

CARACTERIZACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA BACTERIA *Burkholderia glumae* DE 318 CULTIVARES DE ARROZ DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

EDDILIA MEJÍA ARICAPA

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AMBIENTALES
PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE Y DE LOS
RECURSOS NATURALES
SANTIAGO DE CALI
2008**

CARACTERIZACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA BACTERIA *Burkholderia glumae* DE 318 CULTIVARES DE ARROZ DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

EDDILIA MEJÍA ARICAPA

Informe de pasantía para optar el título de Administradora del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales

**Asesora
Martha Lucia Palacios P.
Bióloga MSc.**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AMBIENTALES
PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE Y DE LOS
RECURSOS NATURALES
SANTIAGO DE CALI
2008**

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Administrador del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales.

Elizabeth Muñoz Msc.
Jurado

Martha Lucia Palacios P. Msc.
Director

Santiago de Cali, 30 de julio de 2008

A mi Abuela y a mis padres

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por la oportunidad que me dieron de recibir conocimientos para formarme como profesional.

A mi abuela por su ayuda oportuna e incondicional

A todos mis profesores y docentes del programa de Administración Del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales por formarme como profesional y haber aportado invaluable conocimientos y valores.

Al Doctor Fernando Correa Victoria por la oportunidad y los conocimientos suministrados, por su ejemplo de dedicación.

A Gustavo Prado por sus conocimientos, amistad, paciencia y colaboración.

A María Girena por aportarme sus conocimientos, paciencia y su experiencia durante la práctica.

Al Centro Internacional De Agricultura Tropical CIAT.

A Duberly Mosquera Restrepo por ofrecerme su ayuda y su experiencia en la culminación del trabajo.

A todos mis amigos y compañeros que hicieron su pequeño aporte en este trabajo...

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	12
ABSTRACT	14
INTRODUCCIÓN	15
1. DEFINICION DEL PROBLEMA	16
2. JUSTIFICACIÓN	17
3. OBJETIVOS	18
3.1 OBJETIVO GENERAL	18
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
4. MARCO TEÓRICO	19
4.1 EL ARROZ	19
4.1.1 Origen, tipos y distribución	19
4.1.2 Importancia económica y social	20
4.1.3 Cómo se originaron las variedades de arroz en América Latina	21
4.1.4 Antecedentes en el cultivo de arroz en América Latina y el Caribe	22
4.2 GENERALIDADES DEL AÑUBLO BACTERIAL DE LA PANÍCULA	23
4.2.1 Registros de la enfermedad	24
4.2.2 Agente causal	25
4.2.3 Clasificación y taxonomía	25
4.2.4 Características de la especie <i>B. glumae</i>	26
4.2.5 Epidemiología	27

5. METODOLOGÍA	30
5.1 ÁREA DE ESTUDIO	30
5.2 VARIEDADES SELECCIONADAS	30
5.2.1 Selección de aislamientos	32
5.3 METODOLOGÍA DE LABORATORIO	32
5.3.1 Siembra de aislamientos	32
5.3.2 Multiplicación de aislamientos	33
5.3.3 Preparación del inóculo	34
5.4 METODOLOGÍA DE INVERNADERO	35
5.4.1 Siembra de semillas en invernadero	35
5.4.2 Los controles	38
5.4.3 Inoculación de las plantas	38
5.4.4 Incubación de variedades	39
5.5 Diseño de la escala evaluativo	41
5.5.1 Descripción de los síntomas de acuerdo a la escala	41
5.6 EVALUACIÓN DE LAS PLANTAS	42
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
6.1 CONCENTRACIÓN ADECUADA PARA LAS INOCULACIONES	43
6.2 RESPUESTA DE LOS 318 CULTIVARES DE AMERICA LATINA Y EL CARIBE A <i>B. glumae</i>	44
6.2.1 Variedades resistentes	45
6.2.2 Variedades intermedias	45
6.2.3 Variedades susceptibles	46
6.2.4 Plantas que no germinaron	46

6.3 EVALUACIÓN DE LOS CONTROLES	48
7. CONCLUSIONES	49
8. RECOMENDACIONES	50
BIBLIOGRAFÍA	51
ANEXOS	56

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Especies descritas en el género <i>Burkholderia</i>	26
Tabla 2. Variedades usadas como controles en el ensayo	38
Tabla 3. Clasificación de la caracterización por colores	44
Tabla 4. Evaluación de los controles	47

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Síntomas típicos de la enfermedad	27
Figura 2. Invernaderos y laboratorios	30
Figura 3. Colección de aislamientos	32
Figura 4. Medio Kim-b	33
Figura 5. Siembra de bacteria <i>B. glumae</i>	33
Figura 6. Incubación de aislamientos	34
Figura 7. Siembra de bacteria en medio Kim-b	34
Figura 8. Espectrofotómetro	35
Figura 9. Siembra de semilla	36
Figura 10. Plántulas 7 días después de la siembra	36
Figura 11. Raleo de plantas	37
Figura 12. Inoculación	39
Figura 13. Humidificadotes	40
Figura 14. Incubación de las variedades	41
Figura 15. Escala visual evaluativo	44
Figura 16. Clasificación según escala	46
Figura 17. Clasificación expresada en porcentaje	47
Figura 18. Promedios obtenidos en los 13 controles	48

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Primera evaluación de la resistencia de los cultivares de arroz a <i>B. glumae</i>	56
Anexo B. Segunda evaluación de la resistencia de los cultivares de arroz a <i>B. glumae</i>	59
Anexo C. Tercera evaluación de la resistencia de los cultivares de arroz a <i>B. glumae</i>	61
Anexo D. Cuarta evaluación de la resistencia de los cultivares de arroz a <i>B. glumae</i>	63
Anexo E. Quinta evaluación de la resistencia de los cultivares de arroz a <i>B. glumae</i>	66
Anexo F. Cronograma de inoculación	68

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló en las instalaciones del Centro Internacional De Agricultura Tropical CIAT, en la ciudad de Palmira, en el departamento de Valle del Cauca Colombia. La metodología usada permitió reproducir los síntomas de la enfermedad del añublo bacterial de la panícula en 318 variedades de arroz de América Latina y el Caribe y observar su comportamiento bajo condiciones controladas en invernadero.

La concentración del inóculo se fijó con ayuda de un experto del proyecto de arroz y se determinó a 0.01 UFC (unidades formadoras de colonias) disueltas en 500 ml de solución salina estéril.

Posteriormente se inoculó por inyección con la cepa más virulenta de la bacteria *Burkholderia glumae*. Esta cepa se sembró 2 días antes de la fecha de inoculación de las plantas y se incubó a 27°C. Luego de 6 días de haber inoculado las plantas se procedió a evaluarlas, encontrándose que los síntomas no se presentaron con claridad, sugiriendo usar una concentración más alta para las siguientes inoculaciones.

Así, en el primer ensayo se sembraron las 318 variedades (1 sola vez para cada variedad) y se observó su comportamiento bajo la concentración 0.01 UFC. Este primer ensayo no se tuvo en cuenta para el análisis de datos puesto que la baja concentración no permitió obtener buenos síntomas y se corría riesgo de escapes en la evaluación.

Para la segunda repetición se determinó aumentar la concentración a 0.15 UFC. Pasados los 6 días de la inoculación se observaron detenidamente las plantas. Se apartó un grupo de 5 plantas clasificadas de las más enferma a la más sana y se les dio valor numérico 1, 3, 5, 7, 9 respectivamente. Esta escala se creó a partir de los síntomas vistos en las plantas y teniendo en cuenta el sistema de valuación estándar para arroz del Internacional Rice Research Institute IRRI. Enseguida se tomó el registro fotográfico y con esta escala visual se clasificaron las demás plantas del ensayo.

La planta que tuvo mejor comportamiento fue Nipponbare, variedad comercial que fue usada como control en las siembras. Dos variedades se clasificaron como resistentes: Tikal 2 y *Oriza latifolia* representadas como el 1%. Por otro lado las variedades clasificadas como intermedias fueron 84 representadas por el 27%, mientras que las susceptibles fueron la mayoría con 216 variedades expresadas como el 71%.

Este ensayo fue un ensayo preliminar que permitió establecer la concentración estándar para inocular *Burkholderia glumae* en plantas y además permitió

recrear los síntomas en 318 variedades que se utilizaron para establecer la escala evaluativa visual de la enfermedad del añublo bacterial de la panícula.

Palabras claves: Añublo bacterial de la panícula, *Burkholderia glumae*, Concentración del inóculo, 318 variedades de arroz, Escala Visual Evaluativa, Síntomas.

ABSTRACT

The present research was developed at the International Agriculture Tropical Center, CIAT. The methodology used allows reproducing the symptomatology of 318 rice varieties from America Latina and the Caribe to observe its effect under greenhouse circumstances.

The inoculum's concentration was fixed with the rice project manager and was fixed at 0.01 (unities of colonies formers) dissolved on 500 milliliters of sterile salt solution.

Following the most *burkholderia glumae* virulent isolated was inoculated by injection to the plants. This isolated was sowed 2 days before the inoculation day and was incubated at 27°C.

After 6 days from the inoculation to the plants, plants were evaluated finding that the symptoms weren't present with clearness it expects, suggesting using a higher concentration to the following inoculations.

Thus, all the 318 varieties were cultivated at the first test (one time each variety) and its behavior was observed under 0.01 unities of colonies formers. This test wasn't included to data study because the bacteria down concentration don't allow obtaining good quality symptoms and risk of escapes in the evaluation existed.

For the second repetition the concentration was increased to 0.15 UFC. Over three days from the inoculation, the plants were carefully observed. Five plants were separated and classify from the most to the less sick and a numeric value was given to each one 1, 3, 5, 7, 9 respectively. Following pictures were taken and with this visual evaluation scale the remaining research plants were classify.

The best reaction variety was Nipponbare, a commercial variety used as a sowing control. Two varieties were classified as resistant: Tikal 2 and *Oriza Latifolia*, represented for 1%. Varieties classify as intermediate were 84 represented for 27%, while the susceptible varieties were the majority represented as 71%.

This essay was a preliminary search that allows establishing the standard concentration to inoculate *Burkholderia glumee* in plants and besides to allow reproducing the symptoms in 318 rice varieties that were used to establish the disease evaluation scale for bacterial panicle blight.

Keywords: Bacterial Panicle Blight, *Burkholderia glumae*, Inoculum's Concentration, 318 Rice Varieties, Visual Evaluation Scale, Symptoms.

INTRODUCCIÓN

El arroz uno de los cereales mas codiciados por todas las culturas a escala mundial debido a su valor alimenticio y su delicado sabor. Desde la antigüedad el hombre ha dedicado parte de su vida a las labores de siembra, cultivo y cosecha del valioso cereal, mientras que expertos en el tema adelantan continuamente estudios que contribuyan a mejorar la calidad rendimiento y resistencia a las plagas y enfermedades que afectan los cultivos y a menudo producen cuantiosas pérdidas, demostrando que las enfermedades y algunos factores ambientales como los cambios extremos de temperaturas y el régimen de lluvias están siempre interfiriendo en el buen crecimiento de los cultivos.

El añublo bacterial de la panícula o quemazón de la panícula es causado por la bacteria *Burkholderia glumae*, que perteneció al genero *Pseudomonas* 1992 cuando fueron reclasificadas varias especies.

Ataca principalmente los tallos, hojas y la panícula especialmente cuando sus florecillas se abren para llenarse luego de la polinización ocasionando daños irreversibles en la fotmacion del grano.

Los continuos cambios climáticos ocurridos en los últimos años facilitaron el surgimiento de esta afección que perjudicó extensos campos cultivados en diferentes zonas arroceras de América Latina, suscitando la preocupación de los agricultores y científicos quienes se dieron a la tarea de identificar los orígenes de la enfermedad y a desarrollar técnicas para controlarla.

La aplicación de bactericidas y el uso de variedades resistentes son los métodos mas usados. Los químicos repercuten perjudicialmente en los recursos naturales y las variedades rompen la resistencia en poco tiempo, sin embargo esta continúa siendo una buena alternativa para neutralizar la enfermedad del añublo bacterial.

Este documento describe de manera concisa cómo se caracterizaron 318 variedades de arroz de America Latina y el Caribe en un ensayo que duró aproximadamente 4 meses.

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Las enfermedades son una de las principales limitantes de la productividad del arroz y una causa de la inestabilidad del rendimiento del cereal en muchas áreas productoras de todo el mundo.

Según Correa¹, Los dos métodos más empleados para manejar las enfermedades del arroz han sido el desarrollo de variedades resistentes a los patógenos y el control químico.

Según Prado², Diversos patógenos afectan el cultivo del arroz en todo el mundo. En la actualidad la bacteria *Burkholderia glumae* está ocasionando grandes pérdidas del rendimiento en América Latina especialmente en algunos países de centro América como Panamá, Costa Rica y Nicaragua.

Cuando la bacteria no había sido identificada, se creía que hacía parte de un complejo acaro-hongo-bacteria del arroz. Y se efectuaba control químico sin obtener resultados positivos, debido a diferentes problemas en el manejo de los productos utilizados, al desconocimiento del ciclo de vida de los organismos del complejo, su ubicación en la planta y las altas poblaciones desarrolladas³.

Los costos de producción del arroz han crecido. El comportamiento de las variedades de arroz frente a las principales enfermedades ha demostrado ser inestable en repetidas ocasiones, y se ha desarrollado una conciencia de conservación del ambiente, Correa⁴ confirma que este hecho que ha conducido a formular estrategias de control más eficientes que comprendan variables económicas y medioambientales.

La aplicación de sustancias químicas proporciona soluciones inmediatas pero no eficaces ni duraderas, a menudo desencadenan problemas mayores afectando las aguas subterráneas, evaporando gases, transmitiendo sustancias peligrosas a la cadena alimenticia, afectando organismos benéficos eutrofizando las corrientes y dañando suelos potencialmente cultivables.

Frente a esta situación, la mejor alternativa para el control del añublo bacterial de la panícula es el desarrollo de variedades resistentes a esta afección, Campo en el que avanza satisfactoriamente el proyecto de arroz del Centro Internacional de Agricultura Tropical.

¹ CORREA, F. Manejo integrado de plagas en arroz, artrópodos, enfermedades y malezas. Palmira: editorial, 1997. p. 130.

² Entrevista con Gustavo Prado, Asistente Proyecto patología de arroz. Palmira, 28 febrero de 2007.

³ Complejo acaro-hongo-bacteria del arroz [en línea]. Centro Internacional de Agricultura Tropical (s.f.), 2005. [Consultado 10 de marzo, 2007]. Disponible en línea: www.ciat.cgiar.org/riceweb/esp/pdf/complejo_acaro_costa_rica.pdf

⁴ CORREA, Op. cit., p. 131.

2. JUSTIFICACION

Según Prado⁵, de la familia de las gramíneas el arroz (*Oryza sativa L.*) es la especie de mayor importancia económica en Colombia; muchas de nuestras regiones, principalmente los llanos orientales, basan gran parte de su economía en el cultivo y producción.

El arroz proporciona alimento a millones de personas en el mundo y su comercio mueve millones de dólares anuales. Actualmente se cultiva en países como Brasil, Colombia, Panamá, Bolivia, Estados Unidos, Venezuela, Costa Rica, Chile, Argentina, Japón, China entre otros.

Actualmente el añublo bacterial de la panícula causado por la bacteria *Burkholderia glumae*, representa graves pérdidas en los cultivos de arroz de algunos países de centro América, Estados Unidos y Japón.

Para identificar fuentes de resistencia a esta bacteria, es necesaria la evaluación de las variedades del banco de germoplasma del proyecto de arroz de CIAT, el cual incluye variedades comerciales de América Latina y algunas líneas provenientes de cruzamientos con especies silvestres.

La caracterización de la resistencia a la bacteria *Burkholderia glumae* en 318 variedades de arroz de América latina y el Caribe proporciona los primeros pasos hacia la detección, del material genético resistente que se pueda involucrar en los programas de mejoramiento y manejo integrado de la enfermedad, evitando los tratamientos químicos convencionales a los que se someten los cultivos para controlar la enfermedad y minimizar posibles impactos negativos al medio ambiente por el uso indiscriminado de los mismos, contribuyendo de manera significativa con la conservación del suelo y los demás los recursos naturales, trabajando en pro del desarrollo sostenible anhelado por todos, sin afectar la economía o la salud de la humanidad, donde a largo plazo sea posible mejorar el rendimiento de las cosechas y el efecto perjudicial de aplicar sustancias químicas para el control de la enfermedad.

⁵ PRADO G.. Herencia de la resistencia a *Pyricularia grisea* (Sacc.) En las líneas isogénicas de arroz (*Oryza sativa L.*) C101 LAC y C101 A51. Palmira, 2004 p. 40. Trabajo de grado (Magister in Science) Universidad Nacional de Colombia.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Caracterizar la reacción de 318 cultivares de arroz de América Latina y el Caribe a la bacteria *Burkholderia glumae*

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estandarizar la concentración necesaria del inóculo para realizar los ensayos.
- Diseñar una escala de evaluación para los síntomas del añublo bacterial de la panícula.
- Evaluar el comportamiento de 318 variedades de arroz de América Latina y el Caribe a la bacteria *Burkholderia glumae*

4. MARCO TEORICO

4.1 EL ARROZ

4.1.1 Origen, tipos y distribución. Teofrastes lo denominó *Oryza* en su clasificación botánica del siglo IV a. C. Las dos especies de arroz comercialmente cultivadas en el mundo provienen de *Oryza sativa* y de *Oriza glaberrima*, esta última solo se cultiva en África. En Asia de donde se presume que es originario *Oryza sativa*, es símbolo de rituales religiosos de mucha importancia para los pueblos donde se dice que fue un regalo dado por los dioses. Una ceremonia muy conocida hecha en honor al preciado cereal fue la instituida por el Emperador japonés Shen Nung hace casi 5000 años donde solo se le atribuía al emperador el derecho de sembrar arroz con sus propias manos, frente a los demás miembros de la casa real. Esto le concedió desde tiempos históricos el prestigio que lo hace el cereal por excelencia. Excavaciones arqueológicas demuestran evidencias de que en Tailandia se cultivaba arroz hacía 6000 años⁶.

Siguiendo a Sanint y Gutierrez⁷, en Europa son los compañeros de Alejandro Magno quienes traen la descripción de los arrozales de la india. Los moros traen arroz a la península Ibérica en el siglo VIII D. C.

En América hay referencias del cultivo del arroz en Sao Paulo Brasil, en el siglo XV. A Estados Unidos llega en 1694 procedente de Madagascar, llevado por el gobernador de California; de allí pasó en 1781 a Luisiana y luego por Alabama, Texas, Florida, California etc⁸.

La especie de arroz *O. sativa*, se ha clasificado en dos tipos: indica y japónica. Los arroces cultivados en el mediterráneo, sureste de Asia, sur de China, Korea, Japón y algunas regiones de África, son en general de tipo japónica y se caracterizan por ser pequeños, con hojas angostas y erectas, tolerantes a bajas temperaturas, más resistentes al desgrane y de granos mas cortos con bajo contenido de amilasa, responden a la fertilización nitrogenada y no sufren volcamiento. Los arroces de tipo indica son cultivados en la India, Madagascar, este de África, norte de China, América y también sureste de Asia y se caracterizan por su rápido y vigoroso crecimiento inicial. Según Leal⁹, poseen hojas largas y anchas, tallos altos y débiles, susceptibles al desgrane, de

⁶ HUKÉ, R and HUKÉ, E. Rice: then and now. U.S.A.: International Rice Research Institute, 1990. p. 5-6.

⁷ SANINT, L.R y GUTIERREZ, N. F. Agricultura siglo XX y arroz siglo XXI: Una mirada desde América Latina. En: ANAILS II. CONGRESO BRASILEÑO DE ARROZ IRRIGADO. IRGA. (2001: Porto Alegre). p. 839 - 862.

⁸ PRADO, Op. cit., p. 51.

⁹ LEAL. D. Obtención de variedades mejoradas de arroz. Bogotá: Banco ganadero, 1990. p. 25.

maduración tardía y no poseen dormancia. El arroz se cultiva hoy entre los 55° N en China y 36° S en Chile.

4.1.2 Importancia económica y social. El arroz hace parte de los cereales de mayor consumo en todo el mundo constituyendo la principal fuente de proteína después de la de origen animal. Se considera como la principal fuente de alimento de una tercera parte de la población del mundo, es decir aproximadamente 2000 millones de personas¹⁰. Esta característica le confiere gran importancia debido a los recursos que son destinados para su cultivo y cosecha.

El arroz está íntimamente involucrado en la cultura, la alimentación y la economía de muchas sociedades y se ha convertido en la base alimenticia de la mayor parte de la población del mundo¹¹.

Según Pingali¹², El arroz se produce bajo diferentes sistemas de cultivo: riego, secano favorecido y secano. La mayor parte de la producción mundial se produce bajo el sistema de riego o secano favorecido. El secano representa cada vez un segmento menor en la producción mundial. En América latina, el arroz de riego representa mas del 80% de la producción arroceras de la región y cerca del 95% se siembra con variedades modernas en ese sistema¹³.

Siguiendo a Sanint y Gutiérrez¹⁴, la producción mundial de arroz a inicios del siglo XX era de unos 140 millones de toneladas de arroz cáscara, en un área de 80 millones de hectáreas, para un rendimiento de 1.75 ton/ha. En los albores del mismo siglo Asia tenía el privilegio casi exclusivo del cultivo del arroz, pues representaba el 99% de la producción mundial. A mediados de siglo XX se producían cerca de 168 millones de toneladas de arroz en un área de 130 millones de hectáreas los cuales daban unos rendimientos aproximados de 1.3 toneladas por hectárea. Al finalizar el siglo se produjeron casi 600 millones de toneladas en 154 millones de hectáreas, incrementándose los rendimientos a 3.9 ton/ha. La gran expansión de la producción de arroz se produce a raíz del lanzamiento de IR8 y de otras variedades similares, de alto rendimiento y bajo porte durante la década de los 60s. En las últimas tres

¹⁰ PANTOJA A., RAMIREZ A. y SANINT L.R. Producción de arroz en América Latina: Área sembrada y costos. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. 1997. p. 82.

HUKE, R and HUKE, E., Op. cit., p. 26.

¹² PINGALI, P, HOSSAIN, M and GERPACIO, R. V. Asian rice bowls: The returning crisis?. Manila, Filipinas: CAB International in asociación with IRRI, 1997. p. 61.

¹³ FISHER A. Manejo integrado de malezas del arroz. Palmira: editorial, 1997. p. 31 – 42.

¹⁴ SANINT y GUTIERREZ, Op. cit., p. 80.

décadas, la producción mundial creció en un 2.6% y los rendimientos en un 2.0%. Una característica de las nuevas variedades es su mayor eficiencia en la asimilación de nitrógeno. En términos de eficiencia de calorías, las nuevas variedades mantienen una alta conversión y altos rendimientos.

En América Latina y el Caribe se siembran cerca de 9 millones de hectáreas de arroz y produce cerca de 20 millones de toneladas de arroz cáscara, que representan aproximadamente el 3.6% de la producción mundial de arroz¹⁵.

Durante el año 2001, según cifras de la FAO Colombia ocupa el puesto 19 en la producción mundial de arroz cáscara, el tercero entre los países del ALCA, después de Brasil y Estados Unidos, y el primero entre los miembros de la CAN. Sin embargo, la participación en el mundo es marginal con tan solo el 0.4% del total, pero importante en el ALCA con el 7.6% y en la CAN con el 37% (Observatorio Agrocadenas, 2003).

En la región Andina del continente suramericano, el arroz es la principal fuente de proteína después de la de origen animal; se ha convertido en las últimas décadas en un producto básico de la canasta familiar y es notable que este cultivo, que no es originario de esta región haya adquirido gran importancia¹⁶.

En Colombia, el arroz es un cultivo de importancia básica en la alimentación. En la actualidad el consumo de arroz blanco en nuestro país es de 43 Kg. /hab. (Observatorio agrocadenas, 2003). Es fuente de calorías (14.3%) y proteínas (12.5%) (Fondo nacional del arroz, 2001). Tal como lo enfatiza Correa¹⁷, con este nivel de aceptación es necesario que su productividad y producción sean estables a fin de lograr una seguridad alimentaria del país.

4.1.3 Cómo se originaron las variedades de arroz en América Latina.

Debido al aumento en la demanda de alimento generada por el crecimiento de la población en las últimas décadas, los grandes productores de alimento en el mundo se vieron en la necesidad de aumentar la producción para poder satisfacer la necesidad de alimento, intensificándose el uso de Variedades mejoradas y de alta eficiencia para lograr buenos resultados. Debido a que las variedades sembradas hasta ese entonces no se ajustaban a los requerimientos exigidos por el mercado fueron eliminadas de los campos de los agricultores¹⁸.

¹⁵ SANINT L.R. y WOOD S. El arroz en Latinoamérica y el Caribe. San José, C.R: AGROAMERICA, 1998. 11 p.

¹⁶ PANTOJA A., RAMIREZ A. y SANINT L.R, Op. cit., p. 90.

¹⁷ CORREA, F. Contribución de la fitopatología para mejorar la sanidad del cultivo de arroz. Cali: Asociación de Ingenieros Agrónomos del Valle, 1988. p. 71.

¹⁸ PRADO, Op. cit., p. 65.

En el cultivo del arroz, las variedades enanas de alto rendimiento producidas por el Instituto Internacional de Investigación del Arroz (IRRI) a partir de 1966, generan un fenómeno de uniformización conocido como asfixia genética que desplazó a los cultivares tradicionales que habían evolucionado a nivel local, principalmente a las variedades altas de Asia, uniformizando el germoplasma de arroz de casi todo el mundo¹⁹.

Pulgarín²⁰, observó que 35 cruzamientos realizados en 14 programas de mejoramiento de Asia durante 1965-67, 1970-71 y 1974-75, había un aumento del número de progenitores semienanos que iba de 28% en 1965-67 a 58% en 1974-75; destacando que el 65% de los cruzamientos del primer periodo y el 84% del segundo periodo, contenían mínimo un progenitor. En América latina el uso de variedades semienanas aumento de 2% en 1965-1967 a 49% en 1974-1975 debido a una mayor adaptabilidad a las condiciones locales²¹.

La uniformidad genética aparte de las grandes ventajas que ofrece, genera riesgos en la producción de los cultivos, ya que disminuye la elasticidad de estos ante el estrés ambiental y aumenta su vulnerabilidad a pestes que pueden causar catástrofes genéticas.

4.1.4 Antecedentes en el cultivo del arroz en América Latina y el Caribe. Al observar que el fenómeno de la “asfixia genética” amenazaba al cultivo del arroz, los fitomejoradores del cultivo a escala mundial se concentraron en un idiotipo de planta que confiriera adaptación a las condiciones de crecimiento general y a las características cualitativas del grano que llenaran los requerimientos del consumidor. En esos esfuerzos los mejoradores lograron la variedad IR-8, un tipo de planta que se constituyó en la base del mejoramiento para Asia, Latinoamérica y el Caribe representando el tipo de planta moderna para el arroz de riego de la región, cuyas características principales son el porte bajo y tallos robustos. Esta base ya lograda solo requería de la adición de resistencia a enfermedades e insectos que fueran necesarias, lo cual hicieron los mejoradores en los años posteriores.

Cuevas-Pérez²² y colaboradores establecieron en 1992 mediante análisis del árbol genealógico, que las 143 variedades de arroz liberados como variedades comerciales en América Latina y el Caribe durante el periodo de 1971 a 1989,

¹⁹ ESCOBAR, F. Fingerprinting de la base de germoplasma del programa de mejoramiento de arroz en Latinoamérica. Cali, 1994. Trabajo de grado (Titulo obtenido) Universidad del Valle. p. 49.

²⁰ PULGARÍN, DAVID EDUARDO. 2005. Caracterización de genes de resistencia a *Pyricularia grisea* (Sacc.) en variedades de arroz de América Latina y del Caribe. Tesis (Ingeniero Agropecuario). Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Producción Agropecuaria, Medellín, CO. p 101.

²¹ CUEVAS-PEREZ F., GUIMARES E. P., BERRIO L, E., GONSALEZ D. I.. Geneti bse of irrigated rice in latin america and the caribbean, 1971 to 1989. Crop Science, 1992. p. 290.

²² Ibid., p. 321.

poseen la contribución de 101 cultivares tradicionales, pero que la base genética de estos 143 cultivares estaba constituida por 14 variedades tradicionales, de los cuales uno como mínimo participa en cada cultivar liberado. Este núcleo central contribuyó con 65.2% del total de los genes. Los cultivares tradicionales de China, Lati Sail; y Dee Geo Woo Geen (DGWG) contribuyeron con el 39% de los genes de los cultivares liberados, presentándose a través de la variedad IR-8 en un 80% de los cultivares. Ocho cultivares tradicionales distintos fueron incorporados por los programas de mejoramiento; en la mitad de los casos como respuesta a esfuerzos por mejorar resistencia a enfermedades²³.

4.2 GENERALIDADES DEL AÑUBLO BACTERIAL DE LA PANÍCULA

El arroz se cultiva en un ambiente dinámico donde interactúan diferentes factores como la luz, el agua, los nutrientes, los microorganismos y el sustrato, entre los más importantes para su crecimiento y desarrollo. Estos elementos conforman el ambiente natural de un cultivo de arroz y también propician la aparición de organismos que pueden beneficiar o afectar el cultivo.

Tal es el caso de la bacteria *Burkholderia glumae*, agente causal de la enfermedad conocida como añublo bacterial de la panícula. El añublo bacterial de la panícula es una enfermedad que afecta el rendimiento del arroz en la etapa de floración, infectando sus florerillas cuando se abren para llenar el grano luego de la polinización²⁴.

No hay estimaciones exactas de las pérdidas causadas por esta enfermedad, pero se ha calculado que 900.000 ha de arroz en la isla Kyushi en Japón han sido infectadas, indicando la intensidad y severidad de la enfermedad²⁵. También hay registros de la enfermedad en zonas arroceras de Estados Unidos sugiriendo el desarrollo de técnicas adecuadas para un manejo integrado de enfermedades del arroz, sin embargo aunque se conoce de la afección hace muchos años, la enfermedad es relativamente nueva en Latinoamérica y el Caribe. Desde 1995 se registra en Louisiana y en otros estados arroceros de Estados Unidos. En el 2006 la bacteria se reporta en Centroamérica, aunque se habla del complejo ácaro-hongo-bacteria desde principios del 2000 y en el 2007 se encontró en los distritos de riego de Montería y La Doctrina²⁶ en Colombia.

²³ ESCOBAR, Op. cit., p. 55.

²⁴ RONALD J. SAYLER., RICHARD D. CARTWRIGHT, AND YINONG YANG. Genetic Characterization and Real-Time PCR Detection of *Burkholderia glumae*, a Newly Emerging Bacterial Pathogen of Rice in the United States. En: Plant disease. Vol. 50, No. 5 (may, 2006); p. 605.

²⁵ MEW, TW, UNNAMALI N, BARAOIDAN, MR. Does rice seed Transmit the bacterial blight pathogen?. Philippines: Rice Research Institute, 1989. p. 61.

²⁶ CÓRDOBA. Añublo bacterial de la panícula de arroz *Burkholderia glumae* (Kurita & Tabei). En: Revista Arroz. Vol. 55 No. 468 (jun, 2007); p. 2.

4.2.1 Registros de la enfermedad Aunque la enfermedad es relativamente nueva en América Latina y el Caribe, se conoce que hace años afectó otras zonas arroceras importantes de mundo como las de Asia o estados unidos. Cuando no había sido bien identificada se creía que hacía parte de un complejo acaro-hongo-bacteria y que su aparición era favorecida principalmente por factores como las altas temperaturas de la noche y estrés hídrico. Diversas pruebas se realizaron para encontrar una causa por hongo, pero la inoculación con patógenos no causó los síntomas exactos del añublo bacterial de la panícula.

El añublo bacterial de la panícula es una de las enfermedades más importantes en las áreas arroceras del sur de los Estados Unidos. En 1995 una epidemia de añublo bacterial de la panícula ocurrió en Arkansas, Louisiana y Texas. La causa no fue claramente identificada aunque un hongo llamado *Fusarium proliferatum* fue encontrado en asociación con añublo bacterial de la panícula. En Louisiana, diferentes especies de *Fusarium* y otros tantos hongos y bacterias fueron aislados de granos de arroz que mostraba síntomas en panícula. Algunos de estos microorganismos son patógenos del arroz pero no causaban los mismos síntomas. En los trópicos, los patógenos bacterianos pertenecientes al género *Pseudomonas* y *Burkholderia* fueron reportados por asociarse síntomas similares. También se examinó añublo de la panícula en arroz en la Universidad estatal de Louisiana en la estación de investigación el arroz en Crowley. Los ejemplares de vaina y panícula fueron colectados de campos que mostraban los síntomas en la maduración. Cuando se aisló la bacteria, se probó si causaba la enfermedad en plantas de arroz. Algunos produjeron los mismos síntomas de los que fueron aislados. Esto proveyó evidencia convincente de que el patógeno bacteriano era común en el arroz de Louisiana y que estaba implicado en los síntomas del añublo bacterial en arroz. Se aislaron muchas muestras de la bacteria que causaba los síntomas típicos del añublo bacterial de la panícula y se identificaron como *Burkholderia glumae*. Esta bacteria es conocida en Japón como la causante de la pudrición bacterial del grano y agente causal del vaneamiento de la semilla.

En Crowley, asperjaron una suspensión bacteriana en la etapa de maduración. Esto causó esterilidad y decoloración en los granos. Este síntoma fue similar a los observados en los campos. Se encontró altamente virulenta la bacteria, causando pérdidas en rangos del 15 a 80% en la producción.

Mas adelante, la investigación se centró en responder muchas preguntas importantes acerca de la enfermedad: ¿cuantas parcelas tenían añublo causado por *B. glumae*? ¿Dónde? ¿Fueron cultivares corrientes o líneas resistentes? ¿Podrían algunos pesticidas usados como sprays foliares controlar la enfermedad? ¿Cuáles son los estados críticos para la infección?

Se encontró la enfermedad en alrededor de un 60% de los campo cultivados en Louisiana. Se aisló *B. glumae* de panículas enfermas de todos los

ejemplares que mostraban síntomas típicos cuando fueron colectados de los campos, se probaron 100 variedades y líneas para resistencia al añublo bacterial de la panícula en una estación del centro de investigación del arroz en Florida, inoculando con una suspensión bacterial. Ninguno resulto resistente. No obstante, algunos presentaron reacciones intermedias incluyendo L5 BR-5, L5BR 33, Nipponbare, Lacassine y Lafitte.

10 compuestos antibacterianos fueron probados por su eficiencia contra el añublo. Incluían antibióticos, cobre, compuestos orgánicos y fungicidas usados en el arroz. Los pesticidas que parecían dar un control medible en el tratamiento de semilla o sprays de área foliar eran ácido oxilínico, Topcop, Kocide 2000 y Tomaxail. Solo fueron pruebas preliminares, además las pruebas fueron realizadas nuevamente en el año 2000 para confirmar su efectividad y buscar variedades adicionales.

En el año 2007 Fedearroz envió 9 muestras de panículas afectadas al Laboratorio de Patología de Arroz en el CIAT (Palmira). Se efectuaron 72 aislamientos de semillas de arroz y en 15 de ellos se identificó la bacteria *B. glumae*. Las pruebas de patogenicidad confirmaron la presencia de la bacteria *B. glumae* asociada al cultivo de arroz, reportándose otra vez la presencia de la bacteria asociada al cultivo de arroz en Colombia. Ya en el 2006 el Dr. Fernando Correa del proyecto de arroz de CIAT había aislado esta misma bacteria en zonas arroceras de Panamá, sugiriendo que dicha bacteria es un componente más del complejo fitosanitario del arroz. En recorrido de campo, los técnicos de CIAT y FEDEARROZ-FNA, corroboraron la sintomatología registrada en condiciones de laboratorio²⁷.

4.2.2 Agente causal. *Burkholderia glumae* es el agente causal de la enfermedad bacterial de la panícula; mas conocida como añublo bacterial de la panícula (BPB por sus siglas en inglés) responsable de pérdidas económicas en los cultivos de arroz que van del 20-80% (Correa 2005). Se conoce de especies del mismo género que pueden afectar otras especies vegetales y también al hombre.

4.2.3 Clasificación y Taxonomía. El genero *Burkholderia* es un importante componente de la comunidad microbiana. Se reportan cerca de 30 especies ocupando diferentes nichos ecológicos, que se pueden presentar en el suelo, agua, plantas, animales y humanos (Tabla 1).

Se conoce desde hace tiempo que algunas especies del género *Pseudomonas* eran patógenas de las plantas. De acuerdo a Burkholder²⁸, para el año 1921

Las *Pseudomonas gladioli* fueron identificadas como el patógeno bacterial que causaba daño a los gladiolos. Burkholder describió un nuevo patógeno que

²⁷ Ibid., p. 3.

²⁸ Ibid., p. 106.

causaba daño a las cebollas y se identificó como *Pseudomonas cepacea*. Solo hasta el año 1960 se tuvo conocimiento que también podían causar daño severo a los humanos. Recientemente se ha confirmado que estas dos especies de bacterias; *B. Cepacea* y *B. gladioli* pueden producir enfermedades fibrosas y pulmonares en el hombre²⁹.

El género *Burkholderia* solo fue establecido en 1992 cuando Yabuuchi propuso transferir siete especies que estaban previamente en el grupo de *Pseudomonas*, al género *Burkholderia* *P. plantari* y *P. glumae* fueron transferidos al género *Burkholderia* en 1994. Yabuuchi et al. Se reclasificaron dos especies de *Burkholderia*; *B. solanacearum* y *B. pickettii*. Para el año 2002, había 28 especies en el género *Burkholderia*. A Muchas de estas especies se les atribuía la causa de enfermedades que atacaban cultivos de arroz, tabaco, maíz, entre otros. Los patógenos del arroz establecidos incluían: *P. avenae* (Goto y Ohata, 1956), *P. fuscovaginae* (Zeigler, 1987), *P. syringae*, *B. glumae*, *B. plantarii*, *B. gladioli* y *B. vietnamiensis*.

Tabla 1. Especies descritas en el género *Burkholderia*

<i>B. andropogonis</i>	<i>B. cepacia</i> genomovar I
<i>B. anthina</i>	<i>B. multivorans</i> (formerly genomovar II)
<i>B. ambifaria</i>	<i>B. cepacia</i> genomovar III
<i>B. caledonica</i>	<i>B. stabilis</i> (formerly genomovar IV)
<i>B. caribensis</i>	<i>B. vietnamiensis</i> (formerly genomovar V)
<i>B. caryophylli</i>	<i>B. cepacea</i> genomovar VI
<i>B. cocovenenans</i>	<i>B. plantarii</i>
<i>B. fungorum</i>	<i>B. pseudomallei</i>
<i>B. gladioli</i>	<i>B. phenazinium</i>
<i>B. glathei</i>	<i>B. pyrrocinia</i>
<i>B. graminis</i>	<i>B. sacchari</i>
<i>B. glumae</i>	<i>B. thailandensis</i>
<i>B. kururiensis</i>	<i>B. ubonensis</i>
<i>B. mallei</i> <i>B. vandi</i>	

Fuente: YUAN, X. Identification of bacterial pathogens causing panicle blight of rice in Louisiana. Tesis (Master in Science). Shenyang Agriculture University, Shenyang, 1990. p. 101.

4.2.4 Características de la especie *Burkholderia glumae*. *B. glumae* fue registrada por primera vez en el género *Pseudomonas*, y es considerada como el mayor agente bacteriano causante de enfermedades en cultivos importantes del Japón y Estados Unidos. Los síntomas típicos fueron descritos como

²⁹ YUAN, X. Identification of bacterial pathogens causing panicle blight of rice in Louisiana. Tesis (Master in Science). Shenyang Agriculture University, Shenyang, 1990. p. 93.

podridones de color café en la vaina de la panícula, decoloración y vaneamiento del grano entre los más notorios. (Figura 1) *B. glumae* es una bacteria no fluorescente, que produce un pigmento amarillo-verdoso soluble en agua. A simple vista puede parecer fluorescente pero bajo luz ultravioleta no lo son, siendo esta una característica especial para su caracterización. Las colonias son color blanco pardo o amarillas debido a la pigmentación.

Figura 1. Síntomas típicos de la enfermedad del añublo bacterial en panículas



4.2.5 Epidemiología. Los patógenos bacterianos están presentes en todos los ecosistemas y son encontrados con frecuencia en el aire, tierra y agua. La distribución terrestre de estos patógenos esta condicionada por las características del terreno, el pH, las plantas cultivadas y las condiciones climáticas.

Se ha establecido que el patógeno bacteriano se encuentra presente en las hojas de las plantas de arroz durante la etapa de crecimiento³⁰, en semillas de arroz almacenadas a temperatura ambiente durante invierno o en mala hierba de los campos y en tejido vegetal residual de cosechas anteriores que quedan en el suelo. La enfermedad tiende a dispararse bajo condiciones inusuales de altas temperaturas, especialmente en la noche y con lluvias frecuentes³¹.

De acuerdo a Shahjahan³², en 1995 y 1998 hubo severas incidencias de anublo bacterial de la panícula en Louisiana, igualmente en otras zonas arroceras. Las pérdidas en cosecha alcanzaron el 40%. Puntos de altas temperaturas fueron registrados durante estos periodos que se extendían hasta la noche. Los niveles altos de humedad en la etapa de floración se reportaron como fases que particularmente conducían a la infección de las panículas. Los periodos más susceptibles para la infección parecen ser cuando emerge la panícula y cuando comienza a florecer. Las inoculaciones durante la floración muestran las tasas más altas de infección³³

Experimentos en plantas sembradas en materos e inoculadas por aspersión en las panículas emergentes, revelaron que la enfermedad se incrementa proporcionalmente con los volúmenes y las concentraciones del inóculo³⁴. Este experimento también se reprodujo en los invernaderos de CIAT, con plantas sembradas en el campo que fueron luego transplantadas a materos y llevadas a invernadero bajo condiciones estrictas de control, corroborando los resultados obtenidos en el ensayo de Tsushima, donde la concentración de la bacteria en el inóculo influye directamente en el porcentaje de grano afectado.

Las células patogénicas presentes en la vaina de la hoja bandera juegan un rol esencial en la infección primaria. La infección en este sitio proporciona el primer recurso o primera fuente de inóculo para la panícula emergente³⁵. Los primeros síntomas visibles de la infección se presentan en la hoja bandera, luego se infecta la panícula emergente de la misma. Cuando las plantas de arroz han crecido a partir de semillas aparentemente sanas, La frecuencia y severidad de la infección en la vaina de la hoja bandera es un indicador importante de la infección de la panícula porque la vaina o buche esta

³⁰ MATSUDA, I. AND Z. SATO. Ecology of *P. glumae*, cause bacterial grain rot of rice, from planting to the mature stage. En: Ann. Phyto. Soc. Jap. Vol. 53 (1987); p. 122.

³¹ TSUSHIMA, S., MOGI, S. and SAITO, H. Effects of inoculum density, incubation temperature and incubation period on the development of rice bacterial grain rot. Japan: Proc. Assoc. Plant Prot. Kyushu, 1985. p. 11.

³² SHAHJAHAN, A., RUSH, D., GROTH, and C. CLARK. Panicle Blight. En: Rice Journ. Vol. 15 (2000); p. 28.

³³ SHAHJAHAN, A., RUSH, D., CLARK, and C. GROTH. Bacterial heath rot and panicle blight of rice in Louisiana. En: Proc. 27th RTWG. Vol. 27 (1998); p. 31-32.

³⁴ TSUSHIMA, Op. cit., p. 12.

³⁵ TSUSHIMA, S. Reduction of virulence and colonial variation of *Pseudomonas glumae* cultured on PSA medium. En: Bull. of the Jyushu Nat. Agric. Expt. Sta. Vol. 26, No.4 (1991); p. 370.

especialmente cerca de las panículas y el ciclo de la infección esta en su primera etapa³⁶.

El sitio primario de la infección por *Burkholderia glumae* al parecer se inicia a través de las plúmulas³⁷. Empieza cuando la bacteria se introduce por la lema y la palea, a través de los estomas, multiplicándose en los espacios intercelulares del tejido parénquimatoso³⁸ (Tabei et al, 1989 citado por Yuan, 2004) y moviéndose a través de las células y el tejido sano. El mecanismo de movimiento de la bacteria en el interior de las plantas a larga distancia se hace por las vías vasculares.

³⁶ TSUSHIMA, S. Epidemiology of bacterial grain rots of rice caused by *Pseudomonas glumae*. En: JARQ. Vol. 30, No. 2 (1996); p. 86.

³⁷ HIKICHI, Y. Antibacterial activity of oxolinic acid on *Pseudomonas glumae*. En: Annals of the Phytopath. Soc. of Jap. Vol. 59, No. 4 (1993); p. 370.

³⁸ TABELI, H., AZEGAMI, K., FUKUDA, T. and GOTO, T. Stomatal infection of rice grain with *Pseudomonas glumae*, the causal agent of the bacterial grain rot of rice. En: Ann. hyto. Soc. Jap. Vol. 55, No. 2 (1989); p. 224-225.

5. MATERIALES Y METODOS

5.1. Área de trabajo y estudio. El presente estudio se realizó en el laboratorio de Fitopatología y los invernaderos del proyecto de arroz del CIAT-Palmira (Figura 2).

Figura 2. Invernaderos y laboratorios del CIAT



5.2. Variedades y líneas de arroz seleccionadas. Para la realización del trabajo se seleccionaron 318 cultivares entre los que se encuentran líneas elite del Fondo Latinoamericano de Arroz Riego FLAR, especies silvestres del International Rice Research Institute IRRI, líneas provenientes de cruces con especies silvestres y variedades comerciales de América latina. Todas los

cultivares empleados pertenecen al banco de germoplasma del proyecto de arroz del CIAT.

5.2.1 Selección de aislamiento. La cepa de la bacteria que se utilizó en este ensayo, es la cepa más virulenta de la especie *Burkholderia glumae*, perteneciente a la colección de bacterias del proyecto de patología de arroz CIAT. Con este aislamiento se trabajó durante todo el ensayo y para todas las inoculaciones se multiplicó directamente del aislamiento almacenado en papel filtro en el laboratorio (Figura 3).

Figura 3. Colección de aislamientos del proyecto de arroz CIAT



5.3 METODOLOGÍA DE LABORATORIO

5.3.1 Siembra de aislamientos. En cámara de flujo laminar y bajo condiciones asépticas, se sacó con una pinza flameada el aislamiento del sobre de glassin. Se cortó un pequeño trozo de papel filtro el cual contenía la bacteria y se sembró en una caja de petri plástica con medio kim-b haciendo un rayado por toda la superficie, presionando el trozo de papel con la pinza sobre el medio para esparcir la bacteria; luego se incubaron las cajas de petri por 48 horas a 27 °C.

Después de tener la bacteria crecida en las cajas de petri, a partir de ellas se procede a multiplicar la bacteria en otras cajas de petri para preparar el inóculo (Figuras 4 y 5).

Figura 4. Medio kim b

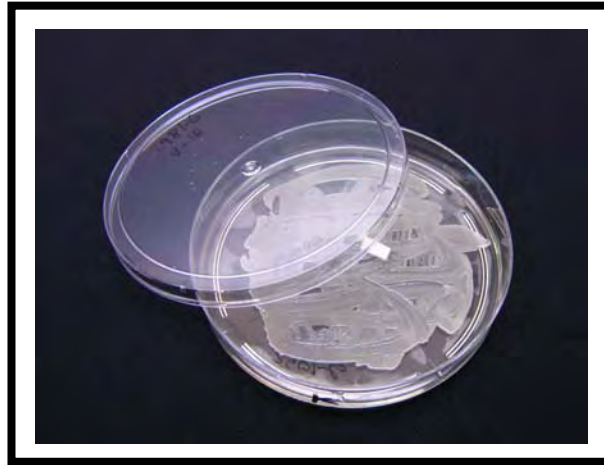


Figura 5. Siembra de la bacteria

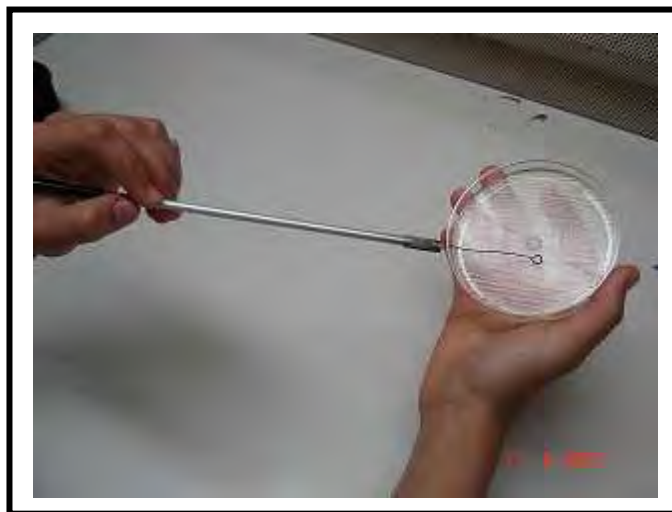


5.3.2 Multiplicación de aislamientos. Del aislamiento previamente sembrado, se seleccionaron los de mejor crecimiento y se pasaron nuevamente a cajas de petri con medio kim-B por medio de un asa de acero inoxidable (figura1), haciendo rayado parejo sobre el medio. Luego se incubaron a 27 °C durante 48 horas. De esta manera se incrementó la cantidad de inóculo necesario para las inoculaciones (Figura 6).

Figura 6. Incubación de los aislamientos



Figura 7. Siembra de la bacteria en medio kim-b.



5.3.3. Preparación del inóculo. La concentración del inóculo fue fijada 0.01 UFC que se leyeron con ayuda del espectrofotómetro y se prepararon en 500 ml de solución salina estéril. Bajo esta concentración se inocularon las 318 variedades de la primera repetición (Figura 8).

Figura 8. Espectrofotómetro



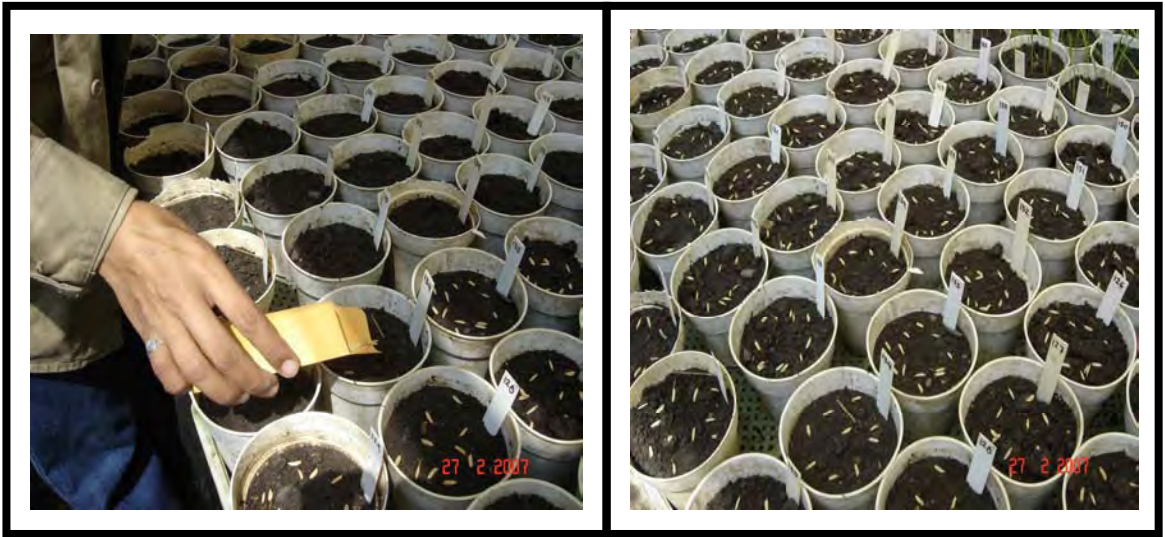
Debido a que en la primera inoculación los síntomas no se presentaron con suficiente claridad para determinar la reacción de las plantas a la bacteria *B. glumae*, en la segunda repetición se aumentó la concentración a 0.15 UFC.

Para preparar el inóculo se tomaron las cajas de petri con *B. glumae*, se les agregó aproximadamente 2 ml de solución salina y a cada caja se le raspó la superficie con triángulos de plástico estériles. La suspensión obtenida se llevó a 500 ml de solución salina estéril y luego al agitador magnético por 2 minutos. En seguida con ayuda del espectrofotómetro se leyó la concentración del inóculo hasta obtener 0.15 UFC (unidades formadoras de colonias). Para cada inoculación se usaron de 2 a 3 cajas de *B. glumae*. Este procedimiento no fue necesario realizarlo bajo condiciones estériles, porque inmediatamente después se llevo a invernaderos para la inoculación en plantas.

5.4 METODOLOGÍA DE INVERNADERO

5.4.1 Siembra de semillas en invernadero. Para la siembra se utilizaron materos de 4 pulgadas que contenían 500 gr de suelo esteril. En cada matero se sembraron aproximadamente 8 semillas de cada variedad. Cada variedad se identificó con un número consecutivo y la fecha de siembra (Figura 9).

Figura 9. Siembra de semilla en invernadero



El suelo utilizado para la siembra era una mezcla proveniente de la estación experimental de Santander de Quilichao y del CIAT, en una relación 2:1 respectivamente. Este suelo se somete a esterilización durante 4 horas por medio de vapor en vagones especiales, antes de ser usado en los ensayos.

Los materos se ubicaron en bandejas plásticas para evitar la excesiva acumulación de agua. Cada bandeja tenía capacidad para 18 materos. Las plantas permanecieron en invernadero hasta el día de la inoculación (Figura 10).

Figura 10. Plántulas de arroz 7 días después de la siembra



15 días después de la siembra se hizo un raleo para dejar solo 5 plantas por matero. En este proceso se descartan las plantas más pequeñas o débiles (Figura 11).

Figura 11. Raleo de plantas



Los materos se regaron a diario y las fertilizaciones se hicieron con nitrógeno en dosis comerciales (180Kg de N/ha), cada 7 días. El nitrógeno favorece el desarrollo de la enfermedad y permite una buena expresión de los síntomas, evitando de esta manera posibles escapes en las evaluaciones de las variedades. (Gustavo Prado comunicación personal) La fertilización nitrogenada es en algunos casos un requisito indispensable para la expresión de la enfermedad. En variedades susceptibles que han sido fertilizadas con nitrógeno, los síntomas aparecen rápidamente y de manera más severa.

Se hicieron dos siembras en el tiempo que equivalen a 2 repeticiones, para evaluar las 318 variedades con un solo aislamiento. La primera siembra se hizo en orden (1 a 318) y la segunda siembra se hizo aleatorizada. Los 318 cultivares se sembraron en grupos de 60 cada vez, mas 13 controles

respectivamente para un total de 5 siembras por cada repetición (ver anexo 2. fechas trabajo de campo)

5.4.2 Los controles. Los controles se seleccionan por su comportamiento en el campo. En un cultivo de arroz atacado por *B. glumae* existirán especies que toleren la enfermedad más que otras. Estos ejemplares son tomados en cuenta invernaderos para evaluarlas bajo condiciones controladas. De igual manera se trabaja para seleccionar las variedades susceptibles.

Las variedades susceptibles y resistentes, se utilizan como testigos en los ensayos. Los controles en un ensayo trabajan como indicadores del comportamiento y evolución de la infección en las variedades, es decir si una variedad susceptible a los 6 días no presenta síntomas de la enfermedad, probablemente haya escapes en la inoculación. Los controles deben ser sembrados cada vez que un grupo de variedades va a ser evaluado. Para el ensayo con *Burkholderia glumae* se usaron 13 controles correspondientes a variedades comerciales (Tabla 2).

Tabla 2. Variedades usadas como controles en el ensayo

VARIETADES
LMI-2 USA
JUPITER USA
NIPPONBARE
TAICHUNG SHEN 5
CHIANUNG SHEN 8
CHIANUNG SHEN 11
TAICHUNG SHEN 19
PROSEQUISA 4
LINEA 30
COLOMBIA 21
FEDEARROZ 2000
FEDEARROZ 50
COPROSEM 2

5.4.3 Inoculación de las plantas. La inoculación es el proceso mediante el cual se inyecta el inóculo o bacteria a la planta de arroz. Se llevó a cabo 17 días después de la siembra de la semilla. La inoculación se realizó inyectando el tallo de la planta con una jeringa pequeña de aguja delgada (Figura 2).

Para la inoculación se inyecta suavemente la dosis de inóculo hasta que broten de la parte superior de la planta pequeñas gotas de la bacteria. Esto indica que la planta esta bien inoculada. Si esto no sucede no podemos tener certeza de que se presente la infección en la planta.

La dosis de inóculo no se precisa en cada planta. Solo se tiene en cuenta que broten las gotas de la parte superior.

Después de inocular las plantas, los materos se colocan dentro de bandejas plásticas con agua para que por capilaridad el suelo se mantenga húmedo. Estas bandejas se llevan a cámaras de incubación con temperatura que oscila entre 28-30°C y humedad relativa mayor al 80% (Figura 12).

Figura 12. Inoculación de las plantas por inyección



5.4.4 Incubación de las variedades. Luego de ser inoculados, las variedades se incubaron en jaulas con humidificadores que expulsan micro gotas de agua. Esto creó un microclima que facilitó el proceso de infección de la bacteria en las plantas (Figura 3). Las variedades se incubaron durante 24 horas y luego se dejaron a temperatura ambiente por 6 días. Después de este tiempo se procedió a hacer la evaluación (Figuras 13 y 14).

Figura 13. Humidificadores de las jaulas de incubación



Figura 14. Incubación de las variedades



5.5 DISEÑO DE LA ESCALA EVALUATIVA

El diseño de esta escala se basó en el sistema de evaluación estándar del Instituto Internacional de Investigación del Arroz IRRI.

El sistema general de escalas adopta valores que van de 0 a 9, pero se han hecho unas pocas excepciones a estas reglas generales por razones de lógica y/o históricas, reconociendo que la mente humana no puede de una manera rápida diferenciar fácilmente entre 9 divisiones, solamente tres (1, 5, 9) o cinco (1, 3, 5, 7, 9) dígitos se indican para muchas escalas en el mejoramiento de arroz. Las nueve unidades se pueden emplear si se desea.

Para el diseño de la escala se usaron las variedades de la segunda repetición, puesto que a estas plantas se les aumentó la concentración del inoculo y los síntomas se presentaron con mayor claridad.

Para diseñar la escala se tomó la planta mas sana y la mas enferma del grupo. Luego se apartaron estas dos, se posaron sobre una mesa dándole a la más sana un valor de 1 y a la más enferma un valor de 9. Se procedió a examinar plantas que por sus síntomas estuvieran menos enfermas y a las que se les pudiera dar valores de 3, 5 y 7 respectivamente de acuerdo a sus síntomas para obtener así una escala con 5 valores que van de 1 a 9.

5.5.1 Descripción de los síntomas de acuerdo a los valores en la escala. Cada valor en la escala esta determinado por la severidad de las lesiones que presentan las plantas

- **1.** Las plantas no presentan síntomas de la enfermedad en los tallos u hojas.
- **3.** Las plantas presentan mínimos síntomas. Los tallos y hojas permanecen erguidos. La infección puede presentar puntos necróticos pero sin extenderse en la totalidad del tallo. Las hojas suelen presentar un ligero amarillamiento y caída.
- **5.** Los síntomas se han extendido mas en el tallo y las hojas, dándoles coloración café oscura. Algunas hojas pueden verse casi secas o muertas en su totalidad, pero la planta aun conserva gran porcentaje de hojas sanas.
- **7.** La enfermedad ha afectado la mayor parte de área foliar de las plantas. El tallo y las hojas se ven secas y necróticas. Las plantas pierden su rigidez. El tejido sano es mínimo.
- **9.** Las plantas pierden por completo la rigidez. La enfermedad ha afectado la totalidad del área foliar y los tallos. Las plantas lucen secas y mueren.

5.6 Evaluación de las plantas. La evaluación de las variedades se realizó 6 días después de la inoculación, con ayuda de la escala visual comparativa diseñada para este ensayo. Para la evaluación se tuvo en cuenta el área foliar y los tallos que presentaron los síntomas.

De acuerdo a la severidad de los síntomas presentados por las plantas se les dio un valor de acuerdo a la escala diseñada.

Los datos obtenidos se registraron en un formato donde se anotó el grupo de variedades, la fecha de siembra, la fecha de inoculación, el nombre del aislamiento, número de registro, la concentración de la bacteria y fecha de evaluación.

6. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1 CONCENTRACIÓN ADECUADA PARA LAS INOCULACIONES

Para determinar la concentración apropiada para las inoculaciones se realizó una prueba preliminar bajo una concentración de 0.01 UFC.

El primer grupo de plantas se inoculó con dicha concentración de la bacteria disuelta en solución salina respectivamente. Las plantas se incubaron en las jaulas con humidificadores por 24 horas exactamente, proceso que aceleró la infección de las plantas. Pasadas las 24 horas se dejaron a temperatura ambiente.

Luego de 6 días se procedió a realizar la estimación de los síntomas en las plantas pero éstos no se presentaron con claridad, ya que la infección no resultó como se esperaba y no era recomendable diseñar la escala visual evaluativa con plantas que a los 6 días no mostraron el comportamiento esperado, las variedades utilizadas como testigos son un estimativo de ello.

Cuando se presume que se ha usado baja concentración de inóculo no es recomendable continuar con las inoculaciones, porque debido a la baja presión de éste sobre las plantas, las variedades susceptibles pueden escapar a la infección y evaluarse equivocadamente como resistentes.

Por esta razón no se tuvo en cuenta la primera repetición hecha bajo 0.01 UFC, para realizar la escala visual.

La segunda repetición se inoculó a 0.15 UFC que se leyeron en el espectrofotómetro respectivamente. Con este grupo de plantas se procedió de igual manera que con el primer grupo, a diferencia de que la presión del inóculo fue mayor. Esta situación facilitó la aparición de los síntomas que fueron la base para construir la escala visual evaluativa (figura 15).

Para diferenciar la clasificación de las plantas se le asignó un color según fuera resistente, intermedia o susceptible (Tabla 3)

Figura 15. Escala visual evaluativa.

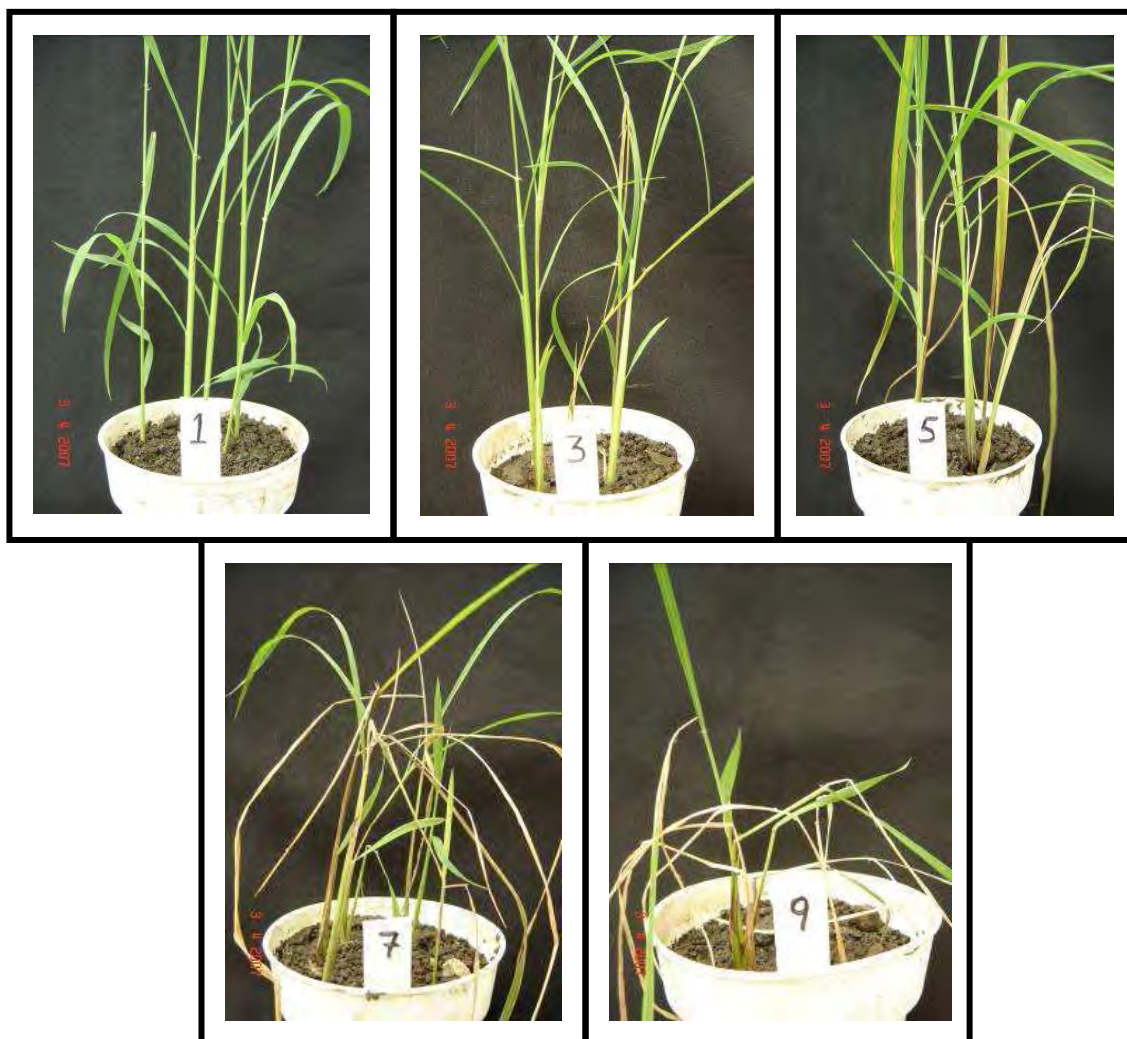


Tabla 3. Clasificación por colores

Valor en la escala	Reacción	Evaluación
1	R	RESISTENTE
3	R	RESISTENTE
5	I	INTERMEDIO
7	S	SUSCEPTIBLE
9	S	SUSCEPTIBLE

6.2 CARACTERIZACION DE LOS 318 CULTIVARES DE AMERICA LATINA Y EL CARIBE A LA BACTERIA *Burkholderia glumae*

Se evaluó la reacción de 318 variedades de arroz de América Latina y el Caribe a la bacteria *Burkholderia glumae*. A cada grupo de plantas se les inyectó el inóculo bacteriano y luego de seis días se evaluaron con la escala visual. Así mismo se les dio el valor numérico correspondiente y se registró en la tabla de datos (Anexo 1). Se clasificaron según la escala como resistentes, intermedias o susceptibles.

Debido a que no todos los valores asignados corresponden a los valores de la escala, cada valor se aproximó al siguiente de mayor valor para realizar las graficas por ejemplo 4 se aproximó a 5, 6 se aproximó a 7 y así continuamente.

6.2.1 Resistentes. Las plantas clasificadas como resistentes fueron aquellas plantas que presentaron mínimos síntomas de la infección. En la zona donde se les inyectó el inóculo solo se observó un punto café que no se extendió por el tallo y el área foliar no fue afectada por la infección o presentó mínimos síntomas de amarillamiento o marchitamiento. En general se pudo afirmar que la infección no avanzaría más y que la planta continuaría su ciclo.

Solo 2 plantas de 318 se encontraron como resistentes, siendo un valor muy bajo teniendo en cuenta el total de variedades evaluadas. En porcentaje se expresa como el 1% de posibles plantas resistentes (Figuras 5 y 6). Estas plantas fueron TIKAL 2, variedad comercial de alto rendimiento proveniente de Guatemala y la especie silvestre *Oryza latifolia*. Estas dos especies son de significativa importancia para desarrollar posteriores ensayos sobre resistencia. Si se planea trabajar con estas dos especies, antes es necesario precisar su carácter de resistencia garantizando que ha sido evaluada correctamente como resistente.

Las plantas resistentes son seleccionadas como progenitoras o para adelantar mejoramientos genéticos y postularlas como líneas porque seguramente aportan buena resistencia a la bacteria y si tienen buenas características agronómicas pueden llegar a ser variedades también.

6.2.2 Intermedias. Fueron plantas cuyos síntomas no llegaron a ser severos, pero a su vez la infección afectó el tallo y el área foliar en un porcentaje significativo. Se puede considerar que las plantas tenían un 50% de la infección en área foliar y tallos. En estas plantas los tallos se notaban mas afectados por la bacteria al igual que su tejido foliar. Nos es claro precisar si la enfermedad avanzaría o marchitaría la planta por completo. Las hojas y los tallos presentaban volcamiento.

El número de variedades y líneas encontradas en el rango de las intermedias fueron 84 (ver anexo 1) Estas plantas muestran un porcentaje significativo con el cual se puede trabajar nuevamente en próximos ensayos para mejoramiento. El ser clasificadas como intermedias les confiere un grado de tolerancia que no debe ser subestimado. En porcentaje equivale al 27% en un total de 305 variedades (Figuras 5 y 6).

Las variedades o líneas intermedias se sostienen en el programa de mejoramiento para continuar usándolas en futuras investigaciones como progenitoras y si tienen muy buen comportamiento llegar a mejorarlas como líneas.

6.2.3 Susceptibles. Estas plantas presentaron el mayor grado de desarrollo de la enfermedad en tallos y hojas, es decir la necrosis se extendió en tallos y hojas de todas las plantas hasta volcarlas o marchitarlas. El amarillamiento se observó por toda el área de tallos y hojas. En estas plantas la severidad de la enfermedad conllevó al completo marchitamiento.

216 variedades resultaron ser susceptibles, expresados por el 71% en un total de 305 variedades (Figura 5 y 6).

Las variedades o líneas susceptibles son descartadas del programa de mejoramiento. Algunas de estas plantas pueden tener otras características importantes pero no se utilizan como progenitoras para *Burkholderia glumae*, ni tampoco como líneas que puedan llegar a través del tiempo a ser una variedad.

6.2.4 Plantas que no germinaron. Algunas variedades no germinaron, posiblemente porque la semilla estuvo mucho tiempo almacenada o por otras causas no determinadas. Este grupo fue de 3 variedades expresadas como el 1%. (Figuras 16 y 17).

Figura 16. Clasificación según valor en la escala de 305 variedades de arroz de América Latina y el Caribe a la bacteria *Burkholderia glumae*.



Figura 17. Clasificación expresada en porcentaje.



Tabla 4. Valores y promedios obtenidos en la evaluación de los controles.

VARIEDADES	VALORES ASIGNADOS					PROMEDIO
LMI-2 USA	7	9	7	7	5	7
JUPITE USA	7	7	7	7	7	7
NIPPONBARE	3	7	5	5	7	5,4
TAICHUNG SHEN 5	9	9	7	7	7	7,8
CHIANUNG SHEN 8	9	9	9	7	5	7,8
CHIANUNG SHEN 11	9	7	7	7	5	7
TAICHUNG SHEN 19	7	7	5	7	7	6,6
PROSEQUISA	9	9	7	9	7	8,2
LINEA 30	9	9	9	7	5	7,8
COLOMBIA 21	9	9	9	7	7	8,2
FEDEARROZ 2000	9	9	9	7	9	8,6
FEDEARROZ 50	9	7	7	7	7	7,4
COPROSEN 2	9	9	7	7	6	7,6

	Susceptible
	Intermedia
	Resistente

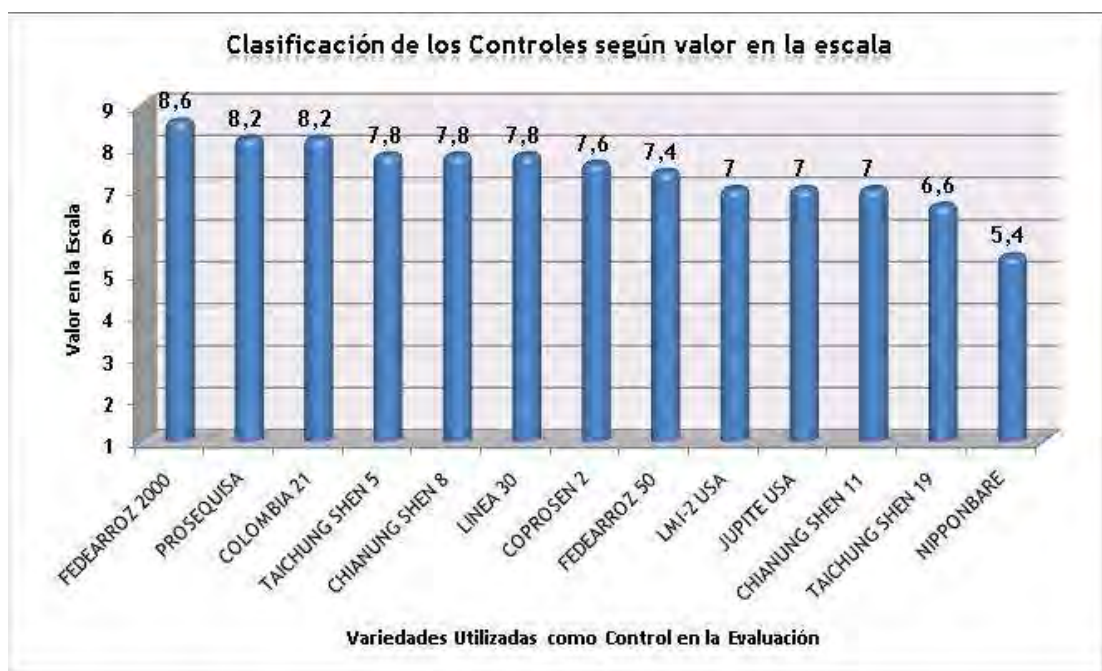
6.3 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LOS CONTROLES

De cada control se obtuvieron 5 repeticiones. Los datos se promediaron y con los valores se caracterizaron las variedades según la escala. Las 5 repeticiones fueron inoculadas con 0.15 UFC.

La variedad que se mantuvo en mejores condiciones en la mayoría de las inoculaciones fue Nipponbare, una conocida variedad japónica. Por otro lado Fedearroz 2000 fue la variedad más susceptible a la bacteria. (Ver tabla 4 y figura 7).

Las demás variedades manifestaron alta patogenicidad a la enfermedad presentado síntomas marcados en casi la totalidad de las plantas, sugiriendo descartarlas como progenitoras o portadoras de algún gen resistente al añublo bacterial de la panícula producido por la bacteria *Burkholderia glumae*. (Ver tabla 4 y figura 18).

Figura 18. Promedios obtenidos en los 13 controles.



7. CONCLUSIONES

Se estandarizó la concentración del inóculo como 0.15 unidades formadoras de colonias para ensayos por inyección en plantas de 17 días.

Se diseñó una escala de valuación para los síntomas de la enfermedad del añublo bacterial de la panícula, causados por la bacteria *Burkholderia glumae*.

De 318 variedades de arroz de América Latina y el Caribe se clasificaron 2 como resistentes, 84 como intermedias y 216 plantas susceptibles, lo cual demuestra que esta afección causa daños irreparables a los cultivos de arroz aún antes de su etapa productiva.

La caracterización de las 318 variedades constituye unos de los primeros pasos en el desarrollo de resistencia para contrarrestar la enfermedad en América Latina Y El Caribe.

A las variedades clasificadas como intermedia se les confiere un grado de tolerancia a la enfermedad que no debe subestimarse.

La enfermedad se incrementa proporcionalmente con los volúmenes de inóculo inyectado a las plantas.

La incubación de los materiales después de la inoculación es de vital importancia para favorecer la aparición de los síntomas.

8. RECOMENDACIONES

Ampliar los días de crecimiento de las variedades silvestres puesto que son de crecimiento lento y a los 17 días después de la siembra tienen el tallo muy débil para poder inocular exitosamente.

Brindar siempre las mismas condiciones de temperatura y humedad a las plantas después de la inoculación, debido a que en los 6 días siguientes es cuando aparecen los síntomas y si se someten a cambios bruscos o fuera de lo normal pueden haber escapes en la evaluación o los síntomas podrían no presentarse de igual manera en todas las variedades.

Sembrar adecuadamente el aislamiento para inocular y dejarlo crecer dos 2 días con exactitud en cada inoculación de variedades.

Corroborar los datos obtenidos en las evaluaciones mediante repeticiones controladas en invernadero.

Los tratamientos con bactericidas no siempre son recomendados porque a largo plazo los organismos logran crear resistencia a estos productos empeorando su control y tratamiento, asimismo elevan los costos de producción. Debido a esto se recomienda el uso variedades resistentes para disminuir los costos en el manejo de esta enfermedad y minimizar impactos negativos al medio ambiente y a la salud de los seres humanos causados por el uso indiscriminado de productos químicos.

BIBLIOGRAFIA

ANGLADETTE A. El arroz, Colección Agricultura Tropical. Editorial Blume: Barcelona, 1969. 867 p.

ARICAPA, M. G Y CORREA-V. F. Integración de Fitopatología, Mejoramiento y biología Molecular para el Desarrollo de Resistencias al Añublo del Arroz (*Pyricularia grisea* Sacc). Palmira: CIAT, 1994. 85 p.

BAXTER, I. A., P. I. LAMBER AND I. N. SIMPSON. Isolation from clinical sources of *Burkholderia cepacia* possessing characteristics of *Burkholderia gladioli*. En: Journ. Of Antimicrobial Chemotherapy. Vol. 39 (1997); p. 169-175

CARTWRIGHT, R.D. 2000. Genetic characterization and real-time PCR detection of *Burkholderia glumae*, a newly emerging bacterial pathogen of rice in the U.S.

CASTAÑO, J.Z., MENDOZA, L. del Río. Manual para el Diagnostico de Hongos, Bacterias, Virus y Nematodos Fitopatògenos. Zamorano academia Press: Honduras, 1994. 176 p.

Complejo acaro-hongo-bacteria del arroz [en línea]. CIAT, 2005. [Consultado 10 de marzo, 2007]. Disponible en línea: www.ciat.cgiar.org/riceweb/esp/pdf/complejo_acaro_costa_rica.pdf

CÓRDOBA. Añublo bacterial de la panícula de arroz *Burkholderia glumae* (Kurita & Tabei). En: Revista Arroz. Vol. 55 No. 468 (jun, 2007); p. 2.

CORNELIO V.M., SOARES DE SOUSA J., SOARES P. Identificação de raças fisiológicas de *Pyricularia grisea* em arroz no estado de minas gerais. En: Ciênc. Agrotec; Lavras., No.5: (2003); p. 1016-1022.

CORREA, F. Contribución de la fitopatologia para mejorar la sanidad del cultivo de arroz. Cali: Asociación de Ingenieros Agrónomos del Valle, 1988. 73 p.

_____. Alternativas para el manejo del añublo de la vaina causado por *Rhizoctonia solani*. En: Arroz Vol. 41(1992); p. 32-37.

_____. y GUIMARAES, E. P. Utilización del concepto de linaje genético de *Pyricularia grisea* en un programa de selección recurrente. Primer taller internacional de selección recurrente en arroz. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1995. 54 p.

_____. Manejo integrado de plagas en arroz, artrópodos, enfermedades y malezas. Palmira: CIAT, 1997. 250 p.

_____. Mejoramiento para resistencia a enfermedades. CIAT: Palmira, 2004. 79 p.

CUEVAS-PEREZ F., GUIMARES E. P., BERRIO L, E., GONSALEZ D. I. Geneti base of irrigated rice in latin america and the caribbean, 1971 to 1989. Crop Science: Costa Rica, 1992. 1059 p.

ESCOBAR, F. Fingerprinting de la base de germoplasma del programa de mejoramiento de arroz en Latinoamérica. Cali, 1994. Trabajo de grado (Magister in science) Universidad del Valle. 250 p.

FISHER A. Manejo integrado de malezas del arroz. CIAT: Palmira, 1997. 42 p.

GOTO, K., AND K. OHATA. New bacterial disease of rice (brown stripe and grain rot). En: Ann. Phyto. Soc. Jap. Vol. 21 (1956); p. 46-47.

GONZALEZ F. J. Origen, taxonomía y anatomía de la planta de arroz (*Oryza sativa* L.) En: Arroz: Investigación y producción. Vol. 1 (1985); p. 47-48.

HIKICHI, Y. Relationship between population dynamics of *Pseudomonas glumae* on rice plants and disease severity of bacterial grain rot of rice. En: Pesticide Sci. Vol. 18 (1994); p. 319-324.

_____. Antibacterial activity of oxolinic acid on *Pseudomonas glumae*. En: Annals of the Phytopath. Soc. of Jap. Vol. 59, No. 4. (1993); p. 370.

HUKE, R and HUKE, E. Rice: then and now. U.S.A.: International Rice Research Institute, 1990. 44 p.

JENNINGS, P.R., COFFMAN, W.R. Y KAUFFMAN, H.E. Mejoramiento de Arroz. Palmira: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1982

LEAL. D. Obtención de variedades mejoradas de arroz. Bogotá: Banco ganadero, 1990. p. 25.

MATSUDA, I. AND Z. SATO. Ecology of *P. glumae*, cause bacterial grain rot of rice, from planting to the mature stage. Japan: Ann. Phyto. Soc. Jap., 1987. p. 122.

MEW, TW, UNNAMALI N, BARAOIDAN, MR. Does rice seed Transmit the bacterial blight pathogen?. Philippines: Rice Research Institute, 1989. p. 55-64

_____. Y MISRA, J.K.. A Manual of Rice Seed Health Testing. Fillipinas: International Rice Research Institute, 1994. 123 p.

OFICINA DEL ARROZ.. Reconocimiento y Manejo de las Principales Enfermedades del Arroz en Costa Rica., San José, Costa Rica: Oficina del Arroz, 2001. 235 p.

PANTOJA A., RAMIREZ A. y SANINT L.R. Producción de arroz en América Latina: Área sembrada y costos. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. 1997. p. 82.

PINGALI, P, HOSSAIN, M and GERPACIO, R. V. Asian rice bowls: The returning crisis?. Manila, Filipinas: CAB International in asociation with IRRI,1997. p. 61.

PRADO G.. Herencia de la resistencia a *Pyricularia grisea* (Sacc.) En las líneas isogénicas de arroz (*Oryza sativa* L.) C101 LAC y C101 A51. Palmira, 2004. Trabajo de grado (Magister in science) Universidad Nacional de Colombia. p. 40.

PULGARÍN, DAVID EDUARDO. 2005. Caracterización de genes de resistencia a *Pyricularia grisea* (Sacc.) en variedades de arroz de América Latina y del

Caribe. Tesis (Ingeniero Agropecuario). Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Producción Agropecuaria, Medellín, CO. 127 p.

RONALD J. SAYLER., RICHARD D. CARTWRIGHT, AND YINONG YANG. Genetic Characterization and Real-Time PCR Detection of *Burkholderia glumae*, a Newly Emerging Bacterial Pathogen of Rice in the United States. En: Plant disease. Vol. 50, No. 5 (may, 2006); p. 603 - 610

SANINT, L.R y GUTIERREZ, N. F. Agricultura siglo XX y arroz siglo XXI: Una mirada desde América Latina. En: ANAILS II. CONGRESO BRASILEÑO DE ARROZ IRRIGADO. IRGA. (2001: Porto Alegre). p. 839 - 862.

_____. y WOOD S. 1998. El arroz en Latinoamérica y el Caribe. En: IMPACTO DE LA INVESTIGACIÓN EN ARROZ EN LATINO AMÉRICA Y EL CARIBE DURANTE LAS TRES ÚLTIMAS DÉCADAS. San José, C.R: 11 p.

SAYLER, R.J. Genetic characterization and real-time PCR detection of *Burkholderia glumae*, a newly emerging bacterial pathogen of rice in the U.S.

SHAHJAHAN, A. K., M. C. RUSH, D. GROTH, AND C. CLARK. Panicle Blight. En: Rice Journ. Vol. 15 (2000) 7. p.

SHAHJAHAN, A., RUSH, D., GROTH, and C. CLARK. Bacterial heath rot and panicle blight of rice in Louisiana. En: Proc. 27th RTWG. Vol. 27 (1998); 15 p.

TABEI, H., AZEGAMI, K., FUKUDA, T. and GOTO, T. 1989. Stomatal infection of rice grain with *Pseudomonas glumae*, the causal agent of the bacterial grain rot of rice. En: Ann. hyto. Soc. Jap. Vol. 55, No. 2 (1989); p. 224-225.

TSUSHIMA, S. Reduction of virulence and colonial variation of *Pseudomonas glumae* cultured on PSA medium. En: Bull. of the Jyushu Nat. Agric. Expt. Sta. Vol. 26, No.4 (1991); p. 361- 379.

_____. Epidemiology of bacterial grain rots of rice caused by *Pseudomonas glumae*. En: JARQ. Vol. 30, No. 2. (1996); p. 86.

_____, S. MOGI AND H. SAITO. Effects of inoculum density, incubation temperature and incubation period on the development of rice bacterial grain rot. Japan: Proc. Assoc. Plant Prot. Kyushu, 1985. 3 p.

YABUUCHI, E., Y. KOSAKO, H. OYAIZU, I. YANO, H. HOTTA, Y. HASHIMOTO, T. EZAKI, AND M. ARAKAWA. Proposal of *Burkholderia* gen. Nov. and transfer of seven species of the genus *Pseudomonas* homology group II to the new genus, with the type species *Burkholderia cepacia* (Palleroni and Holmes 1981) En: Nov. Microbial. Vol. 36 (1992); p. 1251-1275.

YUAN, X. Identification of bacterial pathogens causing panicle blight of rice in Louisiana. Shenyang: Shenyang Agriculture University, 1990. p. 93.

ZEIGLER, R. S. AND E. ALVAREZ. *Pseudomonas* species causing rice sheath rot (ShR) and grain discoloration (GID). En: Int. Rice Res. Vol. 14 (1987); p. 25 - 26.

ANEXOS

Anexo A. Primera evaluación de la resistencia de 318 cultivares de arroz a *B.glumae*

Evaluación de la resistencia de 318 cultivares de arroz a <i>B.glumae</i>				
Fecha de siembra Febrero 20 de 2007				
Fecha de inoculación marzo 9 de 2007				
Fecha de evaluación Marzo 15 de 2007				
R1 Concentración 0.01 UFC				
R2 Concentración 0.15				
Registro del aislamiento 2981-6				
Escala de evaluación 1-3-5-7-9				
Conse	Variedad	Cruce	Evaluación	
			R1	R2
1	ANAYANSI	IR 8/NILO 1	4	7
2	ARAURE 1	IR930-147-13/COLOMBIA 1	4	7
3	ARAURE 2	P 1221/P 1230	7	5
4	BAMOA A75	IR262-43-8-11/NIAW SAN PAHTAWANG	5	5
5	BG90-2	IR262/REMADJA	5	5
6	BR-IRGA 409	IR930-2/IR665-31-2-4	5	7
7	CAMPECHE A80	GRIJALVA A71*3/TETEP	8	7
8	CAMPONI	SML 1010/APURA//IR 8	8	7
9	CEYSVONI	SML 997/AWINI	4	7
10	CICA 8	CICA 4//IR665-23-3/TETEP	7	7
11	CIWINI	BOEWANI/WASHABO	6	7
12	COLOMBIA 1	NAPAL/TAKAO IKU 18	8	9
13	CR1113	IR 8//PANKHARI 203/IR 8	7	7
14	CR201	IR 22//IR930-147-8/COLOMBIA 1	7	7
15	CULIACAN A82	IR1112-20-(SETSV69 P204) /SINALOA A68	4	5
16	DAMARIS	IR 8/NILO 1	5	7
17	DIWANI	WASHABO/IR454-1-17-1-1	7	7
18	ELONI	ACORNI//KAPURI/IR454	3	7
19	INIAP 415	P 738-137-4-1/P 723-6-3-1	5	7

20	INIAP 6	IR 8//IR12-178-2-3	3	7
21	INIAP 7	CICA 4//IR665-23-3/TETEP	4	7
22	INTI	IR 8//FORTUNA/MINAGRA	5	5
23	IR22	IR 8/TADUKAN	5	9
24	IR36	IR1561-288-1-2//IR1737//CR94-13	2	5
25	L 201	C.I. 9701//R 134-1xR 48-257//R 50-11	6	7
26	ORYZICA 1	P 1223/P 1225	4	7
27	INIAP 10	CICA 4//CICA 9/CICA 7	6	9
28	RUSTIC	(PRECOZ DE MACHIQUEsxD52-37)/ ((ZENITHxNIRA)xD85-42)//CENTURY PATNA 2	7	9
29	TIKAL 2	IR665-23-3-1/P 894	5	3
30	L 202	IR456-3-2-1-SEL/7232278//L 201	6	9
31	ALTAMIRA 7	CICA 4//CICA 8/CICA 7	5	5
32	ORYZICA 3	CICA 7//CICA 8/PELITA I-1	1	7
33	BR-IRGA 410	IR930-53//IR665-31-2-4	4	5
34	CR1821	IR 22//IR930-147-8//COLOMBIA 1	6	7
35	CHEMUMAL A86	NAVOLATO A71//CARREON// GRIJALVA A71/TETEP	5	5
36	PALIZADA A86	NAVOLATO A71*3/TETEP	3	5
37	NAVOLATO A71	IR 8/TADUKAN	5	7
38	AMISTAD 82	IR1529 ECIA/VNI IR3223	2	7
39	ORYZICA LLANOS 4	CR1113//IRAT122//COLOMBIA1/ P 1274-6-8M-1-3M-1	5	7
40	ORYZICA LLANOS 5	COLOMBIA1//P 1274-6-8M-1-3M-1*2//P 2060-F4-2-5-2	3	5
41	AMAZONAS	IR1721-14-6-4-3//INTI	5	7
42	J 104	IR430-5-9-2//IR930-16-1	7	7
43	IRGA 417	NEW REX//IR19743-25-2-2//BR-IRGA 409	6	9
44	CR5272	IR930-80//IR822-432	7	7
45	INIAP 12	P 3050-F4-52//ORYZICA//IR21015-72-3-3-3-1	6	5
46	EPAGRI 108	P 3050-F4-52//ORYZICA 1 //IR21015-72-3-3-3-1	3	5
47	EPAGRI 109	P 3050-F4-52//ORYZICA 1 //IR21015-72-3-3-3-1	2	7
48	EMBRAPA 7 TAIM		4	7

49	CIMARRON	HEBI G11330//CHIANUNG SEN YU 7//IR1561	5	7
50	ICTA COLOMGUA	P 4278-F2-80-4-1X/TOX 1768-1-2- 1//P 3059-F4-79-1-1B	4	7
51	ICTA PAZOS	P 3050-F4-52/ORYZICA //IR21015-72-3-3-3-1	4	5
52	FONAIAP 1	P 1386-6-8M-1-3M-1/P 3767	3	7
53	CAPI-93	P 5560/P 2057-F4-88-3-1	4	7
54	ALTAMIRA 10	P 2053-F4-26-4-6/P 3990	5	5
55	ALTAMIRA 9	ORYZICA 1/P 3567	4	7
56	ALTO MAYO 88	P 2030-F4-2-17-4//P 3980	4	5
57	APATZIGAN A87	CICA 7//CICA 8/PELITA I-1	2	7
58	ARAURE 3	IR 8//PETA*5/BELLE PATNA	2	7
59	ARAURE 4	CICA 7//CICA 8/REMADJA	6	9
60	CARDENAS A80	C 4-63//GOW RUANG 88 /SIGADIS	6	7
306	LMI-2 USA		4	7
307	JUPITE USA		3	7
308	NIPPONBARE		1	3
309	TAICHUNG SHEN 5		3	9
310	CHIANUNG SHEN 8		7	9
311	CHIANUNG SHEN 11		4	9
312	TAICHUNG SHEN 19		3	7
313	PROSEQUISA		6	9
314	LINEA 30		4	9
315	COLOMBIA 21		6	9
316	FEDEARROZ 2000		3	9
317	FEDEARROZ 50		5	9
318	COPROSEN 2		6	9

Anexo B. Segunda evaluación de la resistencia de 318 cultivares de arroz a *B.glumae*

Evaluación de la resistencia de 318 cultivares de arroz a la bacteria <i>B.glumae</i>				
Fecha de siembra Febrero 26 de 2007				
Fecha de inoculación marzo 15 de 2007				
Fecha de evaluación Marzo 21 de 2007				
R1 Concentración 0.01 UFC				
R2 Concentración 0.15 UFC				
Registro del aislamiento 2981-6				
Escala de evaluación 1-3-5-7-9			Evaluación	
Cons	Variedad	Cruce	R1	R2
61	CARDI 70	P 1897-15-1-4-1-1B/METICA 1	6	7
62	CENTA A 6	P 3050-F4-52/ORYZICA//IR21015-72-3-3-3-1	5	5
63	COSTA NORTE	INTI//IR8460-120-2-2	3	7
64	COTAXTLA A90	CR126-42-5//IR2061-213	7	7
65	CR1707	IR 22//IR930-147-8//COLOMBIA 1	5	5
66	CUYAMEL 3820	CICA 7//IR5533-13-1-1//COSTA RICA	8	7
67	EMPASC 104	IR262-43-8-11//KHAO DAWK MALI 105	3	7
68	FERRINI	SML 77041-1//SML 77036-31//SML 7802-5	7	7
69	FONAIAP 2	P 5269/P 2060-F4-2-5-2	5	7
70	GROVENI		5	7
71	GUAYMAS A90	P 2053-F4-26-4-6/P 1897-15-1-4-1-1B/METICA 1	5	7
72	HUALLAGA INIA	P 3050-F4-52/ORYZICA//IR21015-72-3-3-3-1	6	5
73	HUIMANGUILLO A88	P 996/P 1000	5	9
74	ICTA MOTAGUA	ORYZICA 1//63-83/CAMPONI	5	5
75	ICTA QUIRIGUA	CICA 7//CICA 8//PELITA I-1	8	7
76	ICTA TEMPISQUE	P 761-40-2-1/P 881-19-14-10	6	7
77	INIAP 11	IR5657-33-2-1//IR2061-465-1-5-5	3	5
78	IR8	PETA/DEE-GEO-WOO-GEN	4	7
79	LINEA 2	P 1223/P 1225	6	9
80	LOMA BONITA A91	CICA 8//BG90-2//CICA 4	5	7
81	MANA 3	P 5269/P 2060-F4-2-5-2	4	7
82	METICA 1	P 738-137-3-1/P881-19-14-10/ P 738-137-3-1/P 868-B-24-5	7	5
83	ORYZICA CARIBE 8	P 1274-6-8M-1-3M-1/P 4205	6	9
84	ORYZICA TURIPANA 7	CAROLINO//TOX 1785-19-18//COLOMBIA 1//TOX 1011-4-1	5	9
85	ORYZICA YACU 9	CT8774//CT5746-18-11-2-2-2X	5	7
86	PA-2	CICA 4//CICA 8//CICA 7	6	7
87	PA-3	IR1702-74//IR1721-11//IR2055-481	6	9
88	PALMAR	CICA 7//CICA 8//PELITA I-1	4	6
89	PANAMA 1048	P 1221/P 1229	6	9
90	PANAMA 1537	CICA 7//S 12-30/P 901-22-11-5-3-2-1B	6	5
91	PANAMA 3621	METICA 1//SUAKOKO 8//CEYSVONI	3	7
92	PANAMA 4721	P 2231-F4-138-6-1B/P 3980	2	5
93	PERLA		1	5
94	PORVENIR 95	P 5269/P 2060-F4-2-5-2	3	9
95	SAAVEDRA	NAM SAGUI 19//IR2071-88//IR2061-214-3-6-20	3	5
96	SACIA-1 (TACU)	TOX 1010-45-1//COL 1 x M312A-74-2-8-8	5	7

97	SACIA-2 (TARI)	IR1529-430/VNI IR3223	4	7
98	SACIA-3 (TUTUMA)	COLOMBIA 1 X M312A-74-2-8-8/IRAT 124/RHS 107-2-1-2TB-1JM	6	9
99	SACIA-5 (URUPE)	IR46/IRAT 120//P 1274-6-8M-1-3M-1	4	7
100	SAN MARTIN 86	INTI/P 792-2-2	1	5
101	SAN PEDRO	P 1220/P 1254	5	5
102	SELECTA 3-20	SINALOA A80/ITA 231//IR8/ECIA 50 GF4- S3//LINEA 2/ECIA 323F3-12-S	5	5
103	SELVA ALTA	P 3050-F4-52/ORYZICA//IR210 15-72-3-3-3-1	3	5
104	SICAN	INTI/PNA 386-F4-341-1	7	5
105	SINALOA A68	NAHNG MON S4/TAICHUNG NATIVE 1	6	7
106	TOCUMEN 5430	IR 22//IR930-147-8/COLOMBIA 1	7	7
107	UNIVERSIDAD 3189	P 3050-F4-52/ORYZICA 1//IR21015-72-3- 3-3-1	6	5
108	UQUIHUA	P 5268/CAMPECHE A80	7	7
109	FEDEARROZ 2000	P 3084-F4-56-2-2/P 3844-F3-19-1-1B- 1X//CT8154-1-9-2	4	7
110	FEDEARROZ 50	ORYZICA LLANOS 4/P 1274-6-8M-1-3M- 1	4	9
111	FUNDARROZ PN-1	P 3084-F4-56-2-2/ITA 306//CT8154-1-9-2	4	7
112	FEDEARROZ 275(CT11275)	CT8154-1-9-1/P 5166-F2-26-1- 1X//CT8222-7-6-2P-1X	7	9
113	COLOMBIA XXI	B 5117A1-14-2/C.I.8638	7	7
114	FEDEARROZ LA VICTORIA 1	CT6129-17-7-9-1/P 4278-F2-84-1- 1X//C48CU76-3-2-1-4-5M	5	7
115	FONAIAP 2000	P 5446-6-3-2/CT5690-3-19-2//P 3059-F4- 79-1-1B	7	7
116	FL00447-32P-3-1P-M		6	7
117	PANACU		3	7
118	FEDEARROZ LA VICTORIA 2	CT7415-6-5-3-2X/CESYSVONI//CT8163- 9-4-4	7	7
119	PITIPO		7	7
120	BIJAO		4	9
306	LMI-2 USA		4	9
307	JUPITE USA		4	7
308	NIPPONBARE		1	7
309	TAICHUNG SHEN 5		3	9
310	CHIANUNG SHEN 8		4	9
311	CHIANUNG SHEN 11		5	7
312	TAICHUNG SHEN 19		5	7
313	PROSEQUISA		6	9
314	LINEA 30		3	9
315	COLOMBIA 21		4	9
316	FEDEARROZ 2000		2	9
317	FEDEARROZ 50		5	7
318	COPROSEN 2		5	9

Anexo C. Tercera evaluación de la resistencia de 318 cultivares de arroz a *B.glumae*

Escala de evaluación 1-3-5-7-9		Evaluación	
Cons	Variedad	R1	R2
121	CAPIRONA	6	7
122	COCODRIE	5	5
123	JASMINE	1	5
124	RP2	1	7
125	SC 112	1	5
126	IDIAP L-7	2	7
127	TAILANDIA 1	6	7
128	FL03197-22P-4-1P-2P-M	3	5
129	COPROSEM 1	1	7
130	COPROSEM 2	4	9
131	IMPROARROZ 15-50	1	7
132	PROGRESO 4-25	4	7
133	VENEZUELA 21(FL00147)	2	5
134	FL00984-8P(CENTAURO)	4	9
135	PAITITI (FL00144)	1	5
136	AMBORO (FL00468)	2	7
137	FEDEARROZ 369(CT11369)	5	7
138	FEDEARROZ 809(CT9809)	4	9
139	FEDEARROZ 473(LV473)	2	7
140	CF205	4	9
141	FL03174-8P-7-2P-2P-M	1	5
142	FL03157-10P-6-2P-1P-M	5	7
143	FL03188-7P-5-3P-1P-M	1	5
144	FL03232-30P-8-1P-1P-M	5	5
145	FL01119-1P-5-2P-M	1	7
146	FL00867-10P-15-3P-M	2	5
147	FL03160-6P-12-2P-1P-M	1	7
148	CT5746-19-1-2X	1	9
149	CT8008-16-24-2P-1X	1	5
150	CT9497-4-3-1-1-M-4-3P	4	5
151	IRGA 660-3-13-5-3	3	9
152	CT11008-12-3-1M-1P-4P	3	7
153	FB0100-10-1-M	3	5
154	IR62140-91-2-2-2-2-3	5	7
155	CT8837-1-17-1P-4-M	4	5
156	CT10308-27-3-1P-4-3-2P	5	7
157	CT10308-27-3-3P-3-3	4	9
158	CT8240-1-3-9P-M	1	7
159	CT8240-1-3-9P-M	3	9
160	FL02066-4P-1-1P-M (Rcos)	3	7
161	FL02856-2P-6-5P-M	2	7
162	FSR214-M-5-1-1	4	7
163	LV200-1-1-1-M	5	7
164	FL03186-1P-4-2P-4P (P.NAL)	2	5

165	FL001028-8P-3-2P-1P-M-2X-3P-1P	6	7
166	FL03001-MP-2-2P-3P-M-1P	3	9
167	VENEZUELA 21 (BCF 1734)	1	5
168	FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P-M-M-M-F11	1	5
169	FL00984-8P-11-2P-2P-M-M	3	9
170	FEDEARROZ 369	3	7
171	FL04330-6M-2P-5M-4P-3P	1	9
172	FL04518-7M-33P-5M-2P-M	5	5
173	FL05077-3M-14-M	1	7
174	FL05309-11P-14-M	4	7
175	FEDEARROZ 50	1	7
176	CR1113	6	7
177	CR1821	6	9
178	CR5272	3	5
179	PANAMA 1048	1	7
180	PANAMA 3621	1	7
306	LMI-2 USA	2	7
307	JUPITE USA	6	7
308	NIPPONBARE	1	5
309	TAICHUNG SHEN 5	5	7
310	CHIANUNG SHEN 8	4	9
311	CHIANUNG SHEN 11	5	7
312	TAICHUNG SHEN 19	4	5
313	PROSEQUISA	5	7
314	LINEA 30	3	9
315	COLOMBIA 21	4	9
316	FEDEARROZ 2000	1	9
317	FEDEARROZ 50	4	7
318	COPROSEN 2	5	7

Anexo D. Cuarta evaluación de la resistencia de 318 cultivares de arroz a *B.glumae*

Evaluación de la resistencia de 318 cultivares de arroz de a la bacteria <i>B.glumae</i>			
Fecha de siembra marzo 5 de 2007			
Fecha de inoculación marzo 22 de 2007			
Fecha de evaluación Marzo 28 de 2007			
R1 Concentración 0.01 UFC			
R2 Concentración 0.15 UFC			
Registro del aislamiento 2981-6			
Escala de evaluación 1-3-5-7-9		Evaluación	
Cons	PEDIGREE	R1	R 2
181	FL00447-32P-3-1P-M	6	7
182	FL01119-1P-5-2P-M	5	7
183	FL00984-8P(CENTAURO)	6	7
184	FL03160-6P-12-2P-1P-M	6	5
185	FL03232-30P-8-1P-1P-M	5	5
186	FL03174-8P-7-2P-2P-M	3	9
187	FL03188-7P-5-3P-1P-M	7	9
188	CT17334-13-7-2-1-4-2-1-2	7	5
189	CT17334-13-7-2-1-4-2-2-2	6	7
190	CT17334-13-7-2-1-4-2-4-4	6	7
191	CT17334-13-7-2-1-4-2-4-5	7	5
192	CT17334-13-7-2-1-4-4-1-2	6	7
193	CT17334-13-7-2-1-4-5-1-3	6	5
194	CT17334-13-7-1-1-1-M-3	6	7
195	CT17334-13-7-1-3-1-1	6	7
196	CT17334-2-1-1-2-2-3-M-2	4	9
197	CT17334-2-1-1-2-5-1-M-2	8	7
198	CT17334-2-1-8-3-4-2-M-3	9	7
199	CT17334-2-1-10-1-2-2-M-1	5	7
200	CT17334-2-1-10-1-2-3-M-3	4	7
201	CT17334-13-7-1-5-3-11-M-1	4	5
202	CT17328-M-6-1-3-2-1-M-4	6	5
203	CT17334-2-1-6-2-8-2-M-7	6	7
204	CT17238-1-1-1-2-1-4-M	8	7
205	CT17238-1-1-1-2-2-5-M	7	9
206	CT17238-1-1-1-2-3-4-M	8	9
207	CT17238-1-1-1-2-3-6-M	8	7
208	CT17238-1-1-1-2-4-4-M	8	9
209	CT17238-1-1-1-2-4-5-M	7	9
210	Arroz 3700	8	9

211	Arroz 9666	5	7
212	Arroz 9686	6	9
213	Arroz 9707	4	7
214	Arroz 9799	6	7
215	Arroz 9841	4	7
216	LV1143-23	6	7
217	F473-12	6	9
218	Lineas IRRI- JDB-1	7	5
219	Lineas IRRI- JDB-2	7	7
220	Lineas IRRI- JDB-3	6	7
221	Lineas IRRI- JDB-4	5	5
222	Lineas IRRI- JDB-5	4	7
223	IR68144-2B-2-2-3-1-120	7	9
224	IR68144-2B-2-2-3-1-166	6	7
225	IR69428-6-1-1-3-3	4	7
226	IR75862-206-2-8-3-B-B-B	5	9
227	IR75862-221-2-1-2-B-B-B	4	7
228	5810 TOG	3	5
229	CG20	NG	NG
230	5486 TOG	4	7
231	O. glaberrima	4	5
232	CG14	2	7
233	6405 TOG	2	7
234	5980 TOG	5	5
235	6331 TOG	3	7
236	IG 10	3	5
237	5681 TOG	6	7
238	O. rufipogon	2	7
239	O. barthii	5	9
240	Salahondita	5	7
306	LMI-2 USA	9	7
307	JUPITE USA	7	7
308	NIPPONBARE	2	5
309	TAICHUNG SHEN 5	4	7
310	CHIANUNG SHEN 8	4	7
311	CHIANUNG SHEN 11	7	7
312	TAICHUNG SHEN 19	6	7
313	PROSEQUISA	7	9
314	LINEA 30	8	7
315	COLOMBIA 21	7	7
316	FEDEARROZ 2000	6	7
317	FEDEARROZ 50	5	7

318	COPROSEN 2	7	7
-----	-------------------	---	---

Anexo E. Quinta evaluación de la resistencia de 318 cultivares de arroz a *B.glumae*

Evaluación de la resistencia de 318 cultivares de arroz de America Latina y el caribe a la bacteria <i>B. glumae</i>				
Fecha de siembra Marzo 6 de 2007				
Fecha de inoculación Marzo 23 de 2007				
Fecha de evaluación marzo 29 de 2007				
R1 concentración 0.01 UFC				
R2 concentración 0.15 UFC				
Escala evaluativa 1-3-5-7-9-				
Consec	ACC ID	SPP	Evaluación	
			RI	R2
241	IRGC 80769	Oryza latifolia	4	9
242	IRGC 80770	Oryza latifolia	4	7
243	IRGC 80771	Oryza latifolia	4	NG
244	IRGC 100165	Oryza latifolia	5	7
245	IRGC 100167	Oryza latifolia	6	7
246	IRGC 100169	Oryza latifolia	6	7
247	IRGC 100170	Oryza latifolia	6	5
248	IRGC 100171	Oryza latifolia	5	7
249	IRGC 100172	Oryza latifolia	5	7
250	IRGC 100885	Oryza latifolia	4	5
251	IRGC 100888	Oryza latifolia	5	7
252	IRGC 100890	Oryza latifolia	5	5
253	IRGC 100891	Oryza latifolia	4	9
254	IRGC 100895	Oryza latifolia	6	5
255	IRGC 100952	Oryza latifolia	8	7
256	IRGC 100955	Oryza latifolia	6	5
257	IRGC 100956	Oryza latifolia	6	5
258	IRGC 100959	Oryza latifolia	4	7
259	IRGC 100962	Oryza latifolia	7	9
260	IRGC 100963	Oryza latifolia	6	7
261	IRGC 100964	Oryza latifolia	3	7
262	IRGC 100965	Oryza latifolia	NG	7
263	IRGC 100966	Oryza latifolia	5	7
264	IRGC 100967	Oryza latifolia	5	5
265	IRGC 101392	Oryza latifolia	5	5
266	IRGC 101394	Oryza latifolia	2	7
267	IRGC 101443	Oryza latifolia	NG	NG
268	IRGC 102481	Oryza latifolia	6	7
269	IRGC 103808	Oryza latifolia	3	3
270	IRGC 104985	Oryza latifolia	3	7
271	IRGC 105133	Oryza latifolia	7	9
272	IRGC 105139	Oryza latifolia	2	5
273	IRGC 105140	Oryza latifolia	5	5
274	IRGC 105141	Oryza latifolia	7	5
275	IRGC 105142	Oryza latifolia	6	7

276	IRGC 105557	Oryza latifolia	5	5
277	IRGC 105145	Oryza latifolia	6	5
278	SR		5	5
279	IRGC 100161	Oryza alta	6	7
280	IRGC 105664	Oryza grandiglumis	5	5
281	IRGC 105561	Oryza glumaepatula	NG	5
282	IRGC 100971	Oryza glumaepatula	6	9
283	IRGC 100184	Oryza glumaepatula	6	7
284	IRGC 101960	Oryza glumaepatula	6	9
285	IRGC 103812	Oryza glumaepatula	2	5
286	IRGC 105669	Oryza glumaepatula	5	5
287	ECCR	Oryza glumaepatula	5	5
288	OR1	Oryza meridionalis	4	7
289	OR2	Oryza meridionalis	5	5
290	OR3	Oryza meridionalis	5	9
291	OR7	Rufipogon/meridionalis	3	9
292	OR9	Oryza meridionalis	4	9
293	OR11	Oryza meridionalis	7	9
294	OR12	Oryza rufipogon	5	9
295	OR13	Oryza meridionalis	6	9
296	OR33	Oryza meridionalis	7	7
297	OR34	Oryza meridionalis	2	7
298	OR35	Oryza meridionalis	7	7
299	OR37	Oryza meridionalis	7	7
300	OR38	Oryza meridionalis	7	9
301	OR48	Oryza meridionalis	4	9
302	OR49	Oryza meridionalis	4	7
303	OR50	Oryza meridionalis	3	7
304	OR53	Oryza meridionalis	4	7
305	OR54	Oryza meridionalis	4	7
306	LMI-2 USA		5	5
307	JUPITE USA		4	7
308	NIPPONBARE		4	7
309	TAICHUNG SHEN 5		6	7
310	CHIANUNG SHEN 8		5	5
311	CHIANUNG SHEN 11		6	5
312	TAICHUNG SHEN 19		6	7
313	PROSEQUISA		7	7
314	LINEA 30		8	5
315	COLOMBIA 21		8	7
316	FEDEARROZ 2000		8	9
317	FEDEARROZ 50		8	7
318	COPROSEN 2		7	7

ANEXO F. Cronograma de inoculación

HORARIO INOCULACIONES BACTERIA <i>Burkholderia glumae</i>				
Siembra de semilla	Siembra aislamientos	Inoculación plantas	Evaluación plantas	Observaciones
Feb-20	Mar-07	Mar-09	Mar-15	
Feb-26	Mar-13	Mar-15	Mar-21	
Feb-27	Mar-14	Mar-16	Mar-22	
Mar-05	Mar-20	Mar-22	Mar-28	
Mar-06	Mar-21	Mar-23	Mar-29	
Mar-12	Mar-27	Mar-29	Abr-04	
Mar-20	Abr-04	Abr-04	Abr-12	
Mar-22	Abr-07	Abr-09	Abr-16	
Mar-26	Abr-10	Abr-12	Abr-18	
Abr-02	Abr-17	Abr-19	Abr-25	

ANEXO G. Formato Horario inoculaciones

Siembra de semilla	Siembra de aislamientos en el laboratorio		Inoculación plantas	Fecha evaluación plantas	Observaciones
	Fecha	Aislamiento	Fecha		



CARACTERIZACION DE LA RESISTENCIA A LA BACTERIA *Burkholderia glumae* DE 318 VARIEDADES DE ARROZ DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

Edilia Mejía Aricapa

Martha Lucia Palacios P. MSc.

Asesora

Elizabeth Muñoz . MSc.

Directora

Gustavo Adolfo Prado MSc.

Codirector



OBJETIVO GENERAL

- **Caracterizar la reacción de 318 variedades de arroz de América Latina y el Caribe a la bacteria *B. glumae*.**

Objetivos Específicos

- **Estandarizar la concentración necesaria del inóculo para realizar los ensayos.**
- **Diseñar una escala de evaluación para los síntomas del añublo bacterial de la panícula.**
- **Evaluar el comportamiento de 318 variedades de arroz de América Latina y el Caribe a la bacteria *B. glumae*.**



Generalidades Del Arroz

- El arroz; *Oriza sativa* hace parte de los cereales de mayor consumo en todo el mundo constituyendo la principal fuente de proteína después de la de origen animal.

Generalidades del Arroz

- El arroz se produce bajo diferentes sistemas de cultivo principalmente riego y seco.





Generalidades del Arroz

- Las enfermedades son una de las principales limitantes de la productividad del arroz y una causa de la inestabilidad del rendimiento del cereal en muchas áreas productoras de todo el mundo.
- Los métodos tradicionales más empleados para manejar las enfermedades del arroz han sido el desarrollo de variedades resistentes a los patógenos y el control químico.

Generalidades de la Enfermedad

● *Burkholderia glumae* es el agente causal de la enfermedad bacterial de la panícula, más conocida como añublo bacterial de la panícula.



http://www.g2l.bio.uni-goettingen.de/images/bakt_bg.gif

Generalidades de la Enfermedad

● Los síntomas típicos fueron descritos como pudriciones de color café en la vaina de la panícula, decoloración y vaneamiento del grano entre los más notorios.



Generalidades de la Enfermedad

- *B. glumae* es una bacteria no fluorescente, que produce un pigmento amarillo-verdoso soluble en agua.



Generalidades de la Enfermedad

- ***B. glumae* se encuentra presente en las hojas de las plantas de arroz durante la etapa de crecimiento, en semillas de arroz almacenadas a temperatura ambiente durante invierno o en mala hierba de los campos y en tejido vegetal residual de cosechas anteriores que quedan en el suelo .**

Materiales y métodos.

○ Área de trabajo y estudio





Variedades Seleccionadas

Para la realización del ensayo se seleccionaron 318 cultivares entre los que se encuentran líneas elite del Fondo Latinoamericano de Arroz Riego FLAR, especies silvestres del International Rice Research Institute IRRI, líneas provenientes de cruces con especies silvestres y variedades comerciales de América Latina .



Universidad Autónoma de Occidente - Cali

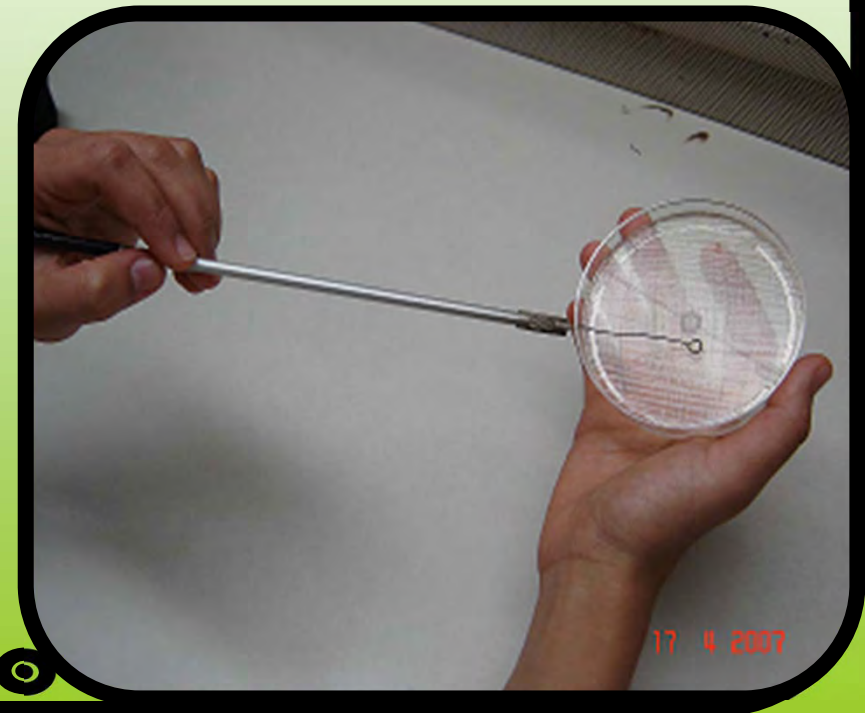


Selección de aislamiento



Metodología de Laboratorio

- ① **Siembra de aislamientos.**
- ① **Multiplicación de aislamientos.**



Metodología de Laboratorio

Preparación del Inóculo



Metodología de Invernadero

Siembra de semillas en invernadero



Metodología de Invernadero



● Inoculación de las plantas



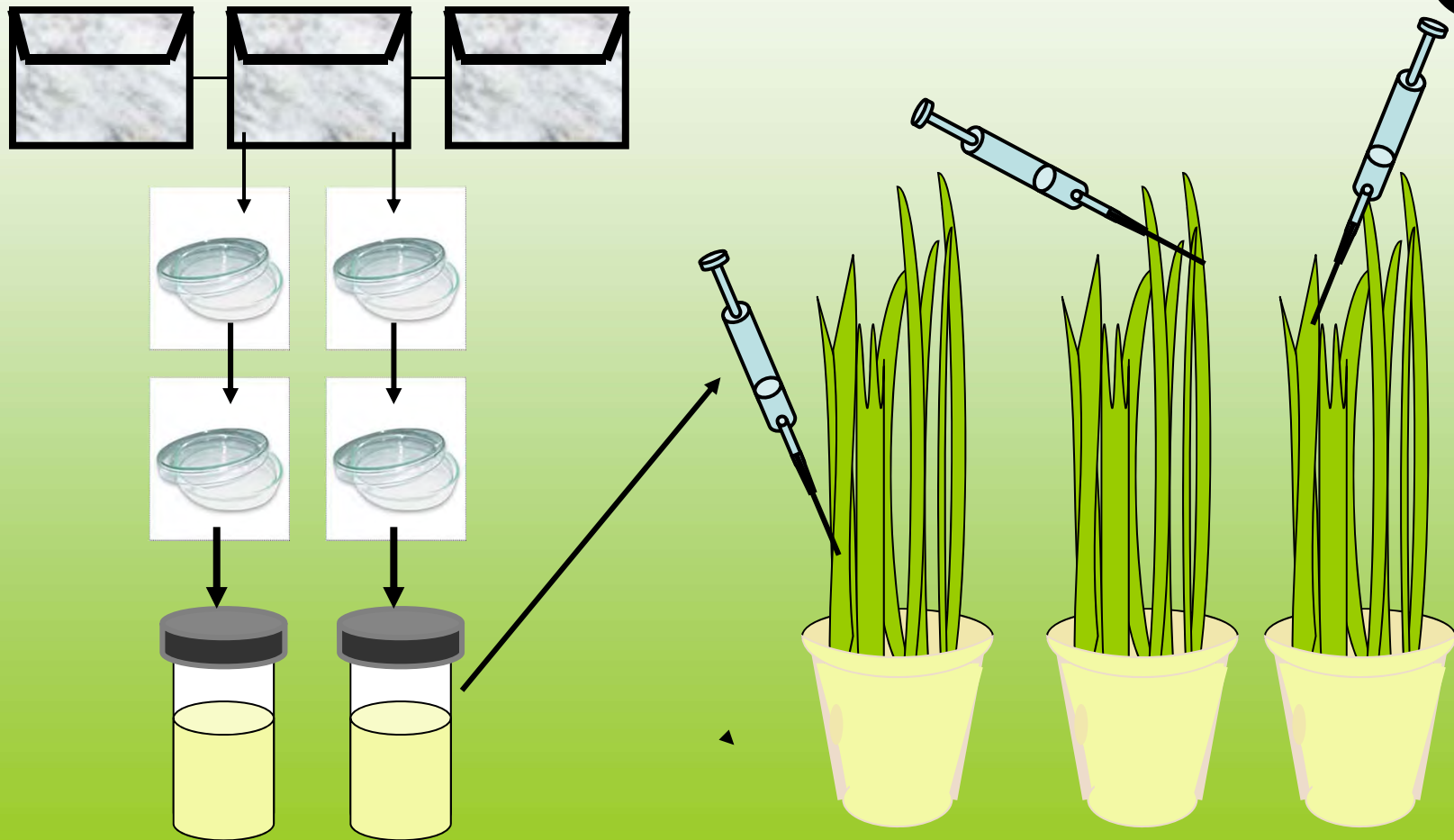
Metodología de Invernadero



● Incubación de variedades

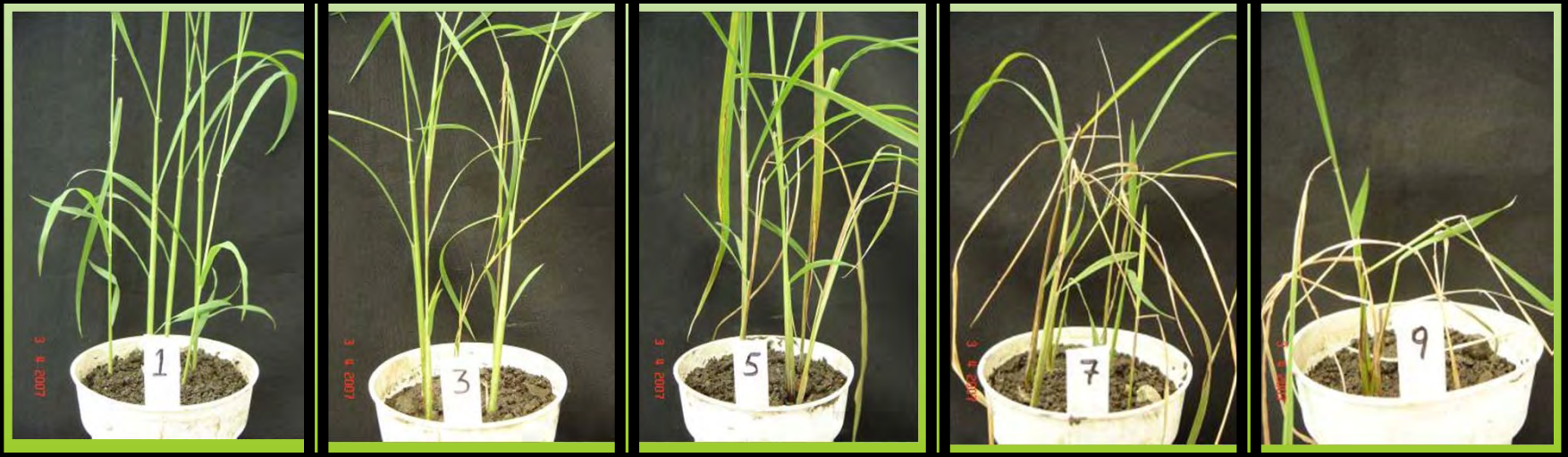


Diagrama Metodológico



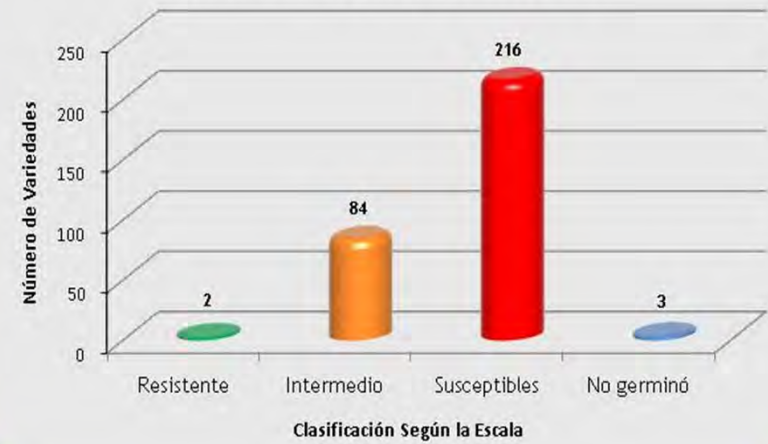
RESULTADOS

- Se estableció la concentración estándar del inóculo como 0.15 UFC.
- Se creó la escala visual evaluativa.



RESULTADOS

Clasificación según Valor en la Escala



Porcentaje según valor en la Escala





CONCLUSIONES

- Se estandarizó la concentración del inóculo como 0.15 unidades formadoras de colonias para ensayos por inyección en plantas de 17 días.



- Se diseñó una escala de evaluación para los síntomas de la enfermedad del añublo bacterial de la panícula, causados por la bacteria *B. glumae*.



- De 318 variedades de arroz de América Latina y el Caribe se clasificaron:
 - 2 como resistentes
 - 84 como intermedias
 - y 216 plantas susceptibles



● A las variedades clasificadas como intermedias se les confiere un grado de tolerancia a la enfermedad que no debe subestimarse.



● La enfermedad se incrementa proporcionalmente con los volúmenes de inóculo inyectado a las plantas.



● La incubación de las variedades después de la inoculación es de vital importancia para favorecer la aparición de los síntomas.



RECOMENDACIONES

- **Ampliar los días de crecimiento de las variedades silvestres puesto que son de crecimiento lento y a los 17 días después de la siembra tienen el tallo muy débil para poder inocular exitosamente.**
- **Brindar siempre las mismas condiciones de temperatura y humedad a las plantas después de la inoculación, debido a que en los 6 días siguientes es cuando aparecen los síntomas y estos podrían no presentarse de igual manera en todas las variedades.**
- **Sembrar adecuadamente el aislamiento para inocular y dejarlo crecer dos 2 días con exactitud en cada inoculación de variedades.**
- **Corroborar los datos obtenidos en las evaluaciones mediante repeticiones controladas en invernadero.**



Recomendaciones

Los tratamientos con bactericidas no siempre son recomendados porque a largo plazo los organismos logran crear resistencia a estos productos empeorando su control y tratamiento, asimismo elevan los costos de producción. Debido a esto se recomienda el uso variedades resistentes genéticamente para disminuir los costos en el manejo de esta enfermedad y minimizar impactos negativos al medio ambiente y a la salud de los seres humanos causados por el uso indiscriminado de productos químicos.



Agradecimientos

Martha Lucía Palacios, Elizabeth Muñoz, Alejandro Soto, Duberly Mosquera.

Gustavo Prado, Maria Girena Aricapa, CIAT.



CARACTERIZACION DE LA RESISTENCIA A LA BACTERIA *Burkholderia*
glumae DE 318 VARIEDADES DE ARROZ DE AMÉRICA LATINA Y EL
CARIBE

Edilia Mejía Aricapa

Martha Lucia Palacios P. MSc.

Asesora

Elizabeth Muñoz . MSc.

Directora

Gustavo Adolfo Prado MSc.

Codirector