BC	S	L118	2,52	22,67	25,22	1338,7	MNO PQR ST
FL24	17,33	25,36	46,58	50,35	BC	S	L172	2,5	23	25,05	1330	MNO PQR STU
L66	24,15	26,56	39,05	50,35	BC	S	L296	2,35	23,67	23,59	1252,3	NO PQR STU
IYAC	29,52	34,89	42,82	50,35	BC	S	L77	2,23	20	22,37	1187,7	OPQR STUV
L249	24,15	26,56	50,35	50,35	BC	S	L222	2,19	20	21,97	1166,3	OPQR STUV
L247	24,15	25,36	39,05	50,35	BC	S	L144	2,15	19,67	21,5	1141,3	OPQR STUV
L138	22,95	39,05	46,58	50,35	BC	S	FAC3	2,04	18,67	20,46	1086	PQR STUV
L144	19,54	29,52	46,58	50,35	BC	S	L66	1,99	18	19,94	1058,7	QR STUV
L27	24,15	26,56	39,05	50,35	BC	S	IYAC	2	18	20,11	1057,7	R STUV
L296	22,95	24,15	39,05	50,35	BC	S	L136	1,96	17,33	19,62	1041,7	R STUV
L279	26,56	39,05	50,35	50,35	BC	S	L114	1,94	16,67	19,51	1035	R STUV
L118	25,36	26,56	42,82	50,35	BC	S	L44	1,58	14	15,79	838	STUV
L133	22,95	25,36	30,72	50,35	BC	S	L247	1,53	14	15,26	810	STUV
L77	24,15	29,52	39,05	50,41	BC	S	L138	1,46	13,33	14,64	777,33	TUV
L114	25,36	30,72	46,58	63,57	C	S	L279	1,43	13	14,31	759,67	UV
L44	24,15	33,68	42,82	63,57	C	S	L249	1,21	10,67	12,08	641,33	V
Fuente: Esta Investigación.												

Anexo F. Promedios de crecimiento de ataque de roya amarilla (*Puccinia striiformis* W, f. sp. tritici) en las etapas fenológicas de macollamiento, embuchado, espigamiento y llenado de grano y componentes de rendimiento: número de macollas, granos por espiga y peso de mil granos y producción, en los genotipos de trigo evaluados a través de la interacción Genotipo por Localidad GXL

Promedios de crecimiento de ataque de roya amarilla, durante las etapas fenológicas del trigo, acompañado de la prueba de Tukey y clasificación de reacción en campo, para la etapa de llenado de grano para la interacción GXL,							Promedios de componentes de rendimiento y producción, con prueba de Tukey para el rendimiento en kg/ha, analizadas a través de la interacción genotipo por localidad, GXL					
GEN	MAC	EMB	ESPI	LLEN	TUKEY	RC	GEN	MAC	GPE	PMG	PROD	
L156	13,85	21,08	24,51	30,72	A	MR	L156	5,95	53,83	55,06	3165,11	A
FAC3	14,99	21,08	26,74	32,11	AB	MR	FL24	5,63	51,01	53,04	2997,33	AB
FAC2	14,99	23,02	26,3	33,5	ABC	MR	FAC2	5,46	49,39	54,34	2905,67	AB
L130	14,99	22,61	27,73	34,35	ABCD	MR	L112	5,18	46,34	51,35	2753,11	BCD
L112	16,52	21,48	27,15	34,75	ABCD	MR	L130	5,17	46,91	49,8	2751,89	BCD
L119	19,2	25,61	31,31	35,74	ABCDE	MR	L230	4,92	43,76	49,08	2618,11	BCD
L92	21,81	24,55	28,53	36,14	ABCDE	MR	L41	4,74	42,83	50,08	2523,22	DEF
L173	18,8	25,21	31,31	37	ABCDEF	MR	L173	4,68	41,54	47,9	2491,22	DEFG
L274	16,12	23,82	34,49	37,4	ABCDEF	MR	L119	4,66	39,92	39,11	2477,89	DEFG
L41	18,06	25,21	33,1	37,53	ABCDEF	MR	L123	4,65	41,92	42,48	2476,67	DEFG
L278	19,54	24,55	30,37	37,66	ABCDEF	MR	L69	4,59	41,72	45,05	2443,78	DEFGHI
L230	19,54	23,02	30,72	38,92	ABCDEF	MR	L92	4,56	41,92	43,5	2425,11	FGHI
L137	17,66	23,82	32,11	38,92	ABCDEF	MR	L274	4,56	41,66	37,95	2424,56	FGHI
L47	19,94	25,76	29,34	38,92	ABCDEF	MR	L42	4,47	44,69	46,1	2376,33	EFGHI
L172	19,54	24,15	36,14	40,04	ABCDEF	MR	L133	4,45	39,98	44,11	2364,67	EFGHIJ
L42	18,8	27,73	35,87	40,04	ABCDEF	MR	L172	4,34	39,62	39,45	2307,22	EFGHIJK
L69	21,48	25,36	29,92	40,17	ABCDEF	MR	L278	4,32	39,24	48,37	2301	EFGHIJK
L171	22,61	24,96	29,34	40,31	ABCDEF	MR	L118	4,28	39,15	39,25	2274,78	GHIJKLM
L57	18,8	24,96	34,75	40,31	ABCDEF	MR	L296	4,25	39,617	41,9	2259	GHIJKLM
L58	19,54	24,96	33,1	41,43	ABCDEF	MS	L58	4,23	38,71	46,14	2251,67	FGHIJKLM
L134	19,94	23,82	36,27	41,56	ABCDEF	MS	L171	4,21	38,29	43,84	2239,33	FGHIJKLM
L205	18,8	23,42	37,13	41,56	ABCDEF	MS	L27	4,17	38,1	41,54	2221,22	GHIJKLMN
L280	17,22	24,96	31,71	41,56	ABCDEF	MS	L137	4,14	36,24	34,57	2202,78	GHIJKLMN
L147	21,48	26,34	32,11	41,56	ABCDEF	MS	L205	4,12	37,78	38,46	2194,89	GHIJKLMN
L127	18,8	25,94	33,5	41,56	ABCDEF	MS	L280	4,03	36,34	37,17	2143,56	HIJKLMN
L247	19,94	21,88	34,49	42,55	BCDEF	MS	L138	4,02	36,45	40,63	2139,89	HIJKLMN
L138	18,4	29,52	37,4	42,65	BCDEF	MS	L247	4	37,53	35,68	2129,78	HIJKLMN
L296	17,26	23,35	29,52	42,65	BCDEF	MS	L98	3,91	35,41	39,21	2081,44	IJKLMN
FAT8	24,15	27,55	34,89	42,65	BCDEF	MS	L47	3,89	36,12	42,04	2069,78	IJKLMN
IYAC	22,86	28,05	36,14	42,82	BCDEF	MS	FAT8	3,86	34,96	42,18	2055,44	IJKLMN
L133	20,67	24,96	30,72	42,82	BCDEF	MS	IYAC	3,85	34,81	37,84	2046,44	IJKLMN
L118	19,2	23,82	36,14	43,94	CDEF	MS	L147	3,78	34,9	36,81	2012,78	KLMN
0SUR	21,88	28,93	34,89	44,07	CDEF	MS	L134	3,67	33,2	41,74	1952,33	LMNOPQ
L144	21,08	26,16	38,79	44,07	CDEF	MS	L77	3,66	33,05	37,59	1946,22	LMNOPQ
FL24	17,66	24,07	36,19	44,07	CDEF	MS	0SUR	3,66	33,09	39,99	1945,67	LMNOPQ
L136	21,48	27,15	37,13	44,07	CDEF	MS	L57	3,63	32,92	33,66	1931,78	MNOPQ
L222	22,21	27,73	40,17	44,07	CDEF	MS	L102	3,5	31,65	37,23	1869,67	NOPQR

L27	18,8	25,36	36,27	44,07	CDEFGHI	MS	L144	3,47	32,34	38,06	1845	NOPQR
L117	23,02	27,15	37,53	45,33	DEFGHI	MS	L44	3,38	30,66	33,24	1798,78	OPQR
L98	20,67	25,37	38,92	45,37	DEFGHI	MS	L117	3,32	30,01	36,78	1764,78	OPQR
L77	21,88	27,55	37,53	46,6	EFGHI	MS	FAC3	3,2	28,92	32,59	1700,33	PQRS
IGUA	24,22	32,11	38,92	47,84	FGHI	MS	IGAU	3,13	28,76	36,07	1665	QRS
L279	24,96	34,89	44,07	47,84	FGHI	MS	L114	2,99	26,65	35,86	1590,89	RST
L102	24,55	31,71	40,31	47,84	FGHI	MS	L222	2,96	26,8	34,25	1574,44	RST
L249	25,54	30,72	43,94	47,84	FGHI	MS	L136	2,71	25,61	31,08	1440,44	STU
L44	20,34	26,19	38,38	48,21	FGHI	MS	L249	2,46	22,46	24,72	1310,22	TU
L66	25,94	30,32	42,82	49,09	GHI	MS	L279	2,44	22,17	29,66	1297,56	TU
L114	24,15	28,53	40,04	52,24	HI	S	L66	2,42	21,96	30,11	1286,33	TU
L11	30,32	35,74	45,33	53,5	I	S	L11	2,24	21,79	34,88	1188,44	U

Fuente: Esta Investigación.

Anexo G. Comparación de promedios mediante la prueba de Tukey para los componentes de rendimiento y producción, para interacción genotipo por Localidad. GXL.

N° MACOLLAS/PLANTA			N° GRANOS POR ESPIGA			PESO MIL GRANOS			RENDIMIENTO KG/HA		
GEN	MED	TUKEY	GEN	MED	TUKEY	GEN	MED	TUKEY	GEN	MEDI	TUKEY
L156	5,95	A	L156	53,83	A	L156	55,06	A	L156	3165,11	A
FL24	5,63	AB	FL24	51,01	AB	FAC2	54,34	AB	FL24	2997,33	AB
FAC2	5,46	ABC	FAC2	49,39	ABC	FL24	53,04	ABC	FAC2	2905,67	AB
L112	5,18	BCD	L130	46,91	BCD	L112	51,35	ABCD	L112	2753,11	BCD
L130	5,17	BCD	L112	46,34	BCD	L41	50,08	ABCDE	L130	2751,89	BCD
L230	4,92	CDE	L42	44,69	CDE	L130	49,8	BCDE	L230	2618,11	BCD
L41	4,74	DEF	L230	43,76	DEF	L230	49,08	CDEF	L41	2523,22	DEF
L173	4,68	DEFG	L41	42,83	DEFG	L278	48,37	CDEFG	L173	2491,22	DEFG
L119	4,66	DEFG	L92	41,92	DEFG	L173	47,9	DEFG	L119	2477,89	DEFG
L123	4,65	DEFG	L123	41,92	DEFG	L58	46,14	EFGH	L123	2476,67	DEFG
L69	4,59	DEFGH	L69	41,72	DEFGH	L42	46,1	EFGH	L69	2443,78	DEFGH
L92	4,56	EFGH	L274	41,66	DEFGH	L69	45,05	EFGH	L92	2425,11	EFGH
L274	4,56	EFGH	L173	41,54	DEFGHI	L133	44,11	FGHIJ	L274	2424,56	EFGH
L42	4,47	EFGHI	L133	39,98	DEFGHI	L171	43,84	GHIJ	L42	2376,33	EFGHI
L133	4,45	EFGHIJ	L119	39,92	EFGHIJ	L92	43,5	GHIJK	L133	2364,67	EFGHIJ
L172	4,34	EFGHIJK	L296	39,617	EFGHIJ	L123	42,48	HIJKL	L172	2307,22	EFGHIJK
L278	4,32	EFGHIJK	L172	39,62	FGHIJ	FAT8	42,18	HIJKLM	L278	2301	EFGHIJK
L118	4,28	FGHIJK	L278	39,24	FGHIJ	L47	42,04	HIJKLM	L118	2274,78	FGHIJKL
L296	4,25	FGHIJKL	L118	39,15	FGHIJ	L296	41,9	HIJKLM	L296	2259	FGHIJKL
L58	4,23	FGHIJKLM	L58	38,71	GHIJK	L134	41,74	HIJKLMNO	L58	2251,67	FGHIJKLM
L171	4,21	FGHIJKLM	L171	38,29	GHIJK	L27	41,54	HIJKLMNO	L171	2239,33	FGHIJKLM
L27	4,17	FGHIJKLM	L27	38,1	GHIJK	L138	40,63	IJKLMNO	L27	2221,22	GHIJKLMN
L137	4,14	FGHIJKLM	L205	37,78	GHIJKL	OSUR	39,99	IJKLMNO	L137	2202,78	GHIJKLMN
L205	4,12	GHIJKLM	L247	37,53	HIJKLM	L172	39,45	KKLMNOP	L205	2194,89	GHIJKLMN
L280	4,03	HIJKLMN	L138	36,45	HIJKLM	L118	39,25	JKLMNOPQ	L280	2143,56	HIJKLMN
L138	4,02	HIJKLMN	L280	36,34	HIJKLM	L98	39,21	JKLMNOPQ	L138	2139,89	HIJKLMN

L247	4	HIJKLMN	L137	36,24	IJKLM	L119	39,11	JKLMNO	L247	2129,78	HIJKLMN
L98	3,91	IJKLMNO	L47	36,12	JKLM	L205	38,46	KLMNOPQR	L98	2081,44	IJKLMN
L47	3,89	IJKLMNO	L98	35,41	JKLMN	L144	38,06	KLMNOPQRS	L47	2069,78	IJKLMN
FAT8	3,86	IJKLMNO	FAT8	34,96	IJKLMNO	L274	37,95	KLMNOPQRS	FAT8	2055,44	IJKLMN
IYAC	3,85	IJKLMNO	L147	34,9	IJKLMNO	IYAC	37,84	KLMNOPQRS	IYAC	2046,44	IJKLMN
L147	3,78	KLMNOP	IYAC	34,81	IJKLMNO	L77	37,59	LMNOPQRST	L147	2012,78	KLMN
L134	3,67	LMNOPQ	L134	33,2	KLMNOP	L102	37,23	MNOPQRST	L134	1952,33	LMNOPQ
OSUR	3,66	LMNOPQ	OSUR	33,09	KLMNOP	L280	37,17	MNOPQRST	L77	1946,22	LMNOPQ
L77	3,66	LMNOPQ	L77	33,05	KLMNOP	L147	36,81	NOPQRST	OSUR	1945,67	LMNOPQ
L57	3,63	MNOPQ	L57	32,92	KLMNOP	L117	36,78	NOPQRST	L57	1931,78	LMNOP
L102	3,5	NOPQR	L144	32,34	LMNOP	IGAU	36,07	OPQRSTU	L102	1869,67	MNOP
L144	3,47	NOPQR	L102	31,65	MNOPQ	L114	35,86	OPQRSTU	L144	1845	MNOP
L44	3,38	OPQR	L44	30,66	NOPQR	L247	35,68	OPQRSTU	L44	1798,78	NOPQ
L117	3,32	OPQR	L117	30,01	OPQR	L11	34,88	PQRSTUV	L117	1764,78	NOPQ
FAC3	3,2	PQRS	FAC3	28,92	PQR	L137	34,57	PQRSTUVW	FAC3	1700,33	OPQ
IGUA	3,13	QRS	IGAU	28,76	PQR	L222	34,25	QRSTUVW	IGAU	1665	PQR
L114	2,99	RST	L222	26,8	QRS	L57	33,66	RSTUVW	L114	1590,89	QRS
L222	2,96	RST	L114	26,65	QRS	L44	33,24	STUVW	L222	1574,44	QRS
L136	2,71	STU	L136	25,61	RS	FAC3	32,59	TUVW	L136	1440,44	STU
L249	2,46	TU	L249	22,46	S	L136	31,08	UVW	L249	1310,22	TU
L279	2,44	TU	L279	22,17	S	L66	30,11	VW	L279	1297,56	TU
L66	2,42	TU	L66	21,96	S	L279	29,66	XW	L66	1286,33	TU
L11	2,24	U	L11	21,79	S	L249	24,72	X	L11	1188,44	U

Anexo H. ANDEVA: Ataque de la roya amarilla (*Puccinia striiformis* W, f. sp. tritici), para la etapa de llenado de grano en la Localidad de Ipiales.

F.V	GL	SC	CM	F	Pr > F
GEN	48	6144,42	128,01	2,89	< 0,0001
ERROR	98	4337,23	44,26		
TOTAL	146	10481,65			
VARIABLE	N	R2	CV		
ROYA LLENADO	147	0,59	16,96		

Fuente Esta Investigación.

Anexo I. ANDEVA: Rendimiento en kilogramos por hectárea Localidad Ipiales.

F.V	GL	SC	CM	F	Pr > F
GEN	48	46169140,5	961857,09	37,28	0,0001
ERROR	96	2528758,67	25803,66		
TOTAL	146	48697899,1			
VARIABLE	N	R2	CV		
Kg. HA	147	0,95	6,28		

Fuente. Esta investigación.

Anexo J. ANDEVA: Ataque de la roya amarilla (*Puccinia striiformis* W, f. sp. tritici), para la etapa de llenado de grano, Localidad de Tuquerres.

F.V	GL	SC	CM	F	Pr > F
GEN	48	6339,89	132,08	5,09	< 0,0001
ERROR	98	2543,22	25,95		
TOTAL	146	8883,11			
VARIABLE	N	R2	CV		
ROYA LLENADO	147	0,71	12,21		

Fuente: Esta Investigación

Anexo. K ANDEVA: Rendimiento en kilogramos por hectárea Localidad Tuquerres.

F.V	GL	SC	CM	F	Pr > F
GEN	48	59187064	1233063	40,62	0,0001
ERROR	98	2674679,33	30353,87		
TOTAL	146	62161743,3			
VARIABLE	N	R2	CV		
Kg. Ha	147	0,95	8,09		

Fuente: Esta investigación.

Anexo L .ANDEVA: Ataque de la roya amarilla (*Puccinia striiformis* W, f. sp. tritici), para la etapa de llenado de grano en la Localidad Ospina.

F.V	GL	SC	CM	F	Pr > F
GEN	48	7691,79	160,25	3,78	< 0,0001
ERROR	98	4159,89	42,45		
TOTAL	146	11851,68			
VARIABLE	N	R2	CV		
ROYA LLENADO	147	0,65	14,62		

Anexo M. ANDEVA: Rendimiento en kilogramos por hectárea. Localidad Ospina.

F.V	GL	SC	CM	F	Pr > F
GEN	48	53197794,2	1108287,38	35,24	0,0001
ERROR	98	3081862,67	31477,58		
TOTAL	146	56279656,8			
VARIABLE	N	R2	CV		
KILOGRAMOS Ha	147	0,95	10,63		

Anexo N. ANDEVA: Ataque de la roya amarilla (*Puccinia striiformis* W, f. sp. tritici), para la etapa del llenado de grano. Interacción Genotipo por Localidad.

F.V	GL	SC	CM	F	Pr > F
LOCALIDAD	2	2091,53	1045,7659	27,9	<0,0001
REP (LOC)	6	246,49	41,082	1,1	0,3647
TRATAMIENTO	48	10355,75	215,744	5,76	<0,0001
LOCALIDAD*TRATAMIENTO	96	9820,35	102,295	2,73	<0,0001
VARIABLE	N	R2	CV		
LLENADO G X L	441	0,65	14,63		

Fuente: Esta Investigación.

Anexo Ñ. ANDEVA: Número de macollas por planta, Interacción GXL.

F.V	GL	SC	CM	F	Pr > F
LOCALIDAD	2	206,91	103,456	1030,91	0,0001
REP (LOC)	6	1,402	0,2337	2,33	0,0327
GEN	48	301,906	6,29	62,68	0,0001
LOCALIDAD*GEN	96	258,118	2,689	26,79	0,0001
VARIABLE	N	R2	CV		
NÚMERO DE MACOLLAS	441	0,9637	7,92		

Fuente: Esta Investigación

Anexo O. ANDEVA: Número de granos por espiga Interacción GXL.

F.V	GL	SC	CM	F	Pr > F
LOCALIDAD	2	16457,21	8228,6	1023,3	0,0001
REP (LOC)	6	107,99	17,99	2,24	0,0397
GEN	48	24035,69	500,74	62,27	0,0001
LOCALIDAD*GEN	96	21524,52	224,21	27,88	0,0001
VARIABLE	N	R2	CV		
NÚMERO DE MACOLLAS	441	0,964	7,8		

Fuente: Esta Investigación

Anexo P. ANDEVA : Peso de mil granos Interacción GXL.

F.V	GL	SC	CM	F	Pr > F
LOCALIDAD	2	23597,92	11798,96	1642,87	0,0001
REP (LOC)	6	131,7	21,95	3,06	0,0065
GEN	48	19447,86	405,16	56,41	0,0001
LOCALIDAD*GEN	96	22887,04	238,41	33,2	0,0001
VARIABLE	N	R2	CV		
PESO MIL GRANOS	441	0,96	6,63		

Fuente: Esta Investigación

Anexo Q. ANDEVA: Rendimiento en kilogramos por hectárea Interacción Genotipo por Localidad.

F.V	GL	SC	CM	F	Pr > F
LOCALIDAD	2	58603414,3	29301707,1	1030,43	0,0001
REP (LOC)	6	395650,08	65941,68	2,32	0,0334
GEN	48	85521104,2	1781689,67	62,66	0,0001
LOCALIDAD* GEN	96	73032894,4	76759,32	26,75	0,0001
VARIABLE	N	R2	CV		
Kg. Ha	441	0,96	7,92		

Fuente: Esta investigación.

ANEXO R. Comparación de promedios para los componentes de rendimiento y producción, para los 49 genotipos de trigo, en las Localidades de Ipiales, Tuquerres y Ospina.

MACOLLAS PLANTA			GRANOS POR ESPIGA			PESO MIL GRANOS			PROD KG/HA		
LOC	MEDIA	TUKEY	LOC	MEDIA	TUKEY	LOC	MEDIA	TUKEY	LOC	MEDIA	TUKEY
IPIA	4,81	A	IPIA	43,55	A	IPIA	49,3362	A	IPIA	2559,73	A
TUQ	4,07	B	TUQ	36,78	B	TUQ	40,5631	B	TUQ	2153,4	B
OSP	3,13	C	OSP	28,61	C	OSP	31,4193	C	OSP	1667,97	C

Fuente Esta investigación.

Anexo S. Análisis de correlación para las variables porcentaje de ataque de roya amarilla, número de macollas por planta, número de granos por espiga, peso de 1000 granos y rendimiento.

	%ROYA	MACOLLAS	Nº GPE	PESO MG	RENDIMIENTO
%ROYA	1	0,74132304*	0,72986132*	0,61140557*	0,740688244*
MACOLLAS		1	0,9936157*	0,88684573*	0,999990469*
Nº GPE			1	0,89251684*	0,993552359*
PESO MG				1	0,886855307*
RENDIMIENTO					1

Grados de libertad = 47
Comparador al 95% = 0, 273

Anexo T. Modelo fenotípico de medias para las variables porcentaje de ataque de roya amarilla y rendimiento.

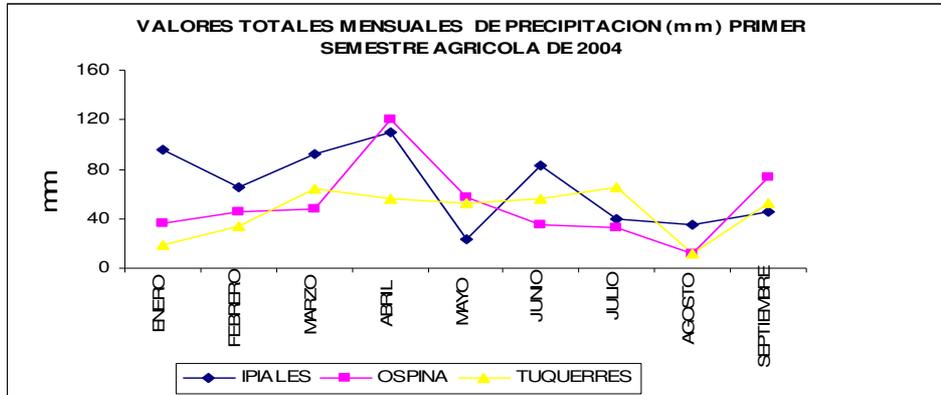
Tabla 1 Modelo fenotípico de medias para la variable porcentaje de ataque de roya amarilla						
GEN	AMBIENTE					
G	IPIA	OSP	TUQ	G	g	
L98	39,05	50,35	46,70	45,37	3,50	
L92	34,89	30,72	42,82	36,14	-5,72	
L77	39,05	50,35	50,41	46,60	4,74	
L69	39,05	34,89	46,58	40,17	-1,69	
L66	46,58	50,35	50,35	49,09	7,23	
L58	42,82	34,89	46,58	41,43	-0,44	
L57	39,05	42,82	39,05	40,31	-1,56	
L47	34,89	42,82	39,05	38,92	-2,95	
L44	30,72	50,35	63,57	48,21	6,35	
L42	38,65	46,58	34,89	40,04	-1,83	
L41	42,82	39,05	30,72	37,53	-4,34	
L296	34,89	42,82	50,35	42,69	0,82	
L280	39,05	39,05	46,58	41,56	-0,31	
L279	42,82	50,35	50,35	47,84	5,97	
L278	39,05	34,89	39,05	37,66	-4,20	
L274	26,56	46,58	39,05	37,40	-4,47	
L27	39,05	42,82	50,35	44,07	2,21	
L249	42,82	50,35	50,35	47,84	5,97	
L247	30,72	46,58	50,35	42,55	0,68	
L230	42,82	39,05	34,89	38,92	-2,95	
L222	39,05	50,35	42,82	44,07	2,21	
L205	39,05	46,58	39,05	41,56	-0,31	
L173	39,05	46,58	25,36	37,00	-4,87	
L172	30,72	42,82	46,58	40,04	-1,83	
L171	42,82	39,05	39,05	40,31	-1,56	
L156	34,89	30,72	30,72	32,11	-9,76	
L147	39,05	42,82	42,82	41,56	-0,30	
L144	42,82	39,05	50,35	44,07	2,21	
L138	42,82	34,89	50,35	42,69	0,82	
L137	34,89	39,05	42,82	38,92	-2,95	
L136	46,58	46,58	39,05	44,07	2,20	
L134	42,82	39,05	42,82	41,56	-0,30	
L133	39,05	39,05	50,35	42,82	0,95	
L130	34,89	25,36	42,82	34,36	-7,51	
L127	42,82	42,82	39,05	41,56	-0,30	
L118	34,89	39,05	42,82	38,92	-2,95	
L117	42,82	46,58	50,35	46,58	4,72	
L114	46,58	46,58	46,58	46,58	4,71	
L112	30,72	46,58	63,57	46,96	5,09	
L11	63,57	30,72	42,82	45,70	3,84	
L102	50,35	46,58	50,35	49,09	7,23	
L 119	25,36	46,58	46,58	39,51	-2,36	
IYAC	39,05	39,05	50,35	42,82	0,95	
IGUA	46,58	50,35	46,58	47,84	5,97	
FL24	39,05	42,82	50,35	44,07	2,21	
FAT8	38,65	42,82	46,58	42,68	0,82	
FAC3	30,72	30,72	34,89	32,11	-9,76	
FAC2	34,89	26,56	39,05	33,50	-8,37	
OSUR	46,58	39,05	46,58	44,07	2,20	
E	39,32	41,72	44,56	41,87	-41,87	
e	-2,55	-0,14	2,69	0,00		

GEN	AMBIENTE		
G	IPIA	TUQ	OSP
L98	-3,77	5,13	-1,36
L92	1,30	-5,28	3,98
L77	-5,00	3,89	1,11
L69	1,43	-5,14	3,71
L66	0,04	1,40	-1,44
L58	3,94	-6,40	2,46
L57	1,29	2,66	-3,95
L47	-1,48	4,04	-2,56
L44	-14,94	2,28	12,66
L42	1,16	6,68	-7,84
L41	7,84	1,66	-9,50
L296	-5,25	0,28	4,97
L280	0,04	-2,37	2,33
L279	-2,47	2,65	-0,18
L278	3,94	-2,63	-1,31
L274	-8,29	9,33	-1,04
L27	-2,47	-1,11	3,58
L249	-2,47	2,65	-0,18
L247	-9,28	4,17	5,11
L230	6,45	0,27	-6,72
L222	-2,47	6,42	-3,95
L205	0,04	5,16	-5,20
L173	4,60	9,73	-14,33
L172	-6,77	2,92	3,85
L171	5,06	-1,11	-3,95
L156	5,33	-1,25	-4,08
L147	0,04	1,40	-1,44
L144	1,30	-4,88	3,58
L138	2,68	-7,65	4,97
L137	-1,48	0,27	1,21
L136	5,06	2,65	-7,71
L134	3,81	-2,37	-1,44
L133	-1,22	-3,62	4,84
L130	3,08	-8,85	5,77
L127	3,81	1,40	-5,21
L118	-1,48	0,27	1,21
L117	-1,21	0,14	1,07
L114	2,55	0,14	-2,69
L112	-13,69	-0,23	13,92
L11	20,42	-14,84	-5,58
L102	3,81	-2,37	-1,44
L 119	-11,60	7,22	4,38
IYAC	-1,22	-3,62	4,84
IGUA	1,29	2,66	-3,95
FL24	-2,47	-1,11	3,58
FAT8	-1,48	0,28	1,20
FAC3	1,16	-1,25	0,09
FAC2	3,94	-6,80	2,86
OSUR	5,06	-4,88	-0,18
	2,55	0,14	-2,69

Tabla 2 Modelo fenotípico de medias para la variable rendimiento.

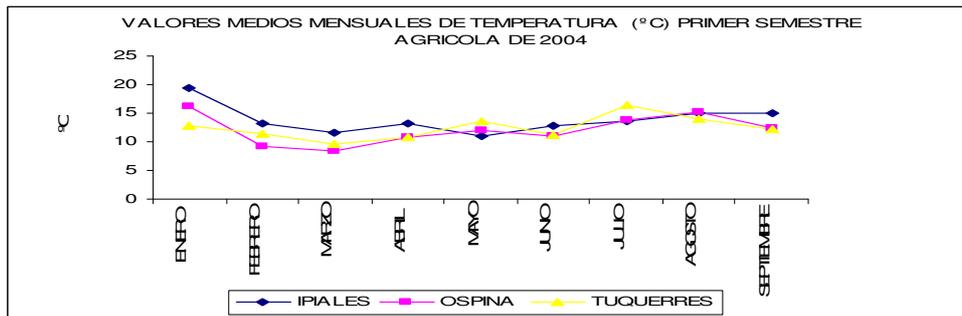
GEN	AMBIENTE					GEN	AMBIENTE			
G	IPIA	TUQ	OSP	G	G	G	IPIA	TUQ	OSP	
L98	2846,7	1356,30	2041,33	2081,44	-45,44	L98	332,42	-751,64	419,23	
L92	2955,3	2663,67	1656,33	2425,10	298,22	L92	97,36	212,07	-309,43	
L77	2630,7	2020,30	1187,70	1946,23	-180,65	L77	251,63	47,57	-299,19	
L69	2630,7	2742,67	1958,00	2443,79	316,91	L69	-245,93	272,38	-26,45	
L66	1525	1275,30	1058,70	1286,33	-840,55	L66	-194,17	-37,53	231,71	
L58	2350,33	2562,33	1842,33	2251,66	124,78	L58	-334,17	284,17	50,01	
L57	2858	1474,30	1463,00	1931,77	-195,12	L57	493,39	-483,97	-9,43	
L47	2416,33	2344,00	1449,00	2069,78	-57,11	L47	-86,29	247,72	-161,44	
L44	3103	1455,30	838,00	1798,77	-328,12	L44	871,39	-369,97	-501,43	
L42	2389,33	2371,00	2368,00	2376,11	249,23	L42	-419,62	-31,61	451,23	
L41	2106,67	2577,00	2886,00	2523,22	396,34	L41	-849,39	27,28	822,12	
L296	2990,3	2534,33	1252,30	2258,98	132,09	L296	298,48	248,85	-547,34	
L280	2853,7	1803,00	1774,00	2143,57	16,68	L280	277,29	-367,07	89,77	
L279	1824	1309,00	759,67	1297,56	-829,33	L279	93,60	-15,06	-78,55	
L278	1767,33	2884,67	2251,00	2301,00	174,12	L278	-966,51	557,17	409,34	
L274	3599	1676,70	1998,00	2424,57	297,68	L274	741,59	-774,37	32,77	
L27	2775	2454,67	1434,00	2221,22	94,34	L27	120,94	206,95	-327,88	
L249	2384,67	904,67	641,33	1310,22	-816,66	L249	641,61	-432,05	-209,55	
L247	3313,3	2266,00	810,00	2129,77	2,88	L247	750,69	109,73	-860,43	
L230	2534	2617,00	2703,33	2618,11	491,23	L230	-516,95	-27,61	544,56	
L222	1801	1756,00	1166,30	1574,43	-552,45	L222	-206,27	155,07	51,21	
L205	2813,3	1980,00	1781,33	2191,54	64,66	L205	188,92	-238,04	49,13	
L173	2617,33	1808,30	3048,00	2491,21	364,33	L173	-306,72	-709,41	1016,1	
L172	3029	2562,67	1330,00	2307,22	180,34	L172	288,94	228,95	-517,88	
L171	2559	2363,33	1795,67	2239,33	112,45	L171	-113,17	97,50	15,68	
L156	3507,3	2972,33	3015,67	3165,10	1038,22	L156	-90,64	-219,27	309,91	
L147	2796	1432,00	1810,33	2012,78	-114,11	L147	350,38	-607,28	256,89	
L144	1708	2685,67	1141,30	1844,99	-281,89	L144	-569,83	814,18	-244,35	
L138	2621,33	3021,00	777,33	2139,89	13,00	L138	48,60	854,61	-903,22	
L137	3244,3	1876,70	1487,30	2202,77	75,88	L137	608,69	-352,57	-256,13	
L136	1955	1324,70	1041,70	1440,47	-686,42	L136	81,69	-142,27	60,57	
L134	1671,67	1958,00	2227,33	1952,33	-174,55	L134	-713,50	-20,83	734,34	
L133	2834,3	2595,67	1664,00	2364,66	237,77	L133	36,80	204,51	-241,32	
L130	2960,3	3688,00	1607,30	2751,87	624,98	L130	-224,41	909,63	-685,23	
L123	2877,3	2575,67	1977,00	2476,66	349,77	L123	-32,20	72,51	-40,32	
L119	3415	1937,00	2081,67	2477,89	351,01	L119	504,27	-567,39	63,12	
L118	3083	2402,67	1338,70	2274,79	147,91	L118	375,37	101,38	-476,75	
L117	2263	1391,00	1640,30	1764,77	-362,12	L117	65,39	-400,27	334,87	
L114	2085	1652,00	1035,00	1590,67	-536,22	L114	61,49	34,83	-96,33	
L112	3022,3	3204,00	2033,00	2753,10	626,22	L112	-163,64	424,40	-260,76	
L11	794,33	1427,30	1343,70	1188,44	-938,44	L11	-826,95	212,36	614,60	
L102	2228,67	1392,00	1961,33	1860,67	-266,22	L102	-64,84	-495,17	560,00	
IYAC	2571	2500,67	1057,70	2043,12	-83,76	IYAC	95,04	431,05	-526,08	
IGUA	2087,33	1474,30	1433,30	1664,98	-461,91	IGUA	-10,49	-217,18	227,66	
FL24	3165	3227,33	2599,67	2997,33	870,45	FL24	-265,17	203,50	61,68	
FAT8	2299	2005,00	1862,33	2055,44	-71,44	FAT8	-189,28	-76,94	266,23	
FAC3	2521	1494,00	1086,00	1700,33	-426,55	FAC3	387,83	-232,83	-154,99	
FAC2	2904,7	3174,00	2638,33	2905,68	778,79	FAC2	-433,82	241,82	191,99	
OSUR	2138,67	2342,33	1356,00	1945,67	-181,22	OSUR	-239,84	370,16	-130,33	
E	2559,72	2153,38	1667,54	2126,88	-2126,88		-432,84	-26,50	459,34	
e	432,84	26,50	-459,34	0,00						

Anexo U. Precipitación primer semestre 2004.



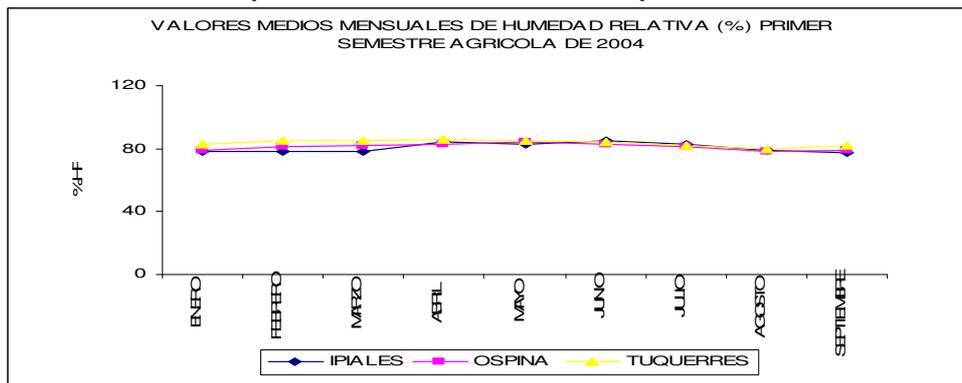
Fuente: Esta Investigación.

Anexo V. Valores promedio de temperatura primer semestre 2004.



Fuente: Esta Investigación

Anexo W. Valores promedio de Humedad relativa primer semestre 2004.



Fuente: Esta Investigación