



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



Virulencia de 06 haplotipos de *Pyricularia grisea*, en 70 materiales genéticos de arroz (*Oryza sativa*), bajo condiciones controladas de invernadero, en la provincia de San Martín

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo

AUTOR:

Edson Esmith Torres Chávez

ASESOR:

Ing. Eybis José Flores García

**Tarapoto – Perú
2011**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



Virulencia de 06 haplotipos de *Pyricularia grisea*, en 70 materiales genéticos de arroz (*Oryza sativa*), bajo condiciones controladas de invernadero, en la provincia de San Martín

AUTOR:

Edson Esmith Torres Chávez

Sustentada y aprobada el 23 diciembre del 2011, ante el honorable jurado

.....
Ing. M.Sc. Segundo Darío Maldonado Vásquez
Presidente

.....
M.Sc. Ing. Elías Torres Flores
Secretario

.....
Ing. María Emilia Ruiz Sánchez
Miembro

.....
Ing. Eybis José Flores García
Asesor

Declaración de Autenticidad

Edson Esmith Torres Chávez, egresado(a) de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Escuela Profesional de AGRONOMÍA, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con DNI N° 45255062, con la tesis titulada: **Virulencia de 06 haplotipos de *Pyricularia grisea*, en 70 materiales genéticos de arroz (*Oryza sativa*), bajo condiciones controladas de invernadero, en la provincia de San Martín.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), **falsificación** (al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 23 de diciembre del 2011


Edson Esmith Torres Chávez
DNI N° 45255062



Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres: TORRES CHAVEZ EDSON ESMITH	
Código de alumno : 041097	Teléfono: 931363164
Correo electrónico : torres_2013_25@hotmail.com	DNI: 45255067

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de: CIENCIAS AGRARIAS
Escuela Profesional de: AGRONOMIA

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos de trabajo de investigación

Título: VIRULENCIAS DE 06 HAPLOTIPOS DE <i>Pyricularia grisea</i> , EN 70 PROTERIOTIPOS GENÉTICOS DE ARROZ (VARIEDAD SALVA), BAJO CONDICIONES CONTROLADAS DE INVERNADERO, EN LA PROVINCIA DE SAN MARTÍN
Año de publicación: 2011

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indiquen el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el Título Profesional o Grado Académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica.

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el Inciso 12.2, del Artículo 12° del Reglamento Nacional de Trabajos de Investigaciones para optar Grados Académicos y Títulos Profesionales –RENATI “Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA”.



.....
Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM-T.

Fecha de recepción del documento:

05, 06, 2019



.....
Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM-T.

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

****Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Índice general

	Página
Resumen	xi
Abstract	xii
Introducción	1
CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
1.1 Fundamentos teóricos	3
1.1.1 El cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i>)	3
1.1.2 Morfología	4
1.1.3 Requerimientos medioambientales	5
1.1.4 Requerimientos hidráticos	5
1.1.5 Requerimientos edáficos	6
1.1.6 Requerimientos nutricionales	6
1.2 Características del hongo <i>Pyricularia grisea</i>	6
1.2.1 Morfología	7
1.2.2 Etiología	7
1.2.3 Sintomatología	8
1.2.4 Severidad	9
1.2.5 Ciclo de vida del hongo	9
1.2.6 Ciclo de la enfermedad	10
1.2.7 Variabilidad y diversidad genética	11
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	13
2.1 Tipo y nivel de investigación	13
2.2 Diseño de investigación	13
2.3 Población y muestra	13
2.4 Técnica e instrumento de recolección de datos	14
2.5 Características del área experimental	14
2.6 Haplotipos de <i>Pyricularia grisea</i> en estudio	14
2.7 Líneas de arroz contrastantes para el estudio	15
2.8 Conducción del experimento	15

CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
3.1 Resultados	24
3.2 Discusión.....	43
CONCLUSIONES	50
RECOMENDACIONES	52
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

Índice de tablas

	Página
Tabla 1: Haplotipos en estudio	15
Tabla 2: Resultados del análisis físico-químico del sustrato esterilizado.....	17
Tabla 3: Equivalencias de evaluación para <i>Pyricularia grisea</i>	22
Tabla 4: Reacción de 47 líneas diferenciales al aislamiento 19847-1 de <i>Pyricularia grisea</i>	24
Tabla 5: Reacción de 47 líneas diferenciales al aislamiento 19847-1 de <i>Pyricularia grisea</i>	25
Tabla 6: Reacción al Haplotipo 14-aislamiento Huallaga INIA 11-1- <i>Pyricularia</i> <i>grisea</i> de 09 variedades colombianas	26
Tabla 7: Reacción de 11 variedades peruanas y 03 líneas promisorias al aislamiento 19847-1 de <i>Pyricularia grisea</i>	26
Tabla 8: Reacción de 47 líneas diferenciales de arroz al aislamiento PLP2 2-1 (18541-3) de <i>Pyricularia grisea</i>	27
Tabla 9: Reacción de 47 líneas diferenciales de arroz al aislamiento PLP2 2-1 (18541-3) de <i>Pyricularia grisea</i>	28
Tabla 10: Reacción de 09 variedades colombianas de arroz al aislamiento PLP2 2- 1 (18541-3) de <i>Pyricularia grisea</i>	29
Tabla 11: Reacción de 11 variedades peruanas de arroz y 03 líneas promisorias al aislamiento PLP2 2-1 (18541-3) de <i>Pyricularia grisea</i>	29
Tabla 12: Reacción de 47 líneas diferenciales de arroz al aislamiento Moro 1-1 (19188-1) de <i>Pyricularia grisea</i>	30
Tabla 13: Reacción de 47 líneas diferenciales de arroz al aislamiento Moro 1-1 (19188-1) de <i>Pyricularia grisea</i>	31
Tabla 14: Reacción de 09 variedades colombianas de arroz al aislamiento Moro 1- 1 (19188-1) de <i>Pyricularia grisea</i>	32
Tabla 15: Reacción de 11 variedades peruanas de arroz y 03 líneas promisorias de arroz al aislamiento Moro 1-1 (19188-1).....	32
Tabla 16: Reacción de 47 líneas diferenciales de arroz al aislamiento Selva Alta 10-1 (19823-2) de <i>Pyricularia grisea</i>	33

Tabla 17: Reacción de 47 líneas diferenciales de arroz al aislamiento Selva Alta 10-1 (19823-2) de <i>Pyricularia grisea</i>	34
Tabla 18: Reacción de 09 variedades colombianas de arroz al aislamiento Selva Alta 10-1 (19823-2) de <i>Pyricularia grisea</i>	35
Tabla 19: Reacción de 09 variedades peruanas de arroz y 03 líneas promisorias de arroz al aislamiento Selva Alta 10-1 (19823-2).....	35
Tabla 20: Reacción de 47 líneas diferenciales de arroz al aislamiento Viflor 3-1 (18527-6) de <i>Pyricularia grisea</i>	36
Tabla 21: Reacción de 47 líneas diferenciales de arroz al aislamiento Viflor 3-1 (18527-6) de <i>Pyricularia grisea</i>	37
Tabla 22: Reacción de 09 variedades colombianas de arroz al aislamiento Viflor 3-1 (18527-6) de <i>Pyricularia grisea</i>	37
Tabla 23: Reacción de 11 variedades peruanas de arroz y 03 líneas promisorias al aislamiento Viflor 3-1 (18527-6).....	38
Tabla 24: Reacción de 47 líneas diferenciales de arroz al aislamiento PLP3 6-1 (18545-8) de <i>Pyricularia grisea</i>	39
Tabla 25: Reacción de 47 líneas diferenciales de arroz al aislamiento PLP3 6-1 (18545-8) de <i>Pyricularia grisea</i>	40
Tabla 26: Reacción de 09 variedades colombianas de arroz al aislamiento PLP3 6-1 (18545-8) de <i>Pyricularia grisea</i>	41
Tabla 27: Reacción de 11 variedades peruanas de arroz y 03 líneas promisorias al aislamiento PLP3 6-1 (18545-8).....	41

Índice de figuras

	Página
Figura 1: Esterilización de suelo agrícola	16
Figura 2: Siembra de líneas y variedades de arroz.....	18
Figura 3: Fertilización nitrogenada de las líneas y variedades de arroz.....	19
Figura 4: Plaqueado.....	20
Figura 5: Siembra del inóculo	20
Figura 6: Incubación del inóculo.....	20
Figura 7: Colonia de <i>P. grisea</i> (5 dds)	20
Figura 8: Desinfección de bombilla nebulizadora.....	21
Figura 9: Llenado del frasco de 25 ml con suspensión de espora.....	21
Figura 10: Inoculación de las líneas y variedades de arroz con <i>P. grisea</i>	22
Figura 11: Plántulas de arroz inóculadas con <i>P. grisea</i>	22
Figura 12: Evaluación	23
Figura 13: Tipo de lesión 4 - <i>P. grisea</i>	23
Figura 14: Evaluación	23
Figura 15: Variedad Fanny inoculada vs Fanny sin inocular.....	23
Figura 16: Espectro de virulencia de 6 haplotipos de <i>Pyricularia grisea</i> en 47 líneas diferenciales.....	42
Figura 17: Espectro de virulencia de seis haplotipos de <i>Pyricularia grisea</i> en 09 variedades colombianas de arroz	42
Figura 18: Espectro de virulencia de 6 haplotipos de <i>Pyricularia grisea</i> en 14 variedades peruanas de arroz	43

Resumen

El trabajo de investigación titulado “Virulencia de 06 haplotipos de *pyricularia grisea*, en 70 materiales genéticos de arroz (*Oryza sativa*), se desarrolló en los ambientes de investigación de la Estación Experimental Agraria – El Porvenir – INIA, el cual se encuentra ubicado en el Km 14,5 Carretera Sur “Fernando Belaunde Terry”, Distrito de Juan Guerra, Provincia y Región de San Martín, con el objetivo de determinar el espectro de virulencia de seis haplotipos de *Pyricularia grisea* de Perú e identificar el haplotipo más virulento de *Pyricularia grisea* - Linaje 8. El trabajo consistió en inocular individualmente seis haplotipos de *P. grisea* – Raza 8, en 70 genotipos de arroz (47 líneas diferenciales, 10 variedades colombianas, 11 variedades Peruanas y 03 líneas promisorias de arroz desarrolladas por el INIA – Perú), siguiendo el protocolo establecido por el CIAT para este tipo de pruebas; para lo cual se utilizaron aislamientos monospóricos de *Pyricularia grisea* que fueron colectados en Perú y caracterizados molecularmente en los laboratorios del CIAT-Colombia, mediante técnicas de RFLP/PCR y el uso de la sonda MGR. Los resultados nos indica que el haplotipo más virulento de las seis evaluadas es el N° 15 (Aislamiento PLP 2 2-1, código 18541-3), por vencer la resistencia de un mayor número de líneas diferenciales (74.5% de líneas susceptibles); y también fue el que causo mayor susceptibilidad en los otros dos grupos de variedades en estudio (Variedades colombianas = 33.3% y Variedades Peruanas = 64.3%). Al analizar los resultados de las inoculaciones en el grupo de líneas con genes de resistencia, podemos indicar que los genes de resistencia Pi-2 y Pi-9, fueron los únicos efectivos contra los seis haplotipos de la raza 8 de *Pyricularia grisea*; y es muy probable que muchas de nuestras variedades de arroz que han mostrado resistencia en las inoculaciones, posean estos genes de resistencia a *Pyricularia grisea*.

Palabras clave: *Oryza sativa*, *Pyricularia grisea*, virulencia, haplotipo, aislamientos monospóricos, molecularmente en laboratorios, genes de resistencia.

Abstract

The following report titled as "Virulence of *Pyricularia grisea* 06 haplotypes in 70 genetic materials of rice (*Oryza sativa*), was developed in research environments Agricultural Experiment Station - El Porvenir - INIA, which is located in Km 14.5 Carretera Sur "Fernando Belaunde Terry," Guerra Juan District, Province and Region of San Martin, with the aim of determining the spectrum of virulence of *Pyricularia grisea* six haplotypes of Peru and identify the most virulent of *Pyricularia* haplotype *grisea* - Lineage 8. The work consisted of six haplotypes individually inoculated *P. grisea* - Race 8, 70 genotypes of rice (47 differential lines, 10 Colombian varieties, 11 varieties and 03 Peruvian promising lines of rice developed by INIA - Peru), following the protocol established by the IATTC for this type of evidence, for which were used spore isolates of *Pyricularia grisea* were collected in Peru and molecularly characterized in the laboratories of CIAT-Colombia, using techniques of RFLP / PCR and the use of the probe MGR. The results indicates that the haplotype most virulent of the six evaluated is the No. 15 (PLP-2 insulation, code 18541-3), to overcome the resistance of a greater number of differential lines (74.5% susceptible lines) and was also caused increased susceptibility to the other two study groups of varieties (varieties = 33.3% and Colombian Peruvian varieties = 64.3%). In analyzing the results of inoculations in the group of lines with resistance genes, we can indicate that the resistance genes Pi-2 and Pi-9, were the only effective against the six haplotypes of *Pyricularia grisea* race 8, and is likely that many of our varieties of rice that have shown resistance to inoculations, possess these genes for resistance to *Pyricularia grisea*.

Keywords: *Oryza sativa*, *Pyricularia grisea*, virulence, haplotype, spore isolates, molecularly characterized in the laboratories, resistance genes.



Introducción

El arroz (*Oryza sativa*) es uno de los principales alimentos básicos en muchos continentes como del Asia, América Latina y el Caribe, donde el consumo en los diferentes niveles socioeconómicos va en aumento, asimismo este cereal es uno de los principales alimentos en las familias del Perú. En nuestro país las principales regiones arroceras son: San Martín, Amazonas, Lambayeque, Piura y Tumbes.

Con la revolución verde en los años 1970 y la siembra intensiva de este cultivo y el uso de grandes dosis de fertilizantes en variedades seleccionadas por aptitud genética a mayor productividad ha conllevado a la aparición de problemas fitosanitarios severos, especialmente de un patógeno (*Pyricularia grisea*) que en zonas tropicales se ha convertido en la peor plaga conocida hasta ahora en el arroz.

Pyricularia grisea (*Magnaporthe grisea*) es un hongo que ha permanecido en convivencia armónica con el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) en un ambiente silvestre, como muchos patógenos de la actualidad, y que por selección genealógica del material genético se han suprimido genes de valor para resistencia varietal, apareciendo en el caso de *Pyricularia grisea* nuevos patotipos, que vencen la resistencia varietal de las variedades liberadas, afectando grandemente a la producción tropical de este cereal.

Una de las mejores formas de aumentar el periodo de resistencia al patógeno, es mediante la incorporación genes de resistencia a los diversos grupos raciales del patógeno (Piramidación de genes), para lo cual es necesario conocer el número de grupos raciales del patógeno existente en el país, identificar los linajes de los grupos raciales, para luego pasar a la identificación de progenitores potenciales con genes de resistencia a los principales linajes identificados, y a partir de ello elaborar un plan de cruzamientos, para la obtención de genotipos de arroz con resistencia más estable y duradera.

El Programa de Innovación Agraria en Arroz del Instituto Nacional de Innovación Agraria, presenta dentro de sus nuevas estrategias de investigación en mejoramiento genético el desarrollo de líneas elites de arroz a través de la piramidación de genes de resistencia efectivos a los principales linajes de *Pyricularia grisea*. Es por ello, que en el marco de

estos nuevos planes de investigación, se planteó el presente trabajo de investigación, donde se logró determinar el espectro de virulencia de seis haplotipos de *Pyricularia grisea* de Perú, a partir del cual se Identificó al haplotipo N° 15 (Aislamiento PLP 2 2-1, código 18541-3), Grupo Racial 08, como el más virulento, causando daño al 74.5% de las variedades en estudio; bajo condiciones controladas de invernadero mediante pruebas de patogenicidad. Asimismo, se ha determinado que los genes de resistencia Pi-2 y Pi-9, fueron los únicos efectivos contra los seis haplotipos de la raza 8 de *Pyricularia grisea*; también se logró determinar que la variedad INIA 509-La Esperanza mostró resistencia a todos los haplotipos de *Pyricularia grisea* evaluados, mientras que las variedades Capirona-INIA, Huallaga-INIA e IDAL-2 mostraron susceptibilidad a todos los haplotipos.

El informe tuvo como objetivo general de determinar el espectro de virulencia de seis haplotipos de *Pyricularia grisea* de Perú e identificar el haplotipo más virulento de *Pyricularia grisea* bajo condiciones controladas de invernadero en pruebas de patogenicidad. Consta de las siguientes partes Introducción, Capítulo I: Revisión Bibliográfica, Capítulo II: Materiales y Métodos, Capítulo III: Resultados y Discusión, Conclusiones, Recomendaciones y Referencias bibliográficas.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Fundamentos teóricos

1.1.1 El cultivo de arroz (*Oryza sativa*)

El arroz (*Oryza sativa*) es uno de los cultivos más importante en el mundo, se produce en 113 países y es el alimento básico de más de la mitad de la población mundial proporcionando el 27% de la energía alimentaria y el 20% de las proteínas (FAO, 2004).

En el 2005, la superficie mundial cultivada de arroz fue de 156 millones de hectáreas, con una producción mundial de 628 millones de toneladas. Para el mismo año, China fue el responsable de 28,9% de la producción lo cual lo ubica en el primer lugar, seguido por India e Indonesia con 20,8% y 8,6% respectivamente (FAO, 2006).

El arroz (*Oryza sativa* L.) es un cultivo de mucha rusticidad y de fácil adaptabilidad en diferentes ecosistemas, pero en zonas de clima tropical, donde predominan las altas temperaturas y la alta humedad relativa, es frecuente encontrar problemas fitopatológicos, especialmente causados por el hongo *Pyricularia* grisea, que causa la enfermedad conocida como “el quemado del arroz”, la cual es la más devastadora enfermedad del arroz, desde que se empezó a domesticar este cereal (Cieza, *et al.*, 2010).

El mismo autor menciona que este hongo ha convivido en armonía con el arroz desde tiempos ancestrales, manteniendo una relación de afinidad de huésped y hospedero, por lo que ha dificultado su control a través del mejoramiento genético, debido a que cada gen de resistencia adicionado al genoma de la planta, ha sido fácilmente vulnerado por el patógeno en un período de tiempo corto, mediante la generación de nuevos patotipos virulentos y más específicos a las nuevas variedades liberadas; esto ha llevado a los fitomejoradores a emplear herramientas auxiliares como la caracterización molecular de ADN y la fitopatología para

determinar primero los diferentes patotipos de *Pyricularia grisea* presentes en un determinado ecosistema arrocerero y posteriormente la identificación de líneas de arroz con fuentes de resistencia a estos patotipos, a través de pruebas de patogenicidad, para ser empleados como progenitores potenciales en un programa de cruzamientos basado en la piramidación de genes de resistencia a este patógeno.

1.1.2 Morfología

El arroz es una gramínea anual, de tallos redondos y huecos compuestos por nudos y entrenudos, hojas de lámina plana unidas al tallo por la vaina y su inflorescencia es en panícula. El tamaño de la planta varía de 0.4m (enanas) hasta más de 7.0m (flotantes) (CIAT, 2005).

a) Órganos vegetativos

En el año 2005 el Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT, afirma la planta de arroz tiene dos clases de raíces, las seminales o temporales y las secundarias, adventicias o permanentes; las raíces seminales, poco ramificadas, sobreviven corto tiempo después de la germinación, siendo luego reemplazadas por las raíces adventicias o secundarias, las cuales brotan de los nudos subterráneos de los tallos jóvenes.

El Tallo está dividido por nudos que contiene a los entrenudos de longitud variable. Los entrenudos basales son más cortos que los entrenudos que los intermedios y estos que los superiores (CIAT, 2005).

Los nudos inferiores son muy importantes, de ellos nacen los brotes aéreos que constituyen los tallos de primer, segundo y tercer orden o macollos; la altura de la planta de arroz es una función de la longitud y número de los entrenudos, siendo caracteres varietales definidos; un tallo con sus hojas forma macollos (INIPA, 1984).

Las hojas están distribuidas en forma alterna alrededor del tallo. La primera hoja se denomina perfilo, que aseguran los macollos jóvenes; en cada nudo se desarrolla una hoja, la superior debajo de la panícula es la hoja bandera. En una hoja completa se distinguen la vaina, el cuello y la lámina (CIAT, 2005).

b) Órganos reproductores

CIAT (2005), menciona que las Flores de la planta de arroz están agrupadas en una inflorescencia denominada panícula; la panícula está situada sobre el nudo apical del tallo, denominado nudo ciliar, cuello o base de la panícula; frecuentemente tiene la forma de un aro ciliado; Tanto el peso como el número de espiguillas por panícula cambian según la variedad. El mismo autor menciona que la semilla de arroz es un ovario maduro, seco e indehisciente, consta de la cáscara formada por la lemma y la palea con sus estructuras asociadas, lemmas estériles, la raquilla y la arista; el embrión, situado en el lado ventral de la semilla cerca de la lemma, y el endospermo, que provee alimento al embrión durante la germinación.

1.1.3 Requerimientos medioambientales

El arroz es un cultivo típico de zonas tropicales o subtropicales y se concentra en la de clima húmedo; en territorios templados depende de las condiciones de temperatura y radiación solar (Ospina y Aldana, 2001).

Los factores que más influyen en la producción son la temperatura, radiación solar y agua, debido a que afectan directamente los procesos fisiológicos, incluyendo la producción de grano e indirectamente a través de las enfermedades e insectos. Una radiación de 300 calorías/cm²/día durante la fase reproductiva, hace posible un rendimiento de 5 toneladas; en las condiciones húmedas tropicales, con esta radiación es posible obtener 5-6 toneladas (Hernández, 1987).

1.1.4 Requerimientos hídricos

El agua es uno de los factores más importantes para la producción de arroz y actúa en interacción con las características del suelo, ambiente climático, prácticas de manejo, malezas nivel de nutrientes en el suelo, etc. (Hernández, 1987). La necesidad agronómica de mantener los campos inundados es para controlar las malezas, regulación del microclima, prevenir fallas en la polinización, prevenir altos contenidos de manganeso, etc.

1.1.5 Requerimientos edáficos

El arroz de riego y secano se cultivan en suelos diversos desde los arenosos hasta los pesados; los más recomendados son los franco arcillosos (Ospina y Aldana, 2001).

El arroz prospera en suelos fértiles, demasiado nitrógeno favorece un excesivo crecimiento vegetativo, en detrimento de la floración; además el nitrógeno en altas cantidades provoca un acame excesivo; con respecto a la acidez del suelo, los rangos de pH para el cultivo de arroz oscilan entre 5,5-6,5 cuando el cultivo es de secano y entre 7,0-7,2 cuando se trata de arroz acuático. La textura del suelo desempeña un rol importantísimo, ya que incide directamente en el régimen hídrico, en el nivel de nutrientes y en la facilidad con que el terreno puede ser trabajado (Persons, 1993).

1.1.6 Requerimientos nutricionales

El arroz normalmente responde a nitrógeno (N), y en algunos casos se observa respuesta a fósforo (P) y potasio (K); en las áreas irrigadas el arroz solo responde a nitrógeno.

El nitrógeno generalmente es deficiente en los suelos arroceros y los altos costos de los fertilizantes usados por el agricultor podrían reducirse mediante tres líneas promisorias de investigación: mejorar la eficiencia de utilización del nitrógeno, parcial sustitución del N químico por N orgánico e incremento de la fijación biológica del N atmosférico (Minguillo, 1982).

1.2 Características del hongo *Pyricularia grisea*

El hongo filamentoso *Pyricularia grisea* Sacc.–forma imperfecta del ascomiceto *Maganporthe grisea* (Hebert) Barr.– (Rossman *et al.*, 1990), había confundido por décadas a los programas de mejoramiento que procuraban resistencia genética durable, pues las variedades mejoradas perdían usualmente su resistencia a la enfermedad corto tiempo después de haber sido liberadas, ocasionando cuantiosas pérdidas. La causa de la reducción del tiempo efectivo de resistencia se había

atribuido a una variación constante de la virulencia del patógeno, con un patrón de aparición regular y posterior adaptación de nuevos patotipos (Tapiero *et al.*, 2003). La definición de límites de virulencia (patogenicidad específica) por linaje hace posible la identificación de genes de resistencia eficientes contra la totalidad de individuos pertenecientes al linaje (Zeigler *et al.*, 1995). Aquellos genes que, aunque susceptibles individualmente a la virulencia de ciertos linajes, al combinarse condujeran a la exclusión completa del espectro de virulencia serían los apropiados para un programa de mejoramiento por resistencia. Esta estrategia, denominada ‘exclusión de linajes’, extendería la durabilidad de la resistencia en una variedad piramidada con dicha combinación de genes, teniendo en cuenta la limitada posibilidad de recombinación genética del patógeno en el campo (Tapiero *et al.*, 2003).

1.2.1 Morfología

Pyricularia grisea posee conidióforos simples, tabicados y de color pardusco; los conidióforos nacen solitarios o en grupos de tres, y en sus extremos llevan las conidias, éstas son Hialinas, fusiformes y están divididas en forma equidistante, (Pantoja *et al.*, 1997).

1.2.2 Etiología

Las condiciones climatológicas y el estado nutricional de la planta de arroz, afectan notablemente el desarrollo de la enfermedad. Existen varios factores que favorecen las severas epidemias causadas por *Pyricularia* (Villarraga, 1995).

➤ Estado de desarrollo del cultivo

Las plantas son más susceptibles cuando están en los estados de iniciación de macollamiento (20-30 días de edad) e iniciación del espigamiento.

➤ Composición química de la planta

El alto contenido de nitrógeno y el bajo contenido de azúcares y aminoácidos libres en determinadas variedades de arroz facilitan el establecimiento del patógeno y el desarrollo de la enfermedad y alta humedad.

➤ Largos periodos de lluvias y alta humedad relativa

Para la esporulación, la liberación y dispersión de conidias de *Pyricularia grisea* se requiere una humedad relativa superior al 90% durante 10 horas aproximadamente.

- **Temperatura moderada y ausencia de brillo solar**
La temperatura óptima para el desarrollo del ciclo de infección de *Pyricularia grisea* está entre los 24 y 28 °C.
- **Excesiva fertilización nitrogenada y fuente de nitrógeno utilizada**
Dosis superiores a 75 Kg/ha de nitrógeno de arroz seco y a 100 Kg/ha de arroz con riego incrementan la incidencia de *Pyricularia*. El Sulfato de Amonio es la fuente que mayormente favorece a la enfermedad.
- **Altas densidades de siembra**
En las variedades semi enanas el uso de densidades superiores a 150 Kg/ha de semilla proporciona microclima favorable para el desarrollo de enfermedades especialmente *Pyricularia*.
- **Mal manejo del riego y baja temperatura del agua**
La instalación tardía del riego y los “castigos” (suspensión temporal del riego) y bajas temperaturas del agua (inferiores a 18 °C) facilitan las infecciones tempranas causadas por *Pyricularia*.
- La infección es mayor en suelos con baja capacidad de retención de fertilizantes como los arenosos y de escasa capa arable.

La siembra de variedades resistentes y el empleo de fungicidas son los principales métodos de control (Prado, 1999).

1.2.3 Sintomatología

Se ha comprobado que el hongo ataca a todas las partes de la planta: Hojas nudos, cuello, panículas y raíces; en las hojas las manchas tienen forma de huso y terminan sus extremos en punta; a menudo muestran un margen de color pardo con un centro grisáceo; el tamaño, forma y color de las manchas varían con las condiciones del medio ambiente y resistencia varietal; en variedades resistentes y bajo condiciones desfavorables las lesiones son pequeñas y más angostas de color marrón intenso; en condiciones favorables y en variedades susceptibles las manchas son más largas, anchas y más grises.

Los daños más severos ocurren cuando las bases o cuello de las panículas son atacadas. Las lesiones se presentan a menudo cerca del nudo superior; el cuello está más expuesto a ser atacado durante la emergencia de la panícula y llega a ser

gradualmente menos susceptible a medida que estas maduren. En la panícula y en los granos la enfermedad se manifiesta como manchas marrones (Jiménez, 2005).

Al expandirse y coalescer, dependiendo del ambiente y del manejo del cultivo, las lesiones provocan el secamiento de los tejidos y ocasionan la muerte de las plantas; en tallos e inflorescencias, el patógeno afecta los nudos y el raquis, lo que restringe el movimiento de fluidos y nutrientes (Tapiero *et al.*, 2003).

1.2.4 Severidad

La severidad de la infección en el cuello de la panícula está relacionada generalmente con la etapa de desarrollo del cultivo en que se inicia la infección y con la parte de la planta más afectada; esta infección es más severa al momento de la emergencia de la panícula que cuando ocurre tardíamente (Pantoja *et al.*, 1997).

1.2.5 Ciclo de vida del hongo

Rivera, (1993), menciona lo siguiente:

➤ **Esporulación**

Las hojas infectadas son colocadas en cámara húmeda; los conidióforos comienzan a emerger en aproximadamente 6 horas y una hora más tarde se forma la primera conidia alcanzando su máximo desarrollo cerca de los 40 minutos, inmediatamente después los conidióforos se ramifican y una segunda conidia es formada en el ápice.

La esporulación no ocurre por debajo de los 9°C ni sobre 35 °C; la temperatura óptima esta entre 25-28°C, la humedad relativa para esporular es de 89%, mientras que a 93% aumenta la esporulación. En días secos y con vientos las conidias no son formadas bien, en el día o en la noche; otro aspecto que contribuye a la esporulación es el viento que ejerce una acción mecánica en la liberación de conidias.

➤ **Dispersión**

Las conidias liberadas flotan debajo del follaje de la planta de arroz para luego distribuirse en el aire circulando por la planta.

➤ **Deposición y adherencia de la conidia**

La cantidad de conidias varían con la superficie y posición de la hoja en la planta; el hongo generalmente penetra la cutícula de las células motoras, las

cuáles existen solamente en el haz de las hojas; las partes de la planta sobre las cuáles las lesiones son más prevalentes, coinciden con las de mayor deposición, también el número de lesiones que se desarrollan, están relacionadas con el número de conidias depositadas.

➤ **Penetración y desarrollo de los tejidos**

El hongo penetra la epidermis de las hojas de arroz mediante una hifa que se desarrolla del centro del apresorio. La hifa generalmente se hincha y llena la célula epidermal 24 horas después de la deposición sobre las hojas.

1.2.6 Ciclo de la enfermedad

La fuente del inóculo primario de la enfermedad está constituida por el micelio, los conidióforos y conidias que se pueden encontrar en los rastrojos y semillas de plantas enfermas o en las malezas, plantas voluntarias o especies cultivadas hospedantes del hongo. De estas fuentes de inóculo las conidias pueden diseminarse muy fácilmente por el viento o por acción del hombre, cuando lleva rastrojos o semilla contaminada a sus campos (Jiménez, 2005). El mismo autor menciona que las conidias depositadas en hojas o en el “cuello” de la panícula requieren de agua libre (rocío) para germinar antes de penetrar directamente a los tejidos de la planta de arroz; después de la infección por una espóra, la lesión visible aparece a los 4-5 días, estas lesiones son los síntomas primarios; cada una de las nuevas conidias que se producen en las lesiones pueden originar una nueva lesión y los ciclos secundarios se repiten continuamente mientras existan condiciones favorables y plantas vivas de arroz.

La conidia del hongo germina en 4 horas, a los 4-5 días se puede observar las primeras lesiones y 6-7 días más tarde aumenta considerablemente la cantidad de inóculo. Cada lesión puede producir de 2 000 a 6 000 conidias por día por espacio de dos semanas. Si asumimos que cada planta produce 300 hojas por cada hoja tiene solamente una lesión que cada lesión produce 4 000 conidias por 14 días. Este cálculo pone de manifiesto la capacidad reproductiva del patógeno, el cual hace necesario una aplicación con fungicidas y con la aparición de las primeras lesiones, especialmente en variedades con reconocida susceptibilidad. El Hongo puede sobrevivir como conidias o micelio en la semilla, en los residuos de cosecha, y en muchas gramíneas (Rivera, 1993).

1.2.7 Variabilidad y diversidad genética

Muchas razas de *Pyricularia grisea* han sido identificadas y esta variabilidad se cita como causa de la frecuente quiebra de la resistencia varietal. Los ensayos de Patogenicidad agrupan los aislamientos del hongo en patotipos o razas según el grado de infección que produzca en un grupo de variedades diferenciales cuyos genes de resistencia son diferentes; esta identificación puede variar mucho porque depende de diversos factores entre otros, la agresividad (Infectividad) del inoculo, la edad de la planta, la temperatura y otras condiciones (Pantoja *et al.*, 1997).

La estructura genética es simple a pesar de la gran diversidad observada en la virulencia; la similitud genética de los aislamientos dentro de un mismo linaje es mayor al 90%, mientras la similitud genética entre aislamientos de diferentes linajes está entre 37 a 85% (Levy *et al.*, 1993).

La caracterización de la virulencia de las razas de *Pyricularia grisea* se realiza bajo condiciones de invernadero, inoculando plántulas de arroz de 21 días de edad con tres repeticiones (10 plantas por repetición), mediante la aspersion de una suspensión de $1 \text{ a } 5 \times 10^5$ esporas/ml, incubadas por 15 días con una alta humedad relativa, y evaluadas por el tipo de lesión y porcentaje de área foliar afectada (Correa Y Zeigler, 1993).

El espectro de virulencia de aislamientos dentro de cada linaje es altamente similar, difiriendo en tan solo unos pocos factores de virulencia, se ha detectado una alta interacción específica entre algunos genes de avirulencia en el patógeno y algunos genes de resistencia en la planta, siendo esta interacción de mucha importancia desde el punto de vista de mejoramiento para el desarrollo de cultivares resistentes; esta interacción es la base para la selección de progenitores que deben ser incluidos en un programa de mejoramiento para resistencia al añublo del arroz (Correa, *et al.*, 2002).

Los genotipos del patógeno para los cuales la resistencia no es efectiva se conocen como virulentos y los genotipos del patógeno para los cuales la resistencia es efectiva son conocidos como avirulentos. La resistencia genética a determinado patógeno suele darse por el efecto de Gen a Gen, debido al reconocimiento entre el

hospedero y el patógeno, por lo que en la actualidad se hace énfasis en el gen de avirulencia porque ésta es la propiedad de un patógeno mediante la cual no puede infectar al hospedante debido a la efectividad de uno o más genes de resistencia. De acuerdo a la hipótesis del Gen a Gen, esta interacción es muy específica, puesto que el gen de resistencia y el gen de avirulencia se reconocen uno al otro específicamente (Niks Y Lindhout, 1999).

La caracterización del ADN de los aislamientos monosporicos del hongo *Pyricularia grisea* colectados en Perú, mostró una población de 8 grupos raciales del hongo, subdivididos en 27 haplotipos genéticamente diferentes a una similitud del 80%, dichas pruebas fueron realizadas en el Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT de Colombia, a partir de las muestras de tejido infectado colectados en los valles arroceros del Perú (Palacios *et al.*, 2010).

Correa Y Zeigler (1995), indican que aun mayor número de variedades liberadas en una zona geográfica y con una resistencia de corto período, mayor será la posibilidad de la aparición de nuevos patotipos.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Tipo y nivel de investigación

2.1.1 Tipo de investigación

Por el tipo de investigación, el informe de investigación reúne condiciones metodológicas de una investigación aplicada, ya que tiene como interés primordial controlar las condiciones bajo invernadero en pruebas de patogenicidad.

2.1.2 Nivel de investigación

La investigación corresponde al nivel descriptivo-explicativo, mediante la utilización de un diseño estadístico experimental.

2.2. Diseño de investigación

En el trabajo de investigación no se utilizó diseño experimental, debido a no ser necesario en la determinación de la reacción a *Pyricularia grisea* de los genotipos de arroz, ni tampoco en la determinación de la virulencia de los haplotipos de *Pyricularia*; los resultados como porcentaje de líneas resistentes y susceptibles, porcentaje de área foliar afectada, se muestran en tablas y gráficos.

2.3 Población y muestra

2.3.1 Población

15 975 plantas de arroz entre líneas y variedades.

2.3.2 Muestra

150 plantas por unidad experimental.

En la investigación se trabajo con 71 unidades experimentales (47 líneas de arroz resistentes a *Pyricularia grisea*, 10 variedades Colombianas resistentes *Pyricularia grisea*, 03 líneas promisorias y 11 variedades de arroz peruanas).

2.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas utilizadas fueron la observación y toma directa de datos en campo, análisis de los Haplotipos de *Pyricularia grisea* en el laboratorio. Los instrumentos de recolección de datos utilizados fueron fichas de observación, fichas toma de datos en campo, fichas toma de datos en laboratorio y fichas bibliográficas (Fuente primaria y secundarias).

2.5 Características del área experimental

2.5.1 Ubicación

Los ensayos se realizaron en los ambientes de investigación del Programa Nacional de Investigación de Arroz (Casa de mallas y laboratorio de patología) - Estación Experimental Agraria “El Porvenir”- INIA, lo cual tuvo una duración de seis meses (Febrero del 2011 a Agosto 2011); la ubicación política y geográfica se menciona a continuación.

a. Ubicación política

Distrito	: Juan Guerra
Provincia	: San Martín
Departamento	: San Martín

b. Ubicación geográfica

Longitud Oeste	: 76° 21’
Latitud Sur	: 06° 31’
Altitud	: 232 m.s.n.m.

2.6 Haplotipos de *Pyricularia grisea* en estudio

La familia genética o grupo racial elegido para las pruebas de patogenicidad fue el grupo 8, que es el grupo de mayor distribución geográfica en la selva, por lo que es trascendental su estudio. Se consideró 6 haplotipos seleccionados por su área de colecta, tratando de disponer de aislamientos de diferente área geográfica para evaluar su variabilidad de preferencia (tabla 1).

Tabla 1

Haplotipos en estudio

N° Orden	Grupo genético	N° Haplotipo	de N° aislamiento	de Nombre aislamiento	del Lugar colecta	de Código aislamiento
1	8	14	84	Huallaga INIA 11-1	Bellavista	19847-1
2	8	15	87	PLP2 2-1	Juan Guerra	18541-3
3	8	16	139	Moro 1-1	Bellavista	19188-1
4	8	17	160	Selva Alta 10-1	Bagua Grande	19823-2
5	8	18	161	Viflor 3-1	Juan Guerra	18527-6
6	8	19	162	PLP3 6-1	Juan Guerra	18545-8

2.7 Líneas de arroz contrastantes para el estudio

El germoplasma de arroz que se utilizó para contrastar la amplitud de preferencia de los haplotipos en estudio estuvo conformado por 47 líneas de arroz con genes de resistencia al hongo *Pyricularia grisea*, denominadas líneas diferenciales de arroz, estas líneas fueron introducidas del Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT de Colombia, y representan al grupo de líneas internacionales de arroz empleadas por todos los centros de investigación para pruebas de detección de resistencia varietal, ya que cada variedad o línea posee uno, dos o tres genes presentes en su genoma que le confiere características de respuesta de resistencia al gen de avirulencia correspondiente al genoma del hongo. Complementariamente a estas líneas diferenciales se adicionaron 10 variedades colombianas de arroz que presentan resistencia a determinados linajes colombianos de *Pyricularia grisea*, 03 líneas promisorias de arroz desarrolladas por el INIA y 11 variedades peruanas liberadas por el INIA y el sector privado.

2.8 Conducción del experimento

- **Esterilización del suelo agrícola:**

Para realizar las pruebas de virulencia con agentes patógenos es imprescindible la esterilización del suelo empleado como sustrato, para garantizar la efectividad de las pruebas y la confiabilidad de los resultados. Por ello se esterilizó el sustrato (suelo agrícola) proveniente de los campos de investigación del Programa de arroz – EEA. El Porvenir, empleando bolsas de polipropileno de 3

kg de capacidad y una olla autoclave de 80 litros de capacidad, a razón de 15 libras de presión por 60 minutos.



Figura 1: Esterilización de suelo agrícola

- **Análisis físico – químico del Sustrato**

Se tomaron dos muestras del suelo esterilizado y se enviaron al laboratorio de suelos de la Estación Experimental Agraria “El Porvenir” - INIA, donde se realizó su análisis físico-químico. Los resultados indican que se trata de un suelo de textura arcillosa, de reacción fuertemente alcalino, con un contenido medio de materia orgánica, concentración alta de potasio y medio de fósforo, y es muy ligeramente salino (tabla 2).

Tabla 2

Resultados del análisis físico-químico del sustrato esterilizado

**MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA (INIA)
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES
REPORTE DE ANALISIS**

ANALISIS DE SUELOS - CARACTERIZACION

Nº Solicitud	: AS026-2010
--------------	--------------

SOLICITANTE :	PNI ARROZ
PROCEDENCIA:	EEA. "El Porvenir" - JUAN GUERRA
EXPERIMENTO:	ARROZ Prof. 0 – 30 cms.

FECHA DE MUESTREO	11/10/2010
ENTRADA AL LABORATORIO	20/10/2010
FECHA DE REPORTE	05/11/2010

Número de la muestra				pH	C.E dS/m	CaCO ₃ (%)	M.O (%)	N (ppm)	P (ppm)	K (ppm)	ANALISIS MECANICO				D.Ap. g/cm3	CICE	CATIONES CAMBIABLES						Acidez Cambiabl e %	Bases Cambiab les %
Codigo Lab.		Usuario	Arena								Arcilla	Limo	CLASE TEXTURAL	Ca ²⁺			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Acidez			
			%			meq/100																		
067	10	2010	M 1	8.1	1.16	2.75	3.763	37.63	11.45	283.5	11.88	64.48	23.64	Arcilloso	1.18	40.59		34.54	5.33	0.73	0.00	0.00	0.00	100.00

METODOLOGIA:

TEXTURA	: HIDROMETRO
pH	: POTENCIOMETRO SUSPENSION SUELO-H2O RELACION 1:2.5
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	: CONDUCTIMETRO SUSPENSION SUELO-H2O RELACION 1:2.5
CARBONATOS	: NEUTRALIZACION ACIDA
FOSFORO DISPONIBLE	: OLSEN MODIFICADO EXTRACTANTE NaHCO ₃ =0.5M, pH 8.5
POTASIO DISPONIBLE	: ABSORCION ATOMICA EXTRACTANTE NaHCO ₃ =0.5M, pH 8.5
MATERIA ORGANICA	: WALKLEY Y BLACK
CALCIO INTERCAMBIABLE	: VERSENATO-EDTA EXTRACTANTE KCl 1N
MAGNESIO INTERCAMBIABLE	: VERSENATO-EDTA EXTRACTANTE KCl 1N
ACIDEZ INTERCAMBIABLE	: EXTRACTANTE KCl 1N

- **Esterilización de ambientes**

La esterilización de la casa de mallas se realizó aplicando carbendazim (Protexin) más alfacipermetrina (Cipermet Super) a las dosis de 300 ml. /200 litros de agua y 200 ml. /200 litros de agua, respectivamente; Esta actividad se realizó al final de cada prueba, dejando reposar los ambientes 5 días.

El Laboratorio de Patología Arroz se desinfectó empleando un ozonificador por un lapso de 4 días, se dejó reposar un día y luego se realizó una limpieza general con desinfectantes líquidos de piso.

- **Siembra de líneas de arroz**

La siembra se realizó en maceteros plásticos pre-perforados en su base tipo terracota D, N° 10 (4" diámetro) con protección UVA de 500 cm³ de capacidad. El suelo estéril fue depositado en los maceteros dejando un espacio libre de 2cm con fines de facilitar el riego. Se depositó 15 semillas por macetero.

Los maceteros fueron distribuidos en bandejas plásticas de 40 x 60 x 5 cm, adecuadas para 15 maceteros, incluyendo a la variedad Fanny en cada bandeja como testigo (variedad susceptible a todos los linajes de *Pyricularia grisea*). Adicionalmente a las líneas y variedades de arroz que forman parte del trabajo de investigación, se sembraron en 10 macetas por repetición la variedad Fanny, las cuales recibieron las mismas condiciones de humedad, Temperatura, fertilización, etc., excepto la inoculación con el patógeno en estudio. Las líneas sembradas permanecieron 21 días en el ambiente de siembra y solo se mantuvo 10 plantas por macetero de las 15 sembradas (Selección realizada los 15 días después a la siembra).



Figura 2: Siembra de líneas y variedades de arroz

- **Fertilización**

Con la finalidad de favorecer la infección del patógeno en las líneas en estudio, se fertilizó solamente con nitrógeno y se realizó en base al análisis del suelo, considerando una dosis de 200 unidades de nitrógeno por hectárea; la fuente nitrogenada empleada fue el sulfato de amonio por ser una fuente que favorece la infección del patógeno por la rápida disponibilidad del nitrógeno para la planta, además se pierde menos nitrógeno por lixiviación.

La dosis total de nitrógeno se fraccionó en tres etapas: 7, 14 y 20 días después de la siembra, correspondiendo a cada etapa el 30, 50 y 20% de la dosis total de nitrógeno respectivamente.



Figura 3: Fertilización nitrogenada de las líneas y variedades de arroz

- **Siembra y multiplicación del hongo**

La multiplicación del inoculo, se realizó a partir de aislamientos puros que fueron caracterizados y multiplicados en el laboratorio de patología del CIAT – Colombia, y se encuentran almacenados a -9°C en papel filtro estéril, para evitar su mortandad.

La siembra se realizó en condiciones de asepsia en placas Petri con medio nutritivo agar-polvillo de arroz (30 gr de Polvillo + 15 gr de Agar agar y 800 ml de agua destilada), incubándose con luz blanca durante 5 días a una temperatura de 24°C ; a partir de este material biológico se realizó una segunda siembra, y fue incubado 7-8 días con luz blanca artificial a una temperatura de 24°C

(Periodo en el cual el hongo alcanza un gran desarrollo micelial y alta formación de conidias), con la finalidad de obtener 24 placas Petri (2 colonias del inóculo / Placa petri) del mismo haplotipo de *Pyricularia grisea*.



Figura 4: Plaqueado



Figura 5: Siembra del inóculo



Figura 6: Incubación del inóculo



Figura 7: Colonia de *P. grisea* (5 dds)

- **Preparación de suspensión de esporas (inóculo) e inoculación**

Las inoculaciones se realizó en horas de la tarde, considerando un volumen de 25 ml de solución de inóculo por cada 16 maceteros (Una jaula de inoculación), según los procedimientos estandarizados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT de Colombia para este tipo de pruebas.

La suspensión de esporas para cada prueba se obtuvo raspando levemente el micelio y esporas del haplotipo en estudio desarrollado sobre la superficie de las placas petri, y filtrando dicha masa a través de una malla de seda sintética de 120 micras, para lo cual se empleó como disolvente 300 ml de solución de gelatina al 0.5% (Volumen necesario para inocular 10 jaulas con 15 maceteros cada una); la solución de gelatina al 0.5% previamente es enfriada a 7°C por una

hora, y sirve como medio nutritivo temporal y transportador de esporas. La concentración del inóculo se estimó en la cámara de Neubauer, considerando el estándar óptimo entre 1 a 5×10^5 esporas por ml de solución para mayor efectividad del inóculo. El transporte del frasco con la suspensión del inoculante se realizó en una caja mauri, lo cual permite conservar la temperatura de la solución.

Las inoculaciones se realizaron a los 21 días después de la siembra de las plantas y en horas de la tarde (4 – 5 p.m.), para mayor efectividad del inóculo.

La inoculación se realizó con el apoyo de una compresora de aire y una bombilla nebulizadora lo cual permite una distribución uniforme de la suspensión de esporas sobre las hojas, para ello previamente los maceteros son agrupados en grupos de 15, y son cubiertos con jaulas de inoculación, confeccionadas de marco de aluminio y recubiertas de plástico - mica N° 20. Los riegos posteriores a las inoculaciones se aplicaron según la demanda del cultivo, aplicándose riego con regadera y un atomizador, este último con la finalidad de formar pequeñas gotas de agua similar al rocío; generalmente las aplicaciones se realizaron cuatro veces al día, a las primeras horas de la mañana (7:00 a.m.), a la mitad de la mañana (10:00 a.m.) y dos veces por las tardes (2 y 4 p.m.) por 15 días consecutivos. Al medio día, las jaulas fueron descubiertas para ventilar, refrescar las plantas y evitar un exceso de temperatura que afecte la infección.



Figura 8: Desinfección de bombilla nebulizadora *Figura 9:* Llenado del frasco de 25 ml con suspensión de espora



Figura 10: Inoculación de las líneas y Variedades de arroz con *P. grisea*

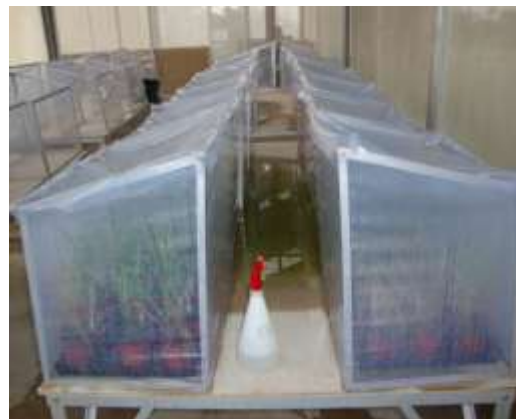


Figura 11: Plántulas de arroz inoculadas con *P. grisea*

- **Evaluación**

A los 15 días de inoculadas las plantas fueron evaluadas siguiendo los protocolos del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), donde se considera 4 tipos de lesión de infección, (manchas puntuales en forma de pecas – tipo 1, manchas alargadas pequeñas en forma de rayas 1 a 5 mm – tipo 2, manchas circulares con halo central – tipo 3 y manchas típicas de forma romboide y conglomerado de manchas coalescentes – tipo 4) y porcentaje de área foliar de distribución de la infección sobre la hoja de la planta (0 a 100 %), la muestra de evaluación consideró la hoja de mayor infección de cada planta para clasificar el tipo de reacción de resistencia a los linajes o grupos raciales inoculados.

Tabla 3

Equivalencias de evaluación para Pyricularia grisea

Reacción	Tipo de lesión	% AFA	Combinaciones de T.L.	% AFA
HR	1	> 0 %	2	< 10 %
R	2	> 10 %	2.3	< 10 %
I	3	< 8 %	2.3	> 10 %
S	3	> 8 %	3.4	< 6 %
HS	4	> 5 %	4	> 5 %

HR: Alta resistencia; R: Resistencia; I: Intermedio; S: Susceptible; HS: Alta susceptibilidad

%AFA : Porcentaje de área foliar afectada; T.L.: Tipo de lesión



Figura 12: Evaluación



Figura 13: Tipo de lesión 4 – P. grisea



Figura 14: Evaluación



Figura 15: Variedad Fanny inoculada vs Fanny sin inocular

Tabla 5

Reacción de 47 líneas diferenciales al aislamiento 19847-1 de *Pyricularia grisea*.

Continuación de la tabla 4.

Nº Entrada	Línea / Variedad	TL	%AFA	Reacción	%Plantas Afectadas
24	KANTO 51 (<i>Pi-k</i>)	2,1	10.4	R	75%
25	TSUYUAKE (<i>Pi-km</i>)	3,4	3.0	S	75%
26	NIPPONBARE (<i>Pi-sh</i>)	3,4	2.0	S	85%
27	OU 244 (<i>Pi-z</i>)	3,4	2.0	S	85%
28	ISHIKARI SHIROKE (<i>Pi-l,ks</i>)	3,2	4.8	R	85%
29	TETEP (<i>Pi-kh</i>)	1,2	11.6	R	95%
30	IR 22	2,3	4.0	R	90%
31	CEYSVONI	1,2	6.0	HR	80%
32	C101 A51 Isolinia 1 (<i>Pi-2</i>)	1,2	6.7	HR	80%
33	C101 A51 Isolinia 6 (<i>Pi-1,33</i>)	1,2	6.0	HR	80%
34	C101 PKT (<i>Pi-4a</i>)	3,4	4.0	S	90%
35	C104 PKT (<i>Pi-3</i>)	2,3	6.7	R	90%
36	C105 TTP-4(L-23) (<i>Pi-4b</i>)	4,3	3.0	S	70%
37	CT 13432-6 (<i>Pi-33</i>)	3,4	5.0	S	70%
38	CT 13432-68 (<i>Pi-1</i>)	3,4	2.0	S	90%
39	CT 13432-267 (<i>Pi-2</i>)	3,2	2.8	R	90%
40	CT 13432-33 (<i>Pi-33</i>)	3,4	2.3	S	80%
41	CT 13432-34 (<i>Pi-1+2+33</i>)	1,2	3.0	HR	90%
42	CT 13432-54 (<i>Pi-2</i>)	2,3	2.0	R	90%
43	75-1-127 (<i>Pi-9</i>)	1,2	2.0	HR	90%
44	CT 13432-107 (<i>Pi1+2+33</i>)	3,4	2.3	S	90%
45	CT 13432-189 (<i>Pi1+2+33</i>)	1,2	2.7	HR	90%
46	CT 13432-246 (<i>Pi1+2+33</i>)	1,2	4.0	HR	90%
47	K1 (<i>Pi- ta</i>)	3,4	1.3	S	100%

TL : Tipo de lesión

%AFA : Porcentaje de Área Foliar Afectada

HR: Alta resistencia; R: Resistencia; I: Intermedio; S: Susceptible; HS: Alta susceptibilidad

%AFA : Porcentaje de área foliar afectada; T.L.: Tipo de lesión

Tabla 6

Reacción al Haplotipo14 – Aislamiento Huallaga INIA 11-1 - Pyricularia grisea de 09 variedades colombianas.

Nº Entrada	Línea / Variedad	TL	%AFA	Reacción	%Plantas Afectadas
48	O. LLANO 5	3,4	3.3	S	85%
49	FEDEARROZ 50	2,3	2.7	R	85%
50	FEDEARROZ 2000	3,2	2.3	R	90%
51	VICTORIA 1	2,3	2.5	R	95%
52	ORYZICA 1	4,3	2.8	S	90%
53	ORYZICA YACU 9	2,3	2.5	R	95%
54	CARIBE 8	3,4	4.0	S	90%
55	CICA 8	2,3	2.7	R	80%
56	COPROSEM 1	1,2	3.0	HR	85%
T	FANNY	4	20.6	HS	80%

TL : Tipo de lesión %AFA : Porcentaje de Área Foliar Afectada

HR: Alta resistencia; R: Resistencia; I: Intermedio; S: Susceptible; HS: Alta susceptibilidad

%AFA : Porcentaje de área foliar afectada; T.L.: Tipo de lesión

Tabla 7

Reacción de 11 variedades peruanas y 03 líneas promisorias al aislamiento 19847-1 de Pyricularia grisea.

Nº Entrada	Línea / Variedad	TL	%AFA	Reacción	%Plantas Afectadas
Variedades comerciales					
57	PITIPO	2,3	3.3	S	90%
58	IR 43	1,2	3.3	HR	75%
59	CAPIRONA	3,4	4.0	S	75%
60	LA CONQUISTA	1,2	3.3	HR	90%
61	TINAJONES	4,3	4.0	S	100%
62	HUALLAGA INIA	4,3	4.0	S	90%
63	IDAL 2	4,3	2.3	S	90%
64	SANTA ELENA	3,4	1.8	S	100%
65	VIFLOR	3,4	3.0	S	90%
66	TACUARI	3,4	1.0	S	75%
67	LA ESPERANZA - INIA 509	1,2	1.7	HR	75%
Líneas promisorias					
68	CT14537-11-M-3-4-M-2	1,2	2.3	HR	100%
69	CT 15675-21-3-1-EP1-2-2	1,2	1.8	HR	90%
70	CT 18175 - 5 - EP4 - 4 - 1 - 1	1,2	2.0	HR	100%

TL : Tipo de lesión %AFA : Porcentaje de Área Foliar Afectada

HR: Alta resistencia; R: Resistencia; I: Intermedio; S: Susceptible; HS: Alta susceptibilidad

%AFA : Porcentaje de área foliar afectada; T.L.: Tipo de lesión

C.V = 4.64; X = 86.8%

b. Ensayo de patogenicidad N° 02 de *Pyricularia grisea* - Haplotipo 15 - Aislamiento PLP 2 2-1 (18541-3).

Tabla 8

Reacción de 47 líneas diferenciales de arroz al aislamiento PLP2 2-1 (18541-3) de *Pyricularia grisea*.

Nº Entrada	Línea / Variedad	TL	%AFA	Reacción	%Plantas Afectadas
1	FUJISAKA 5 (<i>Pi-l,ks</i>)	4,3	6.5	HS	95%
2	AICHI ASAHI (<i>Pi-a</i>)	4,3	3.0	S	85%
3	BL - 1 (<i>Pi-b</i>)	3,4	4.4	S	100%
4	BL - 8 (<i>Pi-b</i>)	3,4	7.5	HS	85%
5	TORIDE 1 (<i>Pi-zt</i>)	2,3	3.0	R	65%
6	K 3 (<i>Pi-kh</i>)	4,3	5.6	S	70%
7	K 59 (<i>Pi-t</i>)	1,2	2.0	HR	80%
8	K 60 (<i>Pi-kp</i>)	1,2	1.7	HR	65%
9	C104 LAC (<i>Pi-1</i>)	3,4	22.0	HS	70%
10	C103 TTP (<i>Pi-1</i>)	3,4	4.0	S	80%
11	C101 TTP-6	4,3	2.7	S	85%
12	C105 TTP-1 (<i>Pi-ta</i>)	4,3	8.0	HS	65%
13	F 80-1 (<i>Pi-k</i>)	3,4	3.6	S	90%
14	F 98-7 (<i>Pi-Km</i>)	4,3	6.0	HS	70%
15	F 124-1 (<i>Pi-ta</i>)	4,3	8.0	HS	85%
16	F 129-1 (<i>Pi-Kp</i>)	4,3	5.3	S	65%
17	F 128-1 (<i>Pi-ta 2</i>)	3,4	3.2	S	90%
18	ZENITH (<i>Pi-z,a</i>)	4,3	9.6	HS	90%
19	Pi No 4 (<i>Pi-sh,ta2</i>)	4,3	7.3	HS	90%
20	RICO 1 (<i>Pi-ks</i>)	4,3	9.6	HS	90%
21	NORIN 22 (<i>Pi-sh</i>)	4,3	5.0	S	90%
22	NATO (<i>Pi-l</i>)	4,3	12.4	HS	90%
23	SHIN 2 (<i>Pi-sh,ks</i>)	3,4	3.0	S	90%
24	KANTO 51 (<i>Pi-k</i>)	3,4	2.0	S	85%
25	TSUYUAKE (<i>Pi-km</i>)	4,3	4.4	S	85%
26	NIPPONBARE	3,4	5.2	S	100%
27	OU 244 (<i>Pi-z</i>)	3,4	4.8	S	85%
28	ISHIKARI SHIROKE (<i>Pi-l,ks</i>)	4,3	8.0	HS	85%
29	TETEP (<i>Pi-kh</i>)	3,4	4.0	S	70%

TL : Tipo de lesión %AFA : Porcentaje de Área Foliar Afectada

HR: Alta resistencia; R: Resistencia; I: Intermedio; S: Susceptible; HS: Alta susceptibilidad

%AFA : Porcentaje de área foliar afectada; T.L.: Tipo de lesión

Tabla 9

Reacción de 47 líneas diferenciales de arroz al aislamiento PLP2 2-1 (18541-3) de *Pyricularia grisea*. Continuación de la tabla 8.

Nº Entrada	Línea / Variedad	TL	%AFA	Reacción	%Plantas Afectadas
30	IR 22	2,1	6.7	HR	80%
31	CEYSVONI	2,3	5.3	R	75%
32	C101 A51 Isolinia 1 (<i>Pi-2</i>)	1,2	7.5	HR	85%
33	C101 A51 Isolinia 6 (<i>Pi-1,33</i>)	3,4	4.4	S	70%
34	C101 PKT (<i>Pi-4a</i>)	4,3	4.4	S	85%
35	C104 PKT (<i>Pi-3</i>)	4,3	21.7	HS	95%
36	C105 TTP-4(L-23) (<i>Pi-4b</i>)	4,3	14.7	HS	70%
37	CT 13432-6 (<i>Pi- 33</i>)	4,3	10.0	HS	95%
38	CT 13432-68 (<i>Pi-1</i>)	4,3	10.3	HS	95%
39	CT 13432-267 (<i>Pi-2</i>)	1,2	4.3	HR	70%
40	CT 13432-33 (<i>Pi-33</i>)	4,3	6.7	HS	90%
41	CT 13432-34 (<i>Pi-1+2+33</i>)	1,2	4.4	HR	90%
42	CT 13432-54 (<i>Pi-2</i>)	2,1	5.3	HR	90%
43	75-1-127 (<i>Pi-9</i>)	1,2	5.2	HR	85%
44	CT 13432-107 (<i>Pi1+2+33</i>)	1,2	5.3	HR	85%
45	CT 13432-189 (<i>Pi1+2+33</i>)	2,3	2.3	R	95%
46	CT 13432-246 (<i>Pi1+2+33</i>)	4,3	3.6	S	85%
47	K1 (<i>Pi- ta</i>)	4,3	4.3	S	85%

TL : Tipo de lesión %AFA : Porcentaje de Área Foliar Afectada

HR: Alta resistencia; R: Resistencia; I: Intermedio; S: Susceptible; HS: Alta susceptibilidad

%AFA : Porcentaje de área foliar afectada; T.L.: Tipo de lesión

Tabla 10

Reacción de 09 variedades colombianas de arroz al aislamiento PLP2 2-1 (18541-3) de *Pyricularia grisea*.

Nº Entrada	Línea / Variedad	TL	%AFA	Reacción	%Plantas Afectadas
48	O. LLANO 5	3,4	3.0	S	92%
49	FEDEARROZ 50	1	3.1	HR	97%
50	FEDEARROZ 2000	1,2	4.0	HR	87%
51	VICTORIA 1	4,3	3.6	S	92%
52	ORYZICA 1	1,2	3.2	HR	97%
53	ORYZICA YACU 9	4,3	3.3	S	92%
54	CARIBE 8	1,2	2.7	HR	92%
55	CICA 8	2,3	2.0	R	97%
56	COPROSEM 1	1,2	5.0	HR	92%
T	FANNY	4	27.1	HS	100%

TL : Tipo de lesión

%AFA : Porcentaje de Área Foliar Afectada

HR: Alta resistencia; R: Resistencia; I: Intermedio; S: Susceptible; HS: Alta susceptibilidad

%AFA : Porcentaje de área foliar afectada; T.L.: Tipo de lesión

Tabla 11

Reacción de 11 variedades peruanas de arroz y 03 líneas promisorias al aislamiento PLP2 2-1 (18541-3).

Nº Entrada	Línea / Variedad	TL	%AFA	Reacción	%Plantas Afectadas
Variedades comerciales					
57	PITIPO	1,2	4.0	HR	89%
58	IR 43	1,2	4.8	HR	92%
59	CAPIRONA	4,3	5.7	S	95%
60	LA CONQUISTA	1,2	4.0	HR	95%
61	TINAJONES	4,3	3.5	S	92%
62	HUALLAGA INIA	4,3	6.8	HS	97%
63	IDAL 2	4,3	8.0	HS	97%
64	SANTA ELENA	4,3	6.3	HS	89%
65	VIFLOR	4,3	6.5	HS	89%
66	TACUARI	4,3	5.3	S	92%
67	LA ESPERANZA - INIA 509	1	1.2	HR	89%
Líneas promisorias					
68	CT14537-11-M-3-4-M-2	3,4	1.8	S	95%
69	CT 15675-21-3-1-EP1-2-2	3,4	2.7	S	97%
70	CT 18175 - 5 - EP4 - 4 - 1 - 1	1,2	3.3	HR	84%

TL : Tipo de lesión

%AFA : Porcentaje de Área Foliar Afectada

HR: Alta resistencia; R: Resistencia; I: Intermedio; S: Susceptible; HS: Alta susceptibilidad

%AFA : Porcentaje de área foliar afectada; T.L.: Tipo de lesión

C.V = 5.54; X = 84.6%

c. Ensayo de patogenicidad N° 03 de *Pyricularia grisea* - Haplotipo 16 - Aislamiento Moro 1-1 (19188-1).

Tabla 12

Reacción de 47 líneas diferenciales de arroz al aislamiento Moro 1-1 (19188-1) de *Pyricularia grisea*.

Nº Entrada	Línea / Variedad	TL	%AFA	Reacción	%Plantas Afectadas
1	FUJISAKA 5 (<i>Pi-I,ks</i>)	4,3	5.0	S	80%
2	AICHI ASAHI (<i>Pi-a</i>)	4	8.7	HS	95%
3	BL - 1 (<i>Pi-b</i>)	3,4	4.0	S	95%
4	BL - 8 (<i>Pi-b</i>)	3,4	6.8	HS	85%
5	TORIDE 1 (<i>Pi-zt</i>)	1	1.4	HR	80%
6	K 3 (<i>Pi-kh</i>)	3,4	3.3	S	95%
7	K 59 (<i>Pi-t</i>)	1	2.2	HR	80%
8	K 60 (<i>Pi-kp</i>)	1	4.3	HR	95%
9	C104 LAC (<i>Pi-1</i>)	4	12.0	HS	100%
10	C103 TTP (<i>Pi-1</i>)	4	7.2	HS	85%
11	C101 TTP-6	4	5.1	HS	80%
12	C105 TTP-1 (<i>Pi-ta</i>)	4	7.8	HS	95%
13	F 80-1 (<i>Pi-k</i>)	4	5.7	HS	80%
14	F 98-7 (<i>Pi-Km</i>)	4	7.1	HS	90%
15	F 124-1 (<i>Pi-ta</i>)	4	7.1	HS	80%
16	F 129-1 (<i>Pi-Kp</i>)	4	6.0	HS	95%
17	F 128-1 (<i>Pi-ta 2</i>)	4	5.1	HS	95%
18	ZENITH (<i>Pi-z,a</i>)	4	7.5	HS	90%
19	Pi No 4 (<i>Pi-sh,ta2</i>)	4	6.8	HS	95%
20	RICO 1 (<i>Pi-ks</i>)	4	2.1	S	85%
21	NORIN 22 (<i>Pi-sh</i>)	2,3	3.3	R	100%
22	NATO (<i>Pi-I</i>)	4	7.3	HS	95%
23	SHIN 2 (<i>Pi-sh,ks</i>)	4	2.2	S	80%
24	KANTO 51 (<i>Pi-k</i>)	1	2.3	HR	85%
25	TSUYUAKE (<i>Pi-km</i>)	2,3	2.5	R	80%
26	NIPPONBARE (<i>Pi-sh</i>)	4,3	3.3	S	80%
27	OU 244 (<i>Pi-z</i>)	3,4	2.8	S	95%
28	ISHIKARI SHIROKE (<i>Pi-I,ks</i>)	4,3	4.0	S	80%
29	TETEP (<i>Pi-kh</i>)	1	3.0	HR	90%

TL : Tipo de lesión %AFA : Porcentaje de Área Foliar Afectada

HR: Alta resistencia; R: Resistencia; I: Intermedio; S: Susceptible; HS: Alta susceptibilidad

%AFA : Porcentaje de área foliar afectada; T.L.: Tipo de lesión

Tabla 13

Reacción de 47 líneas diferenciales de arroz al aislamiento Moro 1-1 (19188-1) de Pyricularia grisea. Continuación de la tabla 12.

Nº Entrada	Línea / Variedad	TL	%AFA	Reacción	%Plantas Afectadas
30	IR 22	1	1.0	HR	80%
31	CEYSVONI	1	6.3	HR	85%
32	C101 A51 Isolinia 1 (<i>Pi-2</i>)	1	2.6	HR	90%
33	C101 A51 Isolinia 6 (<i>Pi-1,33</i>)	3,4	2.5	S	80%
34	C101 PKT (<i>Pi-4a</i>)	4,3	2.7	S	80%
35	C104 PKT (<i>Pi-3</i>)	4	32.5	HS	95%
36	C105 TTP-4(L-23) (<i>Pi-4b</i>)	4	4.6	S	80%
37	CT 13432-6 (<i>Pi- 33</i>)	4	17.0	HS	80%
38	CT 13432-68 (<i>Pi-1</i>)	4	2.4	S	75%
39	CT 13432-267 (<i>Pi-2</i>)	1	3.7	HR	90%
40	CT 13432-33 (<i>Pi-33</i>)	4	12.4	HS	80%
41	CT 13432-34 (<i>Pi-1+2+33</i>)	1	2.8	HR	80%
42	CT 13432-54 (<i>Pi-2</i>)	1	2.6	HR	90%
43	75-1-127 (<i>Pi-9</i>)	1	3.0	HR	80%
44	CT 13432-107 (<i>Pi1+2+33</i>)	1	2.0	HR	80%
45	CT 13432-189 (<i>Pi1+2+33</i>)	1	3.0	HR	85%
46	CT 13432-246 (<i>Pi1+2+33</i>)	1	2.4	HR	95%
47	K1 (<i>Pi- ta</i>)	4	2.2	S	95%

TL : Tipo de lesión

%AFA : Porcentaje de Área Foliar Afectada

HR: Alta resistencia; R: Resistencia; I: Intermedio; S: Susceptible; HS: Alta susceptibilidad

%AFA : Porcentaje de área foliar afectada; T.L.: Tipo de lesión

Tabla 14

Reacción de 09 variedades colombianas de arroz al aislamiento Moro 1-1 (19188-1) de Pyricularia grisea.

Nº Entrada	Línea / Variedad	TL	%AFA	Reacción	%Plantas Afectadas
48	O. LLANO 5	1	1.6	HR	85%
49	FEDEARROZ 50	1	6.3	HR	90%
50	FEDEARROZ 2000	1	1.9	HR	70%
51	VICTORIA 1	1	1.0	HR	95%
52	ORYZICA 1	3,4	2.0	S	90%
53	ORYZICA YACU 9	1	1.3	HR	95%
54	CARIBE 8	4,3	4.4	S	95%
55	CICA 8	1	6.5	HR	80%
56	COPROSEM 1	1	2.8	HR	95%
T	FANNY	4,3	51.0	HS	95%

TL : Tipo de lesión %AFA : Porcentaje de Área Foliar Afectada
 HR: Alta resistencia; R: Resistencia; I: Intermedio; S: Susceptible; HS: Alta susceptibilidad
 %AFA : Porcentaje de área foliar afectada; T.L.: Tipo de lesión

Tabla 15

Reacción de 11 variedades peruanas de arroz y 03 líneas promisorias de arroz al aislamiento Moro 1-1 (19188-1).

Nº Entrada	Línea / Variedad	TL	%AFA	Reacción	%Plantas Afectadas
Variedades comerciales					
57	PITIPO	1,2	9.0	HR	80%
58	IR 43	1,2	14.0	R	100%
59	CAPIRONA	4,3	3.5	S	95%
60	LA CONQUISTA	1	3.4	HR	90%
61	TINAJONES	4,3	4.5	S	95%
62	HUALLAGA INIA	4	2.8	S	95%
63	IDAL 2	3,4	4.3	S	85%
64	SANTA ELENA	1	2.1	HR	90%
65	VIFLOR	4	2.8	S	95%
66	TACUARI	1	8.3	HR	90%
67	LA ESPERANZA - INIA 509	1	1.3	HR	90%
Líneas promisorias					
68	CT14537-11-M-3-4-M-2	1,2	6.0	HR	95%
69	CT 15675-21-3-1-EP1-2-2	1,2	8.3	HR	95%
70	CT 18175-5-EP4-4-1-1	1,2	6.7	HR	100%

TL : Tipo de lesión %AFA : Porcentaje de Área Foliar Afectada
 HR: Alta resistencia; R: Resistencia; I: Intermedio; S: Susceptible; HS: Alta susceptibilidad
 %AFA : Porcentaje de área foliar afectada; T.L.: Tipo de lesión

C.V = 4.154%; X = 88.2%

d. Ensayo de patogenicidad N° 04 de *Pyricularia grisea* - Haplotipo 17 - Aislamiento Selva Alta 10-1 (19823-2).

Tabla 16

*Reacción de 47 líneas diferenciales de arroz al aislamiento Selva Alta 10-1 (19823-2) de *Pyricularia grisea*.*

Nº Entrada	Línea / Variedad	TL	%AFA	Reacción	%Plantas Afectadas
1	FUJISAKA 5 (<i>Pi-l,ks</i>)	4,3	3.8	S	90%
2	AICHI ASAHI (<i>Pi-a</i>)	4	8.3	HS	70%
3	BL - 1 (<i>Pi-b</i>)	4,3	8.0	HS	80%
4	BL - 8 (<i>Pi-b</i>)	3,4	6.3	HS	90%
5	TORIDE 1 (<i>Pi-zt</i>)	1,2	7.8	HR	85%
6	K 3 (<i>Pi-kh</i>)	1,2	9.7	HR	90%
7	K 59 (<i>Pi-t</i>)	1,2	5.5	HR	70%
8	K 60 (<i>Pi-kp</i>)	1,2	11.2	R	90%
9	C104 LAC (<i>Pi-1</i>)	3,4	2.0	S	90%
10	C103 TTP (<i>Pi-1</i>)	4,3	2.5	S	90%
11	C101 TTP-6	3,4	4.7	S	80%
12	C105 TTP-1 (<i>Pi-ta</i>)	4,3	10.3	HS	90%
13	F 80-1 (<i>Pi-k</i>)	4	2.2	S	80%
14	F 98-7 (<i>Pi-Km</i>)	4,3	6.3	HS	80%
15	F 124-1 (<i>Pi-ta</i>)	4,3	7.7	HS	80%
16	F 129-1 (<i>Pi-Kp</i>)	4	28.8	HS	90%
17	F 128-1 (<i>Pi-ta 2</i>)	3,4	1.8	S	90%
18	ZENITH (<i>Pi-z,a</i>)	3,4	26.0	HS	95%
19	Pi No 4 (<i>Pi-sh,ta2</i>)	3,4	4.3	S	80%
20	RICO 1 (<i>Pi-ks</i>)	3,4	5.3	S	90%
21	NORIN 22 (<i>Pi-sh</i>)	4	6.3	HS	90%
22	NATO (<i>Pi-l</i>)	4,3	7.0	HS	95%
23	SHIN 2 (<i>Pi-sh,ks</i>)	3,4	2.7	S	90%
24	KANTO 51 (<i>Pi-k</i>)	1,2	10.5	R	95%
25	TSUYUAKE (<i>Pi-km</i>)	1,2	8.9	HR	90%
26	NIPPONBARE	3,4	7.7	HS	95%
27	OU 244 (<i>Pi-z</i>)	3,4	4.8	S	85%
28	ISHIKARI SHIROKE (<i>Pi-l,ks</i>)	3,4	2.7	S	90%
29	TETEP (<i>Pi-kh</i>)	1,2	5.0	HR	90%

TL : Tipo de lesión %AFA : Porcentaje de Área Foliar Afectada

HR: Alta resistencia; R: Resistencia; I: Intermedio; S: Susceptible; HS: Alta susceptibilidad

%AFA : Porcentaje de área foliar afectada; T.L.: Tipo de lesión

Tabla 17

Reacción de 47 líneas diferenciales de arroz al aislamiento Selva Alta 10-1 (19823-2) de Pyricularia grisea. Continuación de la tabla 16.

Nº Entrada	Línea / Variedad	TL	%AFA	Reacción	% Plantas Afectadas
30	IR 22	1	3.3	HR	80%
31	CEYSVONI	1,2	6.6	HR	80%
32	C101 A51 Isolinia 1 (<i>Pi-2</i>)	1,2	7.3	HR	90%
33	C101 A51 Isolinia 6 (<i>Pi-1,33</i>)	4,3	2.7	S	95%
34	C101 PKT (<i>Pi-4a</i>)	4,3	7.7	HS	90%
35	C104 PKT (<i>Pi-3</i>)	4	27.1	HS	95%
36	C105 TTP-4(L-23) (<i>Pi-4b</i>)	4	5.2	HS	90%
37	CT 13432-6 (<i>Pi- 33</i>)	4	1.8	S	95%
38	CT 13432-68 (<i>Pi-1</i>)	4	1.2	S	80%
39	CT 13432-267 (<i>Pi-2</i>)	1,2	3.7	HR	95%
40	CT 13432-33 (<i>Pi-33</i>)	3,4	6.3	HS	80%
41	CT 13432-34 (<i>Pi-1+2+33</i>)	1,2	5.4	HR	90%
42	CT 13432-54 (<i>Pi-2</i>)	1,2	3.3	HR	80%
43	75-1-127 (<i>Pi-9</i>)	1,2	3.2	HR	90%
44	CT 13432-107 (<i>Pi1+2+33</i>)	1,2	8.3	HR	80%
45	CT 13432-189 (<i>Pi1+2+33</i>)	2,1	4.0	HR	90%
46	CT 13432-246 (<i>Pi1+2+33</i>)	2,1	6.6	HR	80%
47	K1 (<i>Pi- ta</i>)	3,4	2.7	S	90%

TL : Tipo de lesión %AFA : Porcentaje de Área Foliar Afectada

HR: Alta resistencia; R: Resistencia; I: Intermedio; S: Susceptible; HS: Alta susceptibilidad

%AFA : Porcentaje de área foliar afectada; T.L.: Tipo de lesión

Tabla 18

Reacción de 09 variedades colombianas de arroz al aislamiento Selva Alta 10-1 (19823-2) de Pyricularia grisea.

Nº Entrada	Línea / Variedad	TL	%AFA	Reacción	%Plantas Afectadas
48	O. LLANO 5	1	2.0	HR	85%
49	FEDEARROZ 50	1,2	3.7	HR	80%
50	FEDEARROZ 2000	2,3	2.3	R	90%
51	VICTORIA 1	1,2	2.6	HR	70%
52	ORYZICA 1	4	9.0	HS	90%
53	ORYZICA YACU 9	3,4	2.3	S	75%
54	CARIBE 8	3,4	4.0	S	70%
55	CICA 8	2,1	4.3	HR	90%
56	COPROSEM 1	1,2	3.3	HR	80%
T	FANNY	4,3	39.1	HS	90%

TL : Tipo de lesión %AFA : Porcentaje de Área Foliar Afectada

HR: Alta resistencia; R: Resistencia; I: Intermedio; S: Susceptible; HS: Alta susceptibilidad

%AFA : Porcentaje de área foliar afectada; T.L.: Tipo de lesión

Tabla 19

Reacción de 09 variedades peruanas de arroz y 03 líneas promisorias al aislamiento Selva Alta 10-1 (19823-2).

Nº Entrada	Línea / Variedad	TL	%AFA	Reacción	%Plantas Afectadas
Variedades comerciales					
57	PITIPO	1,2	7.0	HR	80%
58	IR 43	3,4	2.8	S	90%
59	CAPIRONA	3,4	4.3	S	90%
60	LA CONQUISTA	3,4	2.5	S	80%
61	TINAJONES	3,4	3.3	S	90%
62	HUALLAGA INIA	4	3.7	S	75%
63	IDAL 2	4	2.2	S	75%
64	SANTA ELENA	3,4	1.5	S	80%
65	VIFLOR	3,4	6.7	HS	70%
66	TACUARI	2,1	6.8	HR	90%
67	LA ESPERANZA	1,2	3.2	HR	75%
Líneas promisorias					
68	CT14537-11-M-3-4-M-2	2,3	4.5	R	95%
69	CT 15675-21-3-1-EP1-2-2	2,1	4.5	HR	80%
70	CT 18175 - 5 - EP4 - 4 - 1 - 1	2,1	6.0	HR	100%

TL : Tipo de lesión %AFA : Porcentaje de Área Foliar Afectada

HR: Alta resistencia; R: Resistencia; I: Intermedio; S: Susceptible; HS: Alta susceptibilidad

%AFA : Porcentaje de área foliar afectada; T.L.: Tipo de lesión

C.V = 4.39%; X = 85.6%

Tabla 23

Reacción de 11 variedades peruanas de arroz y 03 líneas promisorias al aislamiento Viflor 3-1 (18527-6).

Nº Entrada	Línea / Variedad	TL	%AFA	Reacción	%Plantas Afectadas
Variedades comerciales					
57	PITIPO	1,2	4.0	HR	85%
58	IR 43	1,2	4.3	HR	85%
59	CAPIRONA	4	9.4	HS	95%
60	LA CONQUISTA	3,4	4.9	S	95%
61	TINAJONES	3,4	12.3	HS	95%
62	HUALLAGA INIA	4	1.6	S	95%
63	IDAL 2	4,3	9.0	HS	90%
64	SANTA ELENA	3,4	2.6	S	85%
65	VIFLOR	3,4	8.3	HS	75%
66	TACUARI	3,4	3.6	S	70%
67	LA ESPERANZA	1,2	4.9	HR	70%
Líneas promisorias					
68	CT14537-11-M-3-4-M-2	2,3	3.1	R	90%
69	CT 15675-21-3-1-EP1-2-2	1,2	2.8	HR	95%
70	CT 18175 - 5 - EP4 - 4 - 1 - 1	1,2	4.3	HR	80%

TL : Tipo de lesión

%AFA : Porcentaje de Área Foliar Afectada

HR: Alta resistencia; R: Resistencia; I: Intermedio; S: Susceptible; HS: Alta susceptibilidad

%AFA : Porcentaje de área foliar afectada; T.L.: Tipo de lesión

C.V = 4.85%; X = 84.6%

Tabla 25

Reacción de 47 líneas diferenciales de arroz al aislamiento PLP3 6-1 (18545-8) de Pyricularia grisea. Continuación de la tabla 24.

Nº Entrada	Línea / Variedad	TL	%AFA	Reacción	%Plantas Afectadas
30	IR 22	2	2.1	HR	70%
31	CEYSVONI	2,1	7.0	HR	85%
32	C101 A51 Isolinia 1 (Pi-2)	2,1	5.6	HR	75%
33	C101 A51 Isolinia 6 (Pi-1,33)	2,1	3.6	HR	75%
34	C101 PKT (Pi-4a)	3,4	2.7	S	75%
35	C104 PKT (Pi-3)	4,3	3.0	S	100%
36	C105 TTP-4(L-23) (Pi-4b)	4,3	9.7	HS	95%
37	CT 13432-6 (Pi- 33)	4,3	9.0	HS	95%
38	CT 13432-68 (Pi-1)	2,3	2.4	R	75%
39	CT 13432-267 (Pi-2)	2,3	3.3	R	75%
40	CT 13432-33 (Pi-33)	3,4	4.0	S	80%
41	CT 13432-34 (Pi-1+2+33)	2,3	3.3	R	95%
42	CT 13432-54 (Pi-2)	2	12.7	R	90%
43	75-1-127 (Pi-9)	1	1.3	HR	95%
44	CT 13432-107 (Pi1+2+33)	1	3.2	HR	90%
45	CT 13432-189 (Pi1+2+33)	1	1.4	HR	90%
46	CT 13432-246 (Pi1+2+33)	1	1.0	HR	85%
47	K1 (Pi- ta)	3,4	2.8	S	65%

TL : Tipo de lesión

%AFA : Porcentaje de Área Foliar Afectada

HR: Alta resistencia; R: Resistencia; I: Intermedio; S: Susceptible; HS: Alta susceptibilidad

%AFA : Porcentaje de área foliar afectada; T.L.: Tipo de lesión

Tabla 26

Reacción de 09 variedades colombianas de arroz al aislamiento PLP3 6-1 (18545-8) de *Pyricularia grisea*.

Nº Entrada	Línea / Variedad	TL	%AFA	Reacción	%Plantas Afectadas
48	O. LLANO 5	1	1.0	HR	95%
49	FEDEARROZ 50	1	1.6	HR	80%
50	FEDEARROZ 2000	2,3	4.0	R	80%
51	VICTORIA 1	2,3	4.4	R	80%
52	ORYZICA 1	3,4	2.4	S	70%
53	ORYZICA YACU 9	2,3	4.3	R	95%
54	CARIBE 8	1	1.4	HR	85%
55	CICA 8	1	1.0	HR	85%
56	COPROSEM 1	1	1.0	HR	70%
T	FANNY	4,3	13.7	HS	100%

TL : Tipo de lesión %AFA : Porcentaje de Área Foliar Afectada

HR: Alta resistencia; R: Resistencia; I: Intermedio; S: Susceptible; HS: Alta susceptibilidad

%AFA : Porcentaje de área foliar afectada; T.L.: Tipo de lesión

Tabla 27

Reacción de 11 variedades peruanas de arroz y 03 líneas promisorias al aislamiento PLP3 6-1 (18545-8).

Nº Entrada	Línea / Variedad	TL	%AFA	Reacción	%Plantas Afectadas
Variedades comerciales					
57	PITIPO	1,2	5.6	HR	95%
58	IR 43	3	2.8	I	95%
59	CAPIRONA	3,4	3.7	S	85%
60	LA CONQUISTA	2,3	3.0	R	95%
61	TINAJONES	3	2.8	I	85%
62	HUALLAGA INIA	4,3	7.7	HS	90%
63	IDAL 2	3,4	2.5	S	95%
64	SANTA ELENA	3,4	2.7	S	80%
65	VIFLOR	3	1.4	I	95%
66	TACUARI	2,3	4.7	R	85%
67	LA ESPERANZA	1	1.2	HR	95%
Líneas promisorias					
68	CT14537-11-M-3-4-M-2	2,3	2.7	R	70%
69	CT 15675-21-3-1-EP1-2-2	2	1.7	HR	75%
70	CT 18175 - 5 - EP4 - 4 - 1 - 1	4	1.3	S	95%

TL : Tipo de lesión %AFA : Porcentaje de Área Foliar Afectada

HR: Alta resistencia; R: Resistencia; I: Intermedio; S: Susceptible; HS: Alta susceptibilidad

%AFA : Porcentaje de área foliar afectada; T.L.: Tipo de lesión

C.V = 5.76%; X = 85.1%

3.1.2 Virulencia de los 6 haplotipos de *Pyricularia grisea* en estudio.

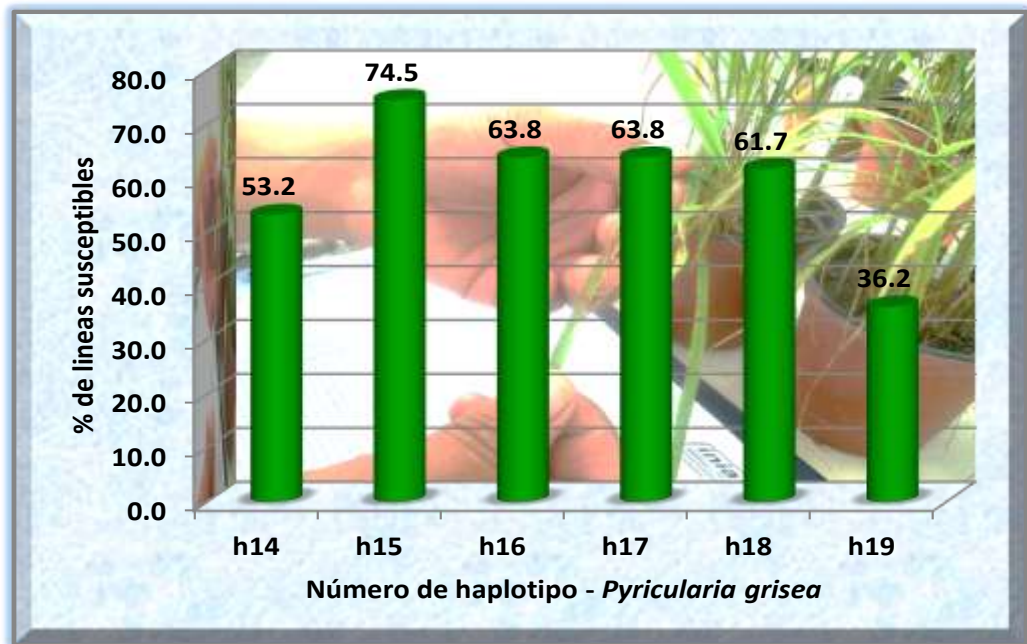


Figura 16: Espectro de virulencia de 6 haplotipos de *Pyricularia grisea* en 47 líneas diferenciales.

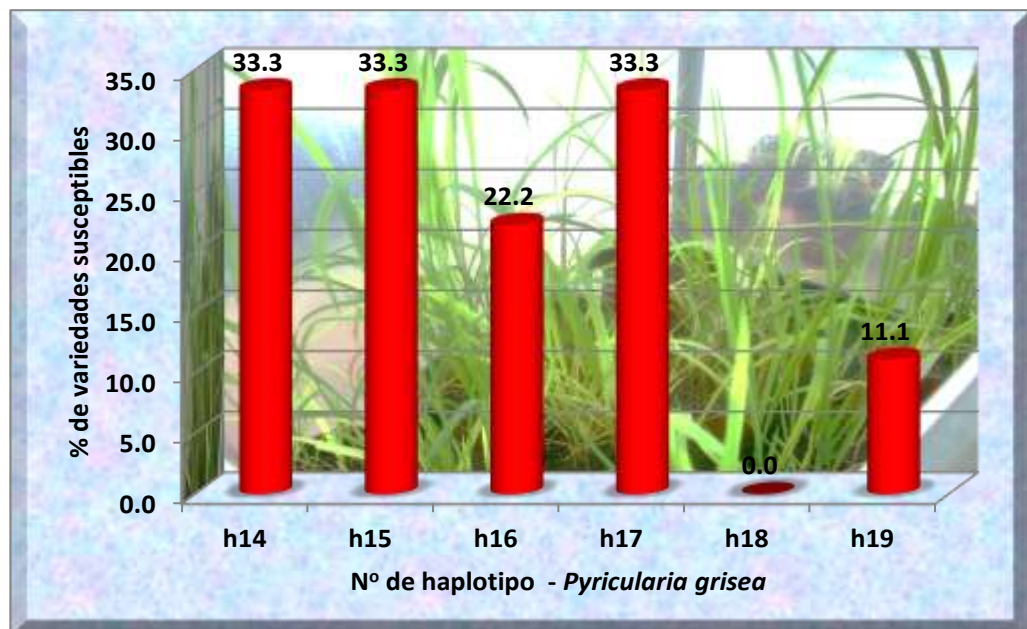


Figura 17: Espectro de virulencia de seis haplotipos de *Pyricularia grisea* en 09 variedades colombianas de arroz.

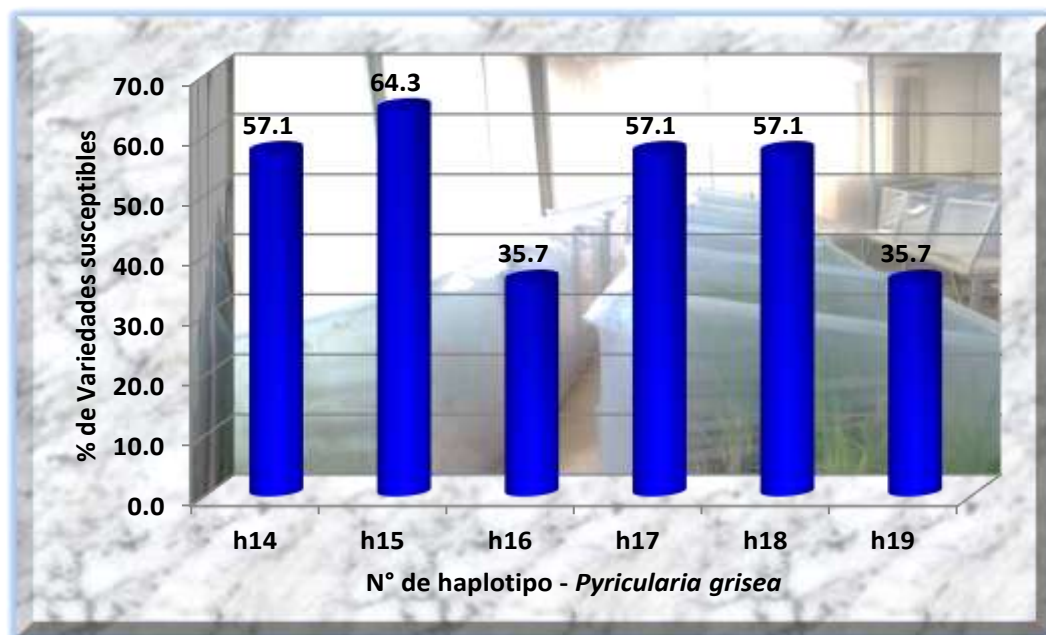


Figura 18: Espectro de virulencia de 6 haplotipos de *Pyricularia grisea*, en 14 variedades peruanas de arroz.

3.2 Discusión

3.2.1 Patogenicidad de los 6 haplotipos de *Pyricularia grisea*- Raza 8, en estudio

La metodología utilizada en el presente trabajo de investigación, permite realizar una evaluación confiable del germoplasma de arroz, sin correr el riesgo de escapes a la infección, ya que existe una buena presión de la enfermedad lo cual está dado por la inoculación del germoplasma de arroz en la etapa de plántula (Etapa de mayor susceptibilidad al ataque de *Pyricularia grisea*) con una concentración óptima del inoculo (1 a 5×10^5 esporas x ml) para producir la enfermedad, alta humedad relativa (Mayor del 90%) y dosis altas de nitrógeno (200 unidades de N/ha); tal como lo indica Pantoja *et al.*, (1997), que los factores del medio y la planta que favorecen el desarrollo del hongo son la Humedad, la fertilización nitrogenada, la susceptibilidad de las variedades y el tipo y características del suelo. Los resultados de las inoculaciones se muestran en cuadros, en la cual se presentan el tipo de lesión, porcentaje de área foliar afectada (%AFA) y el tipo de reacción de 47 líneas diferenciales, 09 variedades colombianas, 10 variedades peruanas y 03 líneas promisorias de arroz (Líneas desarrolladas por el Programa de Arroz – EEA. El Porvenir – INIA); el tipo de reacción es producto de la combinación del tipo de

lesión con el porcentaje de área foliar afectada (%AFA), para lo cual se emplea la tabla de equivalencias del Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT.

La concentración de la solución de esporas (esporas/ml) estuvo dentro del rango recomendado por el CIAT – Colombia en todas las pruebas, lo cual se corrobora con la alta susceptibilidad mostrado por la variedad Fanny (Variedad testigo) en todas las jaulas de inoculación, complementado con las condiciones apropiadas de temperatura, humedad etc., en el interior de la jaula.

a. Ensayo de patogenicidad N° 01 de *Pyricularia grisea*–Haplotipo14-Aislamiento Huallaga INIA 11-1 (19847-1).

Las tablas 4 y 5 muestran los resultados de la inoculación de las 47 líneas diferenciales con el haplotipo 14 – Aislamiento Huallaga INIA 11-1; donde se observa que los genes de resistencia efectivos contra este aislamiento fueron Pi-ks, Pi-kh, Pi-t, Pi-ta2, Pi-2, Pi-3 y Pi-9; dentro de este mismo grupo, las líneas IR-22 y Ceysvoni también mostraron reacción de incompatibilidad con dicho aislamiento de *P. grisea*. En este mismo cuadro se puede observar que existen algunas reacciones específicas: El gen de resistencia Pi-ta2 individualmente es efectivo contra el haplotipo 15 de *P. grisea*, pero si se asocia con el gen Pi-sh, pierde su resistencia al patógeno; por otro parte los genes Pi-1 y Pi-33 individualmente muestran interacción de compatibilidad con el patógeno, pero si se asocian (Pi-1, Pi-33) en un solo cultivar de arroz la relación planta-patógeno es incompatible.

La reacción al haplotipo 14 de *P. grisea* del grupo de variedades colombianas se presentan en el cuadro 06; en la cual se observa que las variedades Fedearroz 50, Fedearroz 2000, Victoria 1, Oryzica Yacu 9, Cica 8 y Coprosem 1 son resistentes a dicho haplotipo; en el mismo cuadro se presenta la reacción de la variedad Oryzica Llano 5 (Variedad resistente a las razas de *Pyricularia grisea* en Colombia), lo cual nos indica que dicho cultivar es susceptible al aislamiento Huallaga INIA 11-1.

Dentro del grupo de variedades peruanas tres variedades comerciales (La Esperanza, IR 43 y La Conquista) y las tres líneas promisorias del INIA

(CT14537-11-M-3-4-M-2, CT 15675-21-3-1-EP1-2-2 y CT 18175-5-EP4-4-1-1) presentaron resistencia a dicho haplotipo. Para mayor detalle ver tabla 7.

b. Ensayo de patogenicidad N° 02 de *Pyricularia grisea* - Haplotipo N° 15 - Aislamiento PLP 2 2-1 (18541-3).

Las tablas 8 y 9 presentan los resultados de la inoculación de las líneas diferenciales con el aislamiento PLP 2 2-1, observándose que las líneas que contienen los genes de resistencia Pi-2 y Pi-9 presentan interacción de incompatibilidad con dicho aislamiento de *Pyricularia grisea*; dentro de este mismo grupo las líneas IR-22 y Ceysvoni también mostraron buen nivel de resistencia.

Como se puede observar en la tabla 10, la mayoría de las variedades colombianas muestran buen nivel de resistencia a este aislamiento; sin embargo la variedad líder en resistencia a *Pyricularia grisea* en Colombia nuevamente su resistencia fue vencida.

De acuerdo a los resultados de la inoculación del grupo de variedades Peruanas con el aislamiento PLP2 2-1, registrados en la tabla 11, se puede mencionar que dicho aislamiento tiene amplio espectro de virulencia ya que no solo ha vencido la resistencia de la mayoría de las variedades comerciales, sino también la de 02 líneas promisorias (CT14537-11-M-3-4-M-2 y CT 15675-21-3-1-EP1-2-2) desarrolladas por el INIA que se encuentran en proceso de liberación y que han sido seleccionadas por presentar resistencia en campo a *Pyricularia grisea*.

c. Ensayo de patogenicidad N° 03 de *Pyricularia grisea* - Haplotipo 16 - Aislamiento Moro 1-1 (19188-1).

Analizando los resultados de la inoculación de las líneas con genes de resistencia (Líneas diferenciales) con el aislamiento Moro 1-1 (19188-1) (Tablas 12 y 13), los genes de resistencia Pi-zt, Pi-t, Pi-2 y Pi-9, resultan ser efectivos contra dicho aislamiento; dentro de este mismo grupo, las líneas IR-22 y Ceysvoni también mostraron buen nivel de resistencia.

En la tabla 14 se muestra la reacción de las variedades colombianas al aislamiento Moro 1-1 (19188-1), donde se puede apreciar que solo las variedades Oryzica 1 y Caribe 8 son susceptibles a dicho aislamiento; en esta prueba la variedad Oryzica Llano 5 mostró buen nivel de resistencia.

En el grupo de variedades Peruanas (Tabla 15), se observó buen nivel de resistencia al aislamiento Moro 1-1 (19188-1) de la mayoría de las variedades comerciales y de las tres líneas promisorias del INIA, donde se destaca la alta resistencia de la reciente variedad liberada por el INIA (INIA 509 – La Esperanza).

d. Ensayo de patogenicidad N° 04 de *Pyricularia grisea* – Haplotipo 17 - Aislamiento Selva Alta 10-1 (19823-2).

Los resultados de esta prueba se presenta en las tablas 16 y 17, en la cual podemos observar que los genes Pi-zt; Pi-kh, Pi-t, Pi-2, Pi-9 son efectivos contra el aislamiento Selva Alta 10-1 (19823-2); dentro de este mismo grupo de líneas se puede apreciar que Ceysvoni e IR-22 presentan interacción de incompatibilidad con el patógeno.

Del grupo de variedades colombianas en estudio, solo tres mostraron susceptibilidad al aislamiento Selva Alta 10-1 (19823-2), Oryzica 1, Oryzica Yacu 9 y Caribe 8; La variedad Oryzica Llano 5 mostró una alta resistencia a este aislamiento de *P. grisea* (Tabla 18).

En la tabla 19 observamos que la mayoría de las variedades peruanas muestran reacción de susceptibilidad; solo las variedades Pitipo, Tacuari y La Esperanza, y las tres líneas promisorias del INIA en estudio fueron incompatibles con el patógeno.

e. Ensayo de patogenicidad N° 05 de *Pyricularia grisea* – Haplotipo 18 - Aislamiento Viflor 3-1.

En este ensayo se observa que los únicos genes de resistencia efectivos contra el aislamiento Viflor 3-1 fueron el Pi-zt, Pi-t, Pi-2 y el Pi-9, dentro de este mismo grupo de líneas, se observa la alta resistencia presentada por dos líneas

que presenta genes de resistencia desconocidos: IR 22 y Ceysvoni (Tablas 20 y 21). En este mismo cuadro observamos algunas reacciones específicas: Las líneas que contienen el gen de resistencia Pi-sh o el Pi-ks, son susceptibles al ataque de este aislamiento; pero si estos dos genes se encuentran juntos en una sola línea de arroz, la relación planta-patógeno es incompatible.

Dentro del grupo de variedades Colombianas (Tabla 22) solo la variedad Oryzica 1 mostró resistencia intermedia, el resto de genotipos fueron altamente resistentes; mientras que en el grupo de variedades peruanas (Tabla 23), solo las variedades Pitipo, IR 43, INIA 509-La Esperanza y las tres líneas promisoras desarrolladas por el INIA fueron resistentes.

f. Ensayo de patogenicidad N° 06 de *Pyricularia grisea* – Haplotipo 19 - Aislamiento PLP3 6-1 (18545-8).

Las tablas 24 y 25, muestran los resultados de la inoculación de las 47 líneas diferenciales de arroz, con el aislamiento PLP3 6-1 (18545-8), en la cual se observa que la interacción de los genes Pi-zt, Pi-t, Pi-k, , Pi-kh, Pi-ks, Pi-I, Pi-sh, Pi-z, Pi-1, Pi-9 y Pi-2, con los genes de avirulencia del aislamiento antes mencionado son incompatibles, también se observa en el mismo cuadro que las líneas IR 22 y Ceysvoni muestran buen nivel de resistencia.

La reacción del grupo de variedades de arroz colombianas se muestra en la tabla 26, en la cual se puede observar que solamente la variedad Oryzica 1 es susceptible al aislamiento PLP3 6-1(18545-8). Mientras que en el grupo de las variedades Peruanas Capirona, Huallaga INIA, IDAL 2, Santa Elena y la línea promisoría del INIA CT18175-5-EP4-4-1-1 presentan reacción de susceptibilidad (Tabla 27).

El coeficiente de variación (C.V), fue bajo en las seis pruebas (< 6%); diríamos que para condiciones de invernadero es aceptable (Calzada, 1970), y es el fundamento de la confiabilidad del experimento.

Cieza *et al.*, (2010), reporta que en estudios de la patogenicidad de *Pyricularia grisea* de Perú realizados en la EEA. El Porvenir – INIA, se observó que

aparentemente el gen Pi-2 confiere resistencia a los linajes 2 y 5, y el gen Pi-9 parece ser efectivo en impedir infecciones de piricularia pertenecientes al linaje 5. Esta información es corroborado por Livore (2005), quién manifiesta que estudios realizados en CIAT han demostrado que la combinación de los genes de resistencia *Pi-1* (cromosoma 11), *Pi-2* (cromosoma 6), y el gen *Pi-33* (cromosoma 8) confieren resistencia a muchas poblaciones de *Pyricularia* en América Latina.

Respecto a la susceptibilidad mostrada por la variedad Oryzica Llano 5 (Variedad líder en resistencia a los linajes de *Pyricularia grisea* de Colombia) a dos aislamientos de *Pyricularia* de Perú, Correa *et al.*, (2002), menciona que en Colombia también se ha observado un aislamiento de *Pyricularia* completamente compatible con el cultivar Oryzica Llanos 5 en inoculaciones realizadas en el invernadero aunque el cultivar Oryzica Llanos 5 es aún resistente bajo condiciones de campo, este nuevo aislamiento causó una infección severa en inoculaciones artificiales realizadas en el invernadero.

3.2.2 Espectro de virulencia de los 06 aislamientos de *Pyricularia grisea* en estudio.

En la figura 16, presenta el espectro de virulencia de los seis aislamientos de *Pyricularia grisea* en estudio en 47 líneas diferenciales, donde se observa diferencias en la virulencia entre los seis haplotipos de la raza 8, de las cuales sobresale el haplotipo 15 aislamiento PLP 2 2-1 (18541-3) por vencer la resistencia de 35 genotipos de arroz equivalente al 74.5% de la población de líneas diferenciales de arroz; los haplotipos N° 16 (Aislamiento Moro 1-1) y 17 (Aislamiento Selva Alta 10-1) presentan similar espectro de virulencia ya que ambos vencieron la resistencia del 63.8% del total de líneas diferenciales; mientras que los haplotipos 18, 14 y 19 solo vencieron la resistencia del 61.7%, 63.2% y 36.2% de la población respectivamente.

El espectro de virulencia de los seis aislamientos de *Pyricularia grisea* en las variedades colombianas no sobrepasó el 34% de la población (Figura 17); donde el haplotipo 15 – Aislamiento PLP 2 2-1 también se mostró como el más virulento al igual que los haplotipos 14 (Aislamiento Huallaga INIA 11-1) y 17 (Selva Alta 10-1), venciendo la resistencia del 33.3% de la población de variedades colombianas;

el haplotipo 18 fue el único aislamiento que no causó reacción de susceptibilidad en este grupo de variedades.

En el grupo de variedades peruanas también se observa diferencias en la virulencia de los seis aislamientos de *Pyricularia grisea* en estudio (Figura 18), donde el haplotipo 15 también se muestra como el más virulento causando reacción de susceptibilidad al 64.3% del total de variedades peruanas, le siguen en virulencia los haplotipos 14, 17 y 18, ya que las tres vencieron la resistencia del 57.1% del total de variedades evaluadas; las que presentaron menor espectro de virulencia fueron los haplotipos 16 y 19, ambas causaron reacción de susceptibilidad al 35.7% del total de las variedades.

Pantoja *et al.*, (1997), sostiene que estudios realizados en Colombia indican que las frecuencias de virulencia oscilaron entre 0 y 0.86, sin que ningún cultivar fuera susceptible a todos los aislamientos del hongo, y las frecuencias de virulencia más bajas estuvieron asociadas con combinación de genes de resistencia. El mismo autor menciona que un aislamiento del Hongo puede acumular varios factores de virulencia y afectar a más de una variedad; sin embargo ningún aislamiento es tan virulento que afecte a todas las variedades.

CONCLUSIONES

- Los resultados de las inoculaciones, nos indican que existen diferencias en los espectros de virulencia entre los seis haplotipos de la raza 8 de *Pyricularia grisea* en estudio, tanto en el grupo de líneas diferenciales, variedades colombianas y variedades Peruanas.
- El haplotipo más virulento de las seis evaluadas es el haplotipo N° 15 (Aislamiento PLP 2 2-1, código 18541-3), por vencer la resistencia de un mayor número de líneas diferenciales (74.5% de líneas susceptibles); y también fue el que causó mayor susceptibilidad en los otros dos grupos de variedades en estudio (Variedades colombianas = 33.3% y Variedades Peruanas = 64.3%).
- Los genes de resistencia Pi-2 y Pi-9, fueron los únicos efectivos contra los seis haplotipos de la raza 8 de *Pyricularia grisea*; y es muy probable que muchas de nuestras variedades de arroz que han mostrado resistencia en las inoculaciones, posean este gen de resistencia a *Pyricularia grisea*.
- Ningún aislamiento causó reacciones de susceptibilidad en todas las variedades evaluadas, pudiéndose afirmar que en dicho grupo de variedades, existen genes de resistencia efectivos en conjunto contra los seis haplotipos evaluados.
- En el grupo de variedades colombianas se observó que la variedad Fanny (Testigo), fue la única que mostró susceptibilidad a todos los haplotipos evaluados; mientras que las variedades Fedearroz 50, Fedearroz 2000, Cica 8 y Coprosem 1 resultaron resistentes a todos los haplotipos.
- Se observó una reacción específica entre una variedad Colombiana y los aislamientos de *Pyricularia grisea* evaluados: Victoria 1 fue resistente a todos los haplotipos inoculados, con excepción del haplotipo 15 (Aislamiento PLP 2 2-1, código: 18541-3).

- Arroz INIA 509-La Esperanza mostró resistencia a todos los haplotipos evaluados; las variedades que mostraron susceptibilidad a todos los haplotipos inoculados fueron Capirona-INIA, Huallaga-INIA e IDAL-2.
- En el grupo de variedades Peruanas también se observó algunas reacciones específicas (Variedad de arroz – Patógeno); La variedad Pitipo resulto resistente a todos los aislamientos inoculados con excepción del haplotipo 14 (Aislamiento Huallaga INIA 11-1; código: 19847-1), las líneas promisorias del INIA CT14537-11-M-3-4-M-2 y CT 15675-21-3-1-EP1-2-2 fueron susceptibles solamente al haplotipo 15 (Aislamiento PLP 2 2-1, código:18541-3) y la línea promisoría CT18175-5-EP4-4-1-1 solo mostro reacción de susceptibilidad al haplotipo 19 (Aislamiento PLP3; código: 6-118545-8).

RECOMENDACIONES

- Continuar con el estudio de la patogenicidad de las demás haplotipos de las razas de *Pyricularia grisea* de nuestro país y dar seguimiento continuo a los cambios patogénicos y genéticos que ocurren en el patógeno, con la finalidad de desarrollar variedades de arroz con resistencia más estable a este patógeno.
- Realizar pruebas de patogenicidad del haplotipo 14 – raza 8 (Aislamiento PLP2 2-1, código 18541-3), utilizando como germoplasma de arroz contrastante el Banco de progenitores del Programa Nacional de Investigación en Arroz; con la finalidad de identificar progenitores resistentes a este haplotipo de *Pyricularia grisea*; y posteriormente incluir en un futuro programa de cruzamientos los genotipos de arroz seleccionados, para el desarrollo de variedades de arroz con resistencia más estable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). (2005). *Morfología de la Planta de Arroz Cali*, Colombia.
- Cieza, I. (2007). “*Caracterización de la Patogenicidad de Pyricularia grisea en el cultivo de arroz en Perú*”. Instituto Nacional de Investigación Agraria – INIA / Programa Nacional de Investigaciones en Arroz / EE El Porvenir. Informe de Capacitación N° 01-2007-Cooperación Técnica Internacional-INIA. Lima.100 pp.7
- Cieza, I; Bruzzone, C; Palacios, O. (2010). *Identificación de genotipos de arroz resistentes a dos grupos raciales de Pyricularia grisea, presentes en el Perú*.
- Correa, F y Martines, C. (1994). Genetic structure and virulence diversity of *Pyricularia grisea* en breeding for rice blast resistance, in Induced Mutations and Molecular Techniques for crop improvement, IAEA, Vienna.
- Correa., F; Tharreau, D; Vales, M; Escobar, F; Prado, G; Aricapa, G. (2002). *Combinaciones de genes en arroz para el desarrollo de Resistencia durable a Pyricularia grisea en Colombia*.
- Correa, F Y Zeigler, R. (1993). *Pathogenic Variability in Pyricularia grisea at rice blast “hot spot” breeding site in eastern Colombia*. Plant disease 77: 1029-103.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). (2004a). *El arroz es la vida (en línea)*. Roma, IT, FAO. Consultado 17 de oct. 2006.
- FAO. (2004b). *Rice and nutrition (en línea)*. Roma, IT, FAO. Consultado 17 de oct. 2006.
- FAO. (2006). *Seguimiento del mercado del arroz (en línea)*. Roma, IT, FAO. Consultado 17 de oct. 2006.
- Hernández, J. (1987). *Producción de Arroz*. NETS, editores Lima, Perú 63p.
- Jimenez, A. (2005). *Enfermedades del Arroz en el Perú*. Primera edición. Lambayeque-Perú.
- Levy, M; Correa, F; Zeigler, R; Xu, S Y Hamer, J. (1993). *Genetic diversity of the rice blast fungus in a disease nursery in Colombia*. Phitopathology 83: 1427-1433.
- Livore, A. (2005). *Desarrollo de una Estrategia para la Obtención de Resistencia Durable a Pyricularia grisea en Arroz en el Cono Sur – Pyricularia*.

- Minguillo, F. (1982). *Fertilización Del cultivo de Arroz En: Curso de adiestramiento en producción de arroz*. Estación Experimental Vista Florida. Chiclayo, Perú. pp. 187-219.
- Niks, R. Y W. Lindhout. (1999). *Curso sobre mejoramiento para la Resistencia durable a patógenos especializados*. Wageningen Agricultural University, Holanda. 150 p.
- Ospina, J. Y Aldana H. (2001). *Enciclopedia Agropecuaria, Producción Agrícola*. Tomo 1. Terranova.
- OU, SH. (1985). *Rice Diseases (Slough, UK: Commonwealth Agricultural Bureau)*.109-201.
- Pantoja, Correa, F; Tascon, E; Fischer, A; Ramirez, A; Saninte; L. (1997). *Manejo integrado de plagas; artrópodos, enfermedades y malezas, Centro Internacional de Agricultura Tropical*. Cali, Colombia (Publicación CIAT; No. 292).
- Palacios, O; Bruzzone, c; Montero, F; Cieza, I; Saavedra, J; Castillo, P. (2010). *Subproyecto: "Planeamiento Integrado para la Generación y desarrollo de Nuevas líneas y Variedades de arroz en el Perú"*
- Persons, D. (1993). *Manuales para educación Agropecuaria-Arroz*. Editorial Trillas, México. 320p.
- Rivera, P. (1993). *Hinosan E.C. El Fungicida específico siempre actual en arroz*. División Agrícola. S/P.
- Sevilla, H. (2004). *Recursos Genéticos Vegetales*. Primera edición. Edit. Torre Azul SAC. Lima, Perú. 455p.
- Tapiero, A. Aristizábal D y Morris Levy, (2003). *"Lineaje-exclusion, a strategy for breeding rice with durable resistance to Pyricularia grisea Sacc. in Colombia"*. Revista Corpoica • Vol 4 • N°1. Colombia.
- Villarraga, A. (1995). *Manejo Integrado de enfermedades en el Cultivo de Arroz*. Bayer Dovosoón Agrícola.