



“Por un Desarrollo
Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Maestría en Ciencias en Sanidad Vegetal

Trabajo de Tesis

**Efecto de bioplaguicidas comerciales a base
de bacterias del género *Bacillus* sobre el
manchado de grano y rendimiento en el
cultivo de arroz (*Oryza sativa* L., cv. Anar-97)**

Autor

Ing. Hebert José Ocón Zúniga

Asesor

Dr. Jorge Ulises Blandón Díaz

**Managua, Nicaragua
Septiembre, 2022**



“Por un Desarrollo
Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Maestría en Ciencias en Sanidad Vegetal

Trabajo de Tesis

**Efecto de bioplaguicidas comerciales a base
de bacterias del género *Bacillus* sobre el
manchado de grano y rendimiento en el
cultivo de arroz (*Oryza sativa* L., cv. Anar-97)**

Autor

Ing. Hebert José Ocón Zúniga

Asesor

Dr. Jorge Ulises Blandón Díaz

Presentado a la consideración del Honorable Comité
Evaluador como requisito final para optar al grado de
Maestro en Ciencias

**Managua, Nicaragua
Septiembre, 2022**



Hoja de aprobación del Comité Evaluador

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el Honorable Comité Evaluador designado por el Decanato de la Facultad de Agronomía como requisito final para optar al título profesional de:

Maestro en Ciencias en Sanidad Vegetal

Miembros del Comité Evaluador

Presidente (Grado académico y nombre)

Secretario (Grado académico y nombre)

Vocal (Grado académico y nombre)

Lugar y Fecha: _____ Managua, Nicaragua _____

DEDICATORIA

A nuestro Señor Jesús y nuestra Madre Santísima ofrezco por brindarme vida, salud, inteligencia, amor y la bella protección e intercesión de nuestra Señora Santísima durante todos los momentos importantes de mi vida.

A mi esposa Leana María Morales de Ocón que con su compañía, amor y apoyo me ha llenado en mis aspiraciones personales y profesionales logrando llegar a finalizar esta maestría con éxito.

A mis hijos Evert Israel Ocón Morales, Marcell Enmanuel Ocón Morales y Joel Josué Ocón Morales que siempre han sido mi inspiración junto con mi esposa para continuar forjando mi carrera profesional durante todos estos años, tratando siempre de darle el ejemplo en la superación personal y mostrarles que con la educación y el esfuerzo se puede surgir y superarse cada día de nuestra vida.

Ing. Hebert José Ocón Zúniga

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer siempre a nuestro Padre todo poderoso creador de todo cuanto existe, por permitirme seguir realizando otros estudios en especial por esta Maestría en Ciencias en Sanidad Vegetal que ha traído mayores conocimientos y nuevas experiencias en mi ámbito profesional.

Agradezco siempre a mi hogar que ha llenado de mucha felicidad mi vida y grandes ilusiones en mi superación que me ha permitido culminar mis estudios especialmente a mi esposa, mis hijos y mi nietecita que juntos hemos logrado muchos éxitos en mi vida Matrimonial y en mi carrera de Ingeniería Agronómica con todo su apoyo incondicional, su amor, su comprensión y su existencia en mi vida han logrado llenar de realización durante todos estos años.

También quiero agradecer a mi asesor de mi tesis al Dr. Jorge Ulises Blandón Díaz que, con sus conocimientos, experiencias y dedicación han permitido finalizar mis estudios de investigación de campo, por toda su amabilidad y ayuda con este estudio en sus diferentes etapas, así como sus charlas magistrales durante el transcurso de la maestría, permitieron fortalecer en mi formación.

De forma especial brindo mis agradecimientos al PhD Edgardo Jiménez por su apoyo durante la aceptación y la beca para cursar esta maestría que tuvo alto nivel académico, por su formación académica y organización su ofrecida durante el desarrollo de la maestría. Es importante, hacer mención especial a los altos dirigentes y al equipo de docentes de nuestra Universidad Nacional Agraria, por abrir esta oportunidad de superación en esta segunda cohorte en la maestría de Sanidad vegetal.

Ing. Hebert José Ocón Zúniga

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE ANEXOS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
III. MARCO DE REFERENCIA	4
3.1 El cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.)	4
3.1.1 Origen y distribución	4
3.1.2 Taxonomía y clasificación	5
3.1.3 Importancia económica y nutricional	6
3.2 Principales enfermedades del arroz y su manejo	7
3.2.1 Añublo del arroz (<i>P. oryzae</i>)	7
3.2.2 Tizón de la vaina (<i>Rhizoctonia solani</i>)	8
3.2.3 Tizón bacteriano (<i>Xanthomonas oryzae</i> pv <i>oryzae</i>)	10
3.2.4 Manchado del grano	10
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	12
4.1 Ubicación del estudio	12
4.2 Diseño metodológico	12
4.2.1 Características de la variedad de arroz utilizada	12
4.2.2 Diseño experimental	13
4.2.3 Descripción de los tratamientos	14
4.2.4 Manejo del experimento	15
4.2.5 Identificación de los agentes causales del manchado de grano	15

4.3 Variables evaluadas	16
4.3.1 Comportamiento del manchado de grano	16
4.3.2 Control de los bioplaguicidas sobre el manchado de grano	17
4.3.3 Estimación de los componentes de rendimiento	18
4.4 Recolección de datos	20
4.5 Análisis de datos	20
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
5.1 Identificación de los agentes causales de manchado de grano	21
5.2 Comportamiento del manchado de grano	22
5.2.1 Incidencia de manchado de grano	22
5.2.2 Severidad de manchado de grano	24
5.2.3 Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE)	25
5.3 Control sobre el manchado de grano de arroz	26
5.4 Componentes del rendimiento de grano de arroz	28
5.4.1 Parámetros ligados al rendimiento	28
5.4.2 Porcentaje de granos vanos, granos vanos sin manchas y granos vanos manchados	29
5.4.3 Rendimiento de grano de arroz	32
VI. CONCLUSIONES	35
VII. RECOMENDACIONES	36
VIII. LITERATURA CITADA	37
IX. ANEXOS	45

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Descriptores varietales de la variedad de arroz ANAR 97	13
2. Nombres comerciales, ingredientes activos y dosis utilizadas	14
3. Escala de severidad de manchado de grano de panículas de arroz	17
4. Escala de fertilidad de espigas de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.)	18
5. Incidencia de manchado de grano en los diferentes tratamientos evaluados	23
6. Severidad de manchado de grano en los diferentes tratamientos evaluados	24
7. Componentes de rendimiento de grano en la Finca El Coyol, Malacatoya	28
8. Porcentaje de grano vano, grano vano sin manchas y grano vano manchado en los estados fenológicos lechoso, pastoso y madurez	30

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1.	Frecuencia relativa porcentual de los agentes causales de manchado de grano encontrados en panículas de arroz	21
2.	Valor promedio de incidencia de manchado de grano en los tratamientos	22
3.	Valor promedio de severidad de manchado de grano en los tratamientos	24
4.	Área bajo la curva de progreso del manchado de grano de arroz en los tratamientos evaluados	25
5.	Valores promedio de control de manchado de grano de arroz en los diferentes tratamientos	26
6.	Porcentaje de control de manchado de grano en los tratamientos en tres estados fenológicos del cultivo de arroz. DDG = días después de la germinación; EL = estado lechoso; EP = estado pastoso; EM = estado de madurez	27
7.	Porcentaje de grano vano (GV), grano vano manchado (GVM) y grano vano sin manchas (GVSM)	29
8.	Porcentajes de grano vano sin manchas (GVSM) encontrados en los estados lechoso, pastoso y madurez en los tratamientos evaluados	30
9.	Porcentajes de grano vano manchado (GVM) encontrados en los estados lechoso, pastoso y madurez en los tratamientos evaluados	31
10.	Rendimiento de grano de la variedad ANAR 97 en la Finca El Coyol, Malacatoya, Granada, 2016	32

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
1.	Ubicación geográfica de la Estación Experimental Mario Hanon Talavera	44
2.	Delimitación de tratamientos del ensayo de arroz. Finca El Coyol	45
3.	Preparación de la aplicación de los biológicos utilizados en el ensayo	45
4.	Primera aplicación de T1 Amylo-X [®] 98.85 SC al máximo embuche	45
5.	Segunda aplicación del T1 Amylo-X [®] 98.85 SC con 5% de floración	46
6.	Fertilización del experimento. Finca El Coyol, Malacatoya, 2016	46
7.	Panículas manchadas en el experimento. Finca El Coyol, Malacatoya	47
8.	Grano sano (izquierda), grano manchado (centro), grano vano manchado (derecha)	47
9.	Resultados laboratorio IPSA(Micología) estado pastoso (T1 Amylo-X [®] 98.85 SC)	48
10.	Resultados laboratorio IPSA(Micología) estado pastoso (T2 Serenade [®] 1.34 SC)	49
11.	Resultados laboratorio IPSA(Micología) estado pastoso (T3 Tacre Bacillus Plus [®] 2 SC)	50
12.	Resultados laboratorio IPSA(Micología) estado pastoso (T4 Testigo absoluto)	51
13.	Resultados de laboratorio de IPSA en Bacteriología estado lechoso y pastoso	52

RESUMEN

El arroz (*Oryza sativa* L.) es el principal alimento para casi la mitad de la población mundial. Este cultivo es afectado por más de 70 patógenos, entre los cuales están los que causan el manchado de grano. El uso de fungicidas sintéticos ha sido la práctica más común para el manejo de los patógenos del manchado de grano. Sin embargo, el uso de fungicidas sintéticos conlleva a impactos negativos sobre el ambiente y la salud humana. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de bioplaguicidas comerciales a base de bacterias del género *Bacillus* sobre el comportamiento del manchado de grano y componentes del rendimiento en arroz. Se estableció un experimento en diseño de bloques completos al azar (BCA), con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos consistieron en tres formulaciones comerciales de bioplaguicidas que contienen bacterias del género *Bacillus* y un testigo. Se utilizó la variedad de arroz ANAR 97. Las variables evaluadas fueron porcentaje de frecuencia relativa de agentes causales de manchado de grano, incidencia, severidad y área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE), porcentaje de control de manchado de grano y componentes de rendimiento. Todas estas variables fueron sometidas a análisis de varianza (ANDVEVA). El hongo *Curvularia lunata* y la bacteria *Burkholderia glumae* se encontraron en una frecuencia relativa porcentual de 28% y 11% respectivamente. En el tratamiento donde se aplicó Amylo-X[®] 98.85 SC (*Bacillus amyloliquefaciens*) se registró el valor más bajo del ABCPE (243 %-días), el porcentaje más alto de control (91%) y el rendimiento más alto (7.1 t ha⁻¹). En conclusión, se identificaron ocho géneros de hongos y dos géneros de bacterias y el tratamiento Amylo-X[®] 98.85 SC fue el mejor con respecto al control de la enfermedad y el rendimiento.

Palabras clave: Decoloración de grano, *Curvularia lunata*, *Burkholderia glumae*, antagonismo

ABSTRACT

Rice (*Oryza sativa* L.) is the main food for almost half of the world's population. This crop is affected by more than 70 pathogens, among which are those that cause grain staining. The use of synthetic fungicides has been the most common practice for managing grain-stained pathogens. However, the use of synthetic fungicides leads to negative impacts on the environment and human health. Therefore, the objective of this research was to evaluate the effect of commercial biopesticides based on bacteria of the genus *Bacillus* on the behavior of grain staining and yield components in rice. An experiment was established in a randomized complete block design (RCB), with four treatments and four repetitions. The treatments consisted of three commercial formulations of biopesticides containing bacteria of the genus *Bacillus* and a control. The ANAR 97 rice variety was used. The variables evaluated were relative frequency percentage of grain-stained causal agents, incidence, severity and area under the disease progress curve (AUDPC), grain-stained control percentage and yield components. All these variables were subjected to analysis of variance (ANOVA). The fungus *Curvularia lunata* and the bacterium *Burkholderia glumae* were found in a relative frequency percentage of 28% and 11%, respectively. In the treatment where Amylo-X[®] 98.85 SC (*Bacillus amyloliquefaciens*) was applied, the lowest AUDPC value (243%-days), the highest control percentage (91%) and the highest yield (7.1 t ha⁻¹) were recorded. In conclusion, eight genera of fungi and two genera of bacteria were identified and the Amylo-X[®] 98.85 SC treatment was the best with respect to disease control and yield.

Keywords: grain discoloration, *Curvularia lunata*, *Burkholderia glumae*, antagonism

I. INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L.) es el principal alimento básico para casi la mitad de la población mundial, representa el 21% de la ingesta calórica mundial y utiliza el 11% de los suelos cultivados alrededor del mundo. Se prevé que el consumo mundial de arroz aumente de 480 millones de toneladas (Mt) de arroz procesado en 2014 a casi 550 Mt para 2030, impulsado tanto por el aumento de la población como por el crecimiento económico en los países en desarrollo (Yuan *et al.*, 2021).

Los beneficios del arroz para la salud humana se resumen en que brinda energía instantánea, regula la digestión, mejora el movimiento intestinal y acelera el metabolismo, mantiene el nivel de azúcar en la sangre y reduce la presión arterial alta, retrasa el proceso de envejecimiento y brinda protección contra la disentería y las enfermedades crónicas (Kalita *et al.*, 2021). El cultivo de arroz se ve afectado por más de 70 patógenos, especialmente hongos, bacterias, virus y nematodos que dañan severamente al cultivo y en última instancia, reducen el rendimiento (Singh *et al.*, 2018).

Las principales enfermedades como el añublo (*Pyricularia oryzae* Cavara), el tizón bacteriano [*Xanthomonas campestris* pv *oryzae* (Ishiyama) Dye (Swings *et al.*, 1990)] y el tizón de la vaina (*Rhizoctonia solani* AG1-1A Kühn) siguen causando daño al cultivo de arroz, mientras que nuevas enfermedades, consideradas de menor importancia, como el falso carbón [*Ustilaginoidea virens* (Cooke) Takahashi], el manchado del grano (varios factores abióticos y bióticos) y la pudrición de la vaina (*Sarocladium oryzae* Sawada) han surgido como problemas emergentes importantes para el cultivo de arroz. En la actualidad no se dispone de variedades resistentes para las enfermedades emergentes mencionadas anteriormente. No obstante, es importante abordarlas siguiendo prácticas de manejo integrado como el control cultural, mecánico, biológico y químico (Bigirimana *et al.*, 2015; Ning y Wang, 2018).

El manchado del grano es una enfermedad emergente causada por factores abióticos y bióticos. Entre los factores abióticos están la alta humedad durante la etapa de emergencia de la panícula y llenado de granos; altas temperaturas y fuertes vientos durante la polinización; lluvia en la etapa de madurez; falta de polinización/fertilización adecuada; deficiencia de nutrientes; y daños por plaguicidas (Khamari, 2020).

Los factores bióticos, es decir, la infección microbiana es la causa principal del manchado de granos de arroz (Nasla *et al.*, 2019). Entre los principales hongos que se asocian al manchado de los granos de arroz están *Bipolaris oryzae*, *Alternaria padwickii*, *A. alternata*, *Helminthosporium oryzae*, *Fusarium moniliforme*, *F. graminearum*, *Nigrospora oryzae*, *Epicoccum nigrum*, *Curvularia lunata* y *Sarocladium oryzae* (Chhabra y Vij, 2020; Kongcharoen *et al.*, 2020; Mustafa y Mohsan, 2017). Además, se reportan bacterias como *Pseudomonas fuscovaginae* y *Burkholderia glumae* como agentes causales de manchado del grano de arroz (Cottyn *et al.*, 1996; Echeverri-Rico *et al.*, 2021).

El tratamiento de las semillas con fungicidas sintéticos y la aplicación foliar de fungicidas sintéticos se consideran efectivos para controlar el manchado del grano de arroz (Arshad *et al.*, 2009). Sin embargo, el uso continuo de fungicidas puede generar impactos negativos sobre el ambiente, la salud humana y desarrollo de resistencia a los fungicidas de las poblaciones de patógenos que causan el manchado del grano (Nasla *et al.*, 2019).

Por consiguiente, se requiere el uso de alternativas que incluyan productos botánicos y biológicos para el manejo del complejo “manchado del grano” en el cultivo de arroz. En una investigación se encontró que los extractos de clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) y jengibre azul (*Alpinia galanga*) mostraron una alta actividad antifúngica contra patógenos que causan el manchado de los granos (Madi *et al.*, 2020). Sumangala *et al.*, (2008) reportan que la bacteria *Bacillus subtilis* y los hongos *Trichoderma viride* y *T. harzianum* redujeron el crecimiento radial de *Curvularia lunata* en un 97.8%, 96.4% y 93.5% respectivamente.

En vista de lo anterior expuesto, el presente estudio se concibió con la finalidad de generar información acerca de la eficacia de formulaciones comerciales de bacterias del género *Bacillus* para el manejo de los agentes causales de manchado del grano de arroz en época lluviosa en la zona de Malacatoya, Granada, Nicaragua.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto de bioplaguicidas comerciales a base de bacterias del género *Bacillus* sobre el comportamiento de la enfermedad manchado del grano y los componentes del rendimiento en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L., cv. Anar-97) en la Estación Experimental de la Finca El Coyol, Malacatoya, Granada.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar mediante técnicas convencionales a los agentes causales del manchado de grano de arroz en la Finca El Coyol, Malacatoya, Granada.
- Determinar el comportamiento del manchado de grano en el estado lechoso, pastoso y de madurez del cultivo de arroz tratado con bioplaguicidas comerciales a base de bacterias del género *Bacillus*.
- Comparar el control de los diferentes bioplaguicidas comerciales a base de bacterias del género *Bacillus* en el manejo del manchado de grano en el cultivo de arroz.
- Estimar los componentes de rendimiento en el cultivo de arroz tratado con bioplaguicidas comerciales a base de bacterias del género *Bacillus*.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1 El cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.)

El arroz es el alimento básico más consumido en el mundo, cubre el 29% de la superficie mundial de cereales y representa el 31% de la producción mundial de cultivos. Algunos reportes indican que se requiere un aumento en la producción de arroz de al menos un 35% para 2033 para satisfacer las demandas de alimentos y energía de una población en crecimiento (Godfray *et al.*, 2010; Lobell *et al.*, 2009). Las brechas en el rendimiento varían en todo el mundo y los rendimientos alcanzan un promedio del 20% al 80 % del potencial de rendimiento. Esas brechas son especialmente grandes en los países en desarrollo donde la agricultura a pequeña escala domina el panorama agrícola. Para superar el desafío de la seguridad alimentaria es necesario cerrar la brecha entre el rendimiento real y el alcanzable (Guilpart *et al.*, 2017; Mills *et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2019).

3.1.1 Origen y distribución

El género *Oryza*, al que pertenece el arroz cultivado, se originó hace al menos 130 millones de años y se dispersó como una planta silvestre en el supercontinente “*Gondwana*” que finalmente se dividió y se separó para convertirse en Asia, África, Australia y la Antártida. Esto muestra la distribución de las especies de *Oryza* en todo el mundo excepto en la Antártida (Dogara y Jumare, 2014). La evidencia arqueológica más antigua del uso del arroz por parte de los humanos se ha encontrado en la región media y baja del valle atravesado por el río Yangzi en China, donde se han encontrado fitolitos, microfósiles de silicio de estructuras de células vegetales de arroz que datan del 11 000 al 12 000 A.C. (Sweeny y McCouch, 2007; Zhao, 1998).

Desde los albores de la civilización, el arroz ha servido a los humanos como un cereal que da vida en las regiones húmedas de Asia y, en menor medida, en África Occidental. La introducción del arroz en Europa y América ha llevado a su mayor uso en la dieta humana. En la actualidad, el arroz se cultiva ampliamente en más de 120 países de todo el mundo, desde los 35° latitud sur hasta los 53° latitud norte, con una concentración en las zonas tropicales y subtropicales de Asia.

China e India son los principales centros de producción de arroz. El arroz se cultiva en una amplia gama de condiciones agroclimáticas que van desde tierras montañosas hasta áreas de tierras bajas (Vijay y Bidhan, 2013; Wei y Huang, 2019).

Algunas investigaciones indican que los países centroamericanos comenzaron a cultivar arroz en el siglo XVIII (Eltis *et al.*, 2007) debido al movimiento de mano de obra calificada de las regiones de África Occidental a las islas del Caribe. Sin embargo, en América Central el arroz se cultivaba principalmente para la subsistencia. Actualmente, Nicaragua, Panamá y Costa Rica en este orden son los tres principales países productores de arroz en América Central (Singh *et al.*, 2017).

3.1.2 Taxonomía y clasificación

El arroz pertenece al género *Oryza*, familia: Poaceae (Gramineae), tribu: Oryzeae y se clasifica en 10 genomas que comprenden 25 especies (dos cultivadas y 23 silvestres). Las dos especies cultivadas y los seis parientes silvestres pertenecientes al complejo *O. sativa* se clasifican como especies diploides de genoma AA, incluido el arroz cultivado asiático (*O. sativa*), el arroz cultivado africano (*O. glaberrima*), el arroz silvestre común (*O. rufipogon*), arroz silvestre anual (*O. nivara*), arroz de Barth (*O. barthii*), arroz de estambre largo (*O. longistaminata*), arroz silvestre australiano (*O. meridionalis*) y arroz silvestre sudamericano (*O. glumaepatula*) (Sotowa *et al.*, 2013; Vijay y Bidhan, 2013).

Las distribuciones geográficas de estas ocho especies son totalmente diferentes: *O. sativa* se cultiva en todo el mundo con una concentración en Asia, *O. rufipogon* y *O. nivara* se distribuyen principalmente en Asia, *O. glaberrima* se concentra en África Occidental, *O. barthii* y *O. longistaminata* se encuentran en África tropical, *O. meridionalis* está en Australia y *O. glumaepatula* está en América del Sur. Generalmente, *O. sativa*, *O. glaberrima*, *O. nivara*, *O. barthii* y *O. meridionalis* son especies anuales mientras que las demás son especies perennes. Sin embargo, recientemente se encontró en Australia una forma perenne de *O. meridionalis* (Wei y Huang, 2019; Sotowa *et al.*, 2013).

El arroz se clasifica en dos subespecies por la forma y la textura de sus granos: *indica* y *japónica*. Generalmente, la subespecie *indica* es de grano largo, relativamente menos pegajoso, con menos amilopectina, mientras que la *japónica* es de grano corto y más pegajoso. Además de la forma y textura de la semilla, *indica* y *japónica* muestran diferencias significativas en la altura de la planta, la forma de la hoja, el color de la hoja, el tipo de planta, la longitud de la arista, la densidad de la pubescencia de la gluma, la tasa de germinación, la tolerancia al frío, la resistencia al acame, la resistencia a las enfermedades, el desgrane de la semilla y el número de macollas y muchas otras características agronómicas. En comparación con la *indica*, las variedades de la subespecie *japónica* tienen una altura de planta más corta, forma de hoja moldeadora, color de hoja claro, fuerte tolerancia al frío, fuerte resistencia al acame, no se desgrana la semilla, pero tienen un menor número de macollas, una tasa de germinación más lenta, son sensibles al añublo del arroz (*Pyricularia oryzae*), tienen larga y densa pubescencia en las glumas y arista larga en algunas variedades (Wei y Huang, 2019).

3.1.3 Importancia económica y nutricional

El arroz es uno de los cereales más consumidos y es un alimento básico para más de 3 500 millones de habitantes del mundo. Se informa que la producción mundial actual de arroz es de aproximadamente 755 millones de toneladas, con un área cultivada mundial de más de 167 millones de hectáreas. Se estima que la demanda de arroz seguirá aumentando debido al constante crecimiento de la población mundial (Doni *et al.*, 2022).

El arroz es una gran fuente de carbohidratos complejos que se descomponen en glucosa, la mayor parte de la cual se utiliza como energía para el ejercicio y como combustible esencial para la digestión lenta del almidón en el cerebro (con bajo índice glucémico); no tiene grasa, ni colesterol y no tiene sodio. Los lípidos del arroz, que incluyen ácidos grasos, se encuentran predominantemente en el salvado de arroz que se elimina durante la molienda. Dependiendo de la variedad, el aceite de salvado de arroz puede tener hasta un 80% de ácidos grasos insaturados (Chaudhari *et al.*, 2018).

La proteína de arroz, que comprende hasta el 8% del grano, tiene un beneficio especial ya que tiene ocho de los aminoácidos esenciales en una proporción balanceada. Las vitaminas del complejo B, especialmente la tiamina, la riboflavina y la niacina que ofrece el arroz integral natural promueven la energía juvenil y la nutrición de la piel y los vasos sanguíneos. El salvado de arroz también contiene antioxidantes beneficiosos como tocoferoles y tocotrienoles (de la familia de la vitamina E) y orizanoles (Lloyd *et al.*, 2000).

3.2 Principales enfermedades del arroz y su manejo

Las enfermedades son los principales factores de origen biótico que limitan la producción en el cultivo de arroz y pueden reducir los rendimientos en un 20%-100% según la severidad de las epidemias. Las tres enfermedades que se consideran las más devastadoras en la mayoría de las regiones productoras de arroz, son el tizón bacteriano causado por *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*, el añublo causado por *Pyricularia oryzae* y el tizón de la vaina causado por *Rhizoctonia solani* (Zhang, 2007). Sin embargo, algunas enfermedades como el falso carbón (*Ustilaginoidea virens*), el manchado del grano (factores abióticos y bióticos) y la pudrición de la vaina (*Sarocladium oryzae*) han surgido como problemas importantes (Bigirimana *et al.*, 2015).

3.2.1 Añublo del arroz (*P. oryzae*)

El agente causal del añublo del arroz ha recibido diferentes nombres a lo largo de los años. Su fase asexual fue nombrada *Pyricularia grisea* por Saccardo en 1880, luego el nombre *Pyricularia oryzae* fue establecido por Cavara en 1892. En su fase sexual, el patógeno primero fue llamado *Magnaporthe grisea* (Hebert) Barr en 1970, pero pronto fue cambiado a *Magnaporthe oryzae* (Couch y Kohn 2002; Zhang *et al.*, 2016). Sin embargo, estudios recientes apuntan a *Pyricularia oryzae* Cavara, tanto para la fase asexual como para la sexual, como la forma correcta de denominar al agente causal del añublo del arroz, debido a su patogenicidad y características ecológicas y evolutivas (Moreira *et al.*, 2015; Nizolli *et al.*, 2021; Zhang *et al.*, 2016). Se recomienda que el sinónimo *Magnaporthe oryzae* se mencione en publicaciones como “*Pyricularia oryzae* (sin. *Magnaporthe oryzae*)” (Zhang *et al.*, 2016).

El patógeno que causa el añublo del arroz es hemibiotrófico, un modo de supervivencia en el que el hongo comienza en una etapa biotrófica durante la cual se suprime el sistema inmunológico de la planta y luego pasa a una etapa necrotrófica en la que promueve la muerte celular (Fernández y Orth 2018). Los síntomas se presentan en forma de lesiones en las hojas, la vaina de la hoja, el cuello, las panículas, los pedicelos y las semillas, sin embargo, aún no hay consenso sobre los efectos en las raíces (Ribot *et al.*, 2008). Al inicio aparecen pequeñas manchas necróticas marrones en las hojas y evolucionan a una forma elíptica con un margen marrón y un centro gris o blanquecino. Con el tiempo, estas lesiones aumentan de tamaño en la dirección de las venas y, en casos más avanzados, presentan un halo amarillento que rodea la lesión hasta que el tejido muere (Agbowuro *et al.*, 2020).

El patógeno se perpetúa como micelio y conidios en residuos de cosecha, semillas, retoños, plantas de arroz espontáneas y malezas hospedantes. La siembra de semillas de arroz infectadas puede introducir el hongo en áreas de producción, donde antes no existía (Chadha y Gopalakrishna, 2006). Según Neupane y Bhusal (2021), las condiciones más adecuadas para el brote de epidemias de añublo son días nublados, humedad relativa en el rango de 93%-99%, bajas temperaturas nocturnas entre 15°C y 20°C y un período más prolongado de rocío.

Para reducir el daño ocasionado por el añublo del arroz se han puesto en prácticas medidas tales como el control químico, biológico, pronóstico de la enfermedad y mejoramiento convencional. No obstante, el uso continuo de fungicidas para su control es un peligro potencial para la salud y el medio ambiente y puede dar lugar a la aparición de razas resistentes. Por lo tanto, se recomienda hacer uso de un manejo integrado del cultivo (Srivastava *et al.*, 2017).

3.2.2 Tizón de la vaina (*Rhizoctonia solani*)

El tizón de la vaina del arroz causado por el patógeno necrotrófico *Rhizoctonia solani* Kühn se considera una de las enfermedades del arroz más devastadoras en todo el mundo (Rao *et al.*, 2020). El patógeno inicialmente causa lesiones acuosas de color gris verdoso en la vaina en la base de las plantas de arroz, o cerca de la línea de agua en el arrozal. A medida que se desarrollan los síntomas, el centro de las lesiones se vuelve de color blanco grisáceo y el borde muestra un color marrón oscuro (Li *et al.*, 2021).

Eventualmente, las lesiones individuales se fusionan e incluso cubren toda la vaina. Como consecuencia, las vainas se vuelven amarillas y marchitas, e incluso se pudren y mueren (Taheri y Tarighi 2011; Wang y Zheng 2018).

Las infecciones típicas por *R. solani* resultan de esclerocios de una temporada de cultivo anterior. El patógeno sobrevive en el suelo y el agua como esclerocios que permanecen viables hasta por 3 años y forman micelios cuando entran en contacto con las plantas (Kumar *et al.*, 2009). Los esclerocios generalmente se transportan al campo circundante desde los cultivos infectados mediante el riego del suelo infestado. En el momento de la reinfección, los esclerocios experimentan una germinación miceliogénica y las hifas se propagan horizontalmente (se registra un promedio de 20 cm día⁻¹) en las plantas, lo que hace que la enfermedad se propague muy rápido. La infección se ve favorecida por temperaturas cálidas (28°C-32°C), alta humedad (~ 95%) y altos niveles de fertilizante nitrogenado (Savary *et al.*, 1995; Singh *et al.*, 2019).

El método más ampliamente utilizado para el control del tizón de la vaina es la aplicación de fungicidas. Los fungicidas restringen el desarrollo de la enfermedad en las vainas del arroz al dañar la membrana celular del hongo, actuar como inhibidores de enzimas (Kumar *et al.*, 2018), interfiriendo en procesos que incluyen la respiración o la producción de energía o al interferir con las vías metabólicas asociadas con la biosíntesis de esteroides y quitina para la formación de la pared celular (Lal *et al.*, 2017).

Los microorganismos como las rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas (RBPC) pueden brindar protección al cultivo de arroz al reducir la infección por *R. solani*. Las cepas de RBPC que son efectivas para controlar la infección por *R. solani* en el arroz incluyen *Pseudomonas fluorescens* y *Bacillus* spp (Kumar *et al.*, 2009; Karnwal y Mannan 2018). Algunos estudios señalan que aplicaciones foliares de *B. subtilis* y *B. megaterium* inhibieron la formación de esclerocios en un 40%-60%) y el crecimiento de micelio (Chen y Kang 2006). Además, se reporta que *Pseudomonas fluorescens* fue muy eficaz para prevenir el crecimiento del micelio y el desarrollo de esclerocios (45%) cuando se aplicó al follaje o como enmienda al suelo (Kazempour 2004; Singh *et al.*, 2019).

3.2.3 Tizón bacteriano (*Xanthomonas oryzae* pv *oryzae*)

El agente causal del tizón bacteriano de la hoja, *Xanthomonas oryzae* pv *oryzae*, causa graves pérdidas de rendimiento (Arshad *et al.*, 2015). Esta enfermedad es ampliamente prevalente entre varias variedades de arroz en todo el mundo (Singh *et al.*, 2015). El patógeno es una bacteria gramnegativa en forma de bastón que ingresa a las hojas de arroz a través de heridas, estomas o hidátodos (Iyer-Pascuzzi & McCouch, 2007; Mew 1987).

La enfermedad ocurre en diferentes etapas de crecimiento del arroz y se manifiesta por síntomas de tizón de la hoja o marchitamiento vascular agudo de plantas jóvenes. Los síntomas incluyen lesiones grises o acuosas en la hoja, que a menudo se secan y se vuelven cloróticas. Las hojas a menudo se curvan hacia adentro. En infecciones graves, las bacterias supuran por las grietas o los hidátodos (Yasmin *et al.*, 2017).

Se ha tratado de manejar la enfermedad usando quimioterapia, sin embargo, no se ha tenido éxito, lo que hace necesario que se desarrollen estrategias de manejo alternativas. Se han recomendado varios bactericidas de amplio espectro, pero los productos químicos son caros y también afectan a los microorganismos benéficos (Govindappa *et al.*, 2011).

En Nicaragua, el tizón bacteriano del arroz causado por *X. oryzae* pv. *oryzae*, es considerada una plaga reglamentada por el Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria (IPSA), ya que no hay reportes de su presencia en el país (IPSA, 2020).

3.2.4 Manchado del grano

El manchado del grano es una enfermedad emergente que reduce el rendimiento y constituye una potente amenaza para el cultivo de arroz. También se conoce como "manchado de la gluma" o "panícula sucia". Se ha reportado como una enfermedad independiente, que causa pérdidas significativas en el rendimiento (Arshad *et al.*, 2009; Chandramani y Awadhiya, 2014; Prabhu *et al.*, 2012). La enfermedad generalmente se observa desde el inicio de llenado del grano hasta la etapa de madurez (Khamari, 2020). El manchado del grano es una enfermedad emergente causada por factores abióticos y bióticos.

Entre los factores abióticos están la alta humedad durante la etapa de emergencia de la panícula y llenado de granos; altas temperaturas y fuertes vientos durante la polinización; lluvia en la etapa de madurez; falta de polinización/fertilización adecuada; deficiencia de nutrientes; y daños por plaguicidas (Khamari, 2020).

La decoloración del grano de arroz afecta los rasgos cualitativos y cuantitativos que finalmente resultan en una reducción del rendimiento. Los patógenos del arroz asociados con el manchado del grano afectan la capacidad de germinación, la salud, calidad y morfología de la semilla y el potencial de rendimiento del cultivo (Sumangala *et al.*, 2009; Tariq *et al.*, 2016). Los síntomas de la enfermedad incluyen manchas marrones o negras en el grano, panícula hueca de peso ligero, rayas de color marrón negrozco en el grano y panícula infectada con granos sin llenar. El oscurecimiento de glumas o espiguillas, la coloración marrón a negra en glumas podridas son algunos síntomas importantes causados por uno o más patógenos. La intensidad varía desde un manchado esporádico hasta el manchado de glumas enteras (Khamari, 2020).

Aunque el mejoramiento para la resistencia a enfermedades es el medio más económico para controlar el manchado del grano, se ha obtenido poco éxito debido a que hay varios patógenos diferentes que pueden causarlo. El manchado del grano es, en general, más severo cuando la formación de panícula coincide con lluvias continuas y, como consecuencia, los fungicidas no son eficaces (Prabhu *et al.*, 2012).

Se requieren fungicidas nuevos y mejorados con efectos secundarios mínimos para prevenir el manchado del grano. En la actualidad, productos naturales que son seguros para el medio ambiente y tienen baja toxicidad para los organismos vivos están ganando interés como fuentes importantes para el desarrollo de fungicidas, y estos pueden servir como sustitutos efectivos de los fungicidas sintéticos (Law *et al.*, 2017; Yoon *et al.*, 2013). Además, otro enfoque alternativo es el uso de antagonistas microbianos como agentes de control biológico (Suprpta, 2012). Los agentes de control biológico son microorganismos que suprimen los patógenos de las plantas (Pal y Gardener, 2006); pueden lograr el control biológico a través de la competencia, la antibiosis y el hiperparasitismo (Montesinos, 2003). Actualmente, las investigaciones señalan que el control biológico de las enfermedades de las plantas es más rentable, seguro y respetuoso con el medio ambiente en comparación con el uso de fungicidas (Law *et al.*, 2017).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ubicación del estudio

El experimento se desarrolló en la empresa Agroindustrial Hanon S.A en la Estación Experimental Mario Hanon Talavera de la Finca El Coyol, ubicada en la localidad de Malacatoya, municipio de Granada. La estación experimental se encuentra en las coordenadas 12°11'54'' Latitud Norte y 85°08'55'' Longitud Oeste (Anexo 1), a una altitud de 50 msnm. En el sitio, la precipitación es de 1 412 mm anual, con temperaturas promedio de 32.8°C y una humedad relativa de 74.8%. La zona se caracteriza por presentar suelos arcillosos del Orden Vertisoles con un alto contenido minerales de arcilla expansiva como la montmorillonita (INETER, 2016).

4.2 Diseño metodológico

En esta investigación se utilizó el enfoque cuantitativo de investigación, ya que se estableció un experimento de campo para determinar el efecto de bioplaguicidas comerciales a base de bacterias del género *Bacillus* sobre la enfermedad manchado de los granos y el rendimiento del cultivo de arroz en Nicaragua. Asimismo, se hizo uso de la investigación transversal descriptiva para la recolección de datos y descripción de las variables y la investigación transversal correlacional para establecer la relación entre las variables evaluadas.

4.2.1 Características de la variedad de arroz utilizada

En este estudio se utilizó la variedad de arroz ANAR 97, la cual posee las siguientes características más relevantes: es moderadamente resistente al acame, días a floración entre 75 y 82 días, buena capacidad de macollamiento, moderadamente al desgrane, posee una longitud de panícula de 22 cm, el peso de 1 000 semillas secas oscila entre 25 g y 27.3 g, se puede cosechar en un período comprendido entre los 110 y los 120 días, su rendimiento fluctúa entre 6 451 kg ha⁻¹ y 7 740 kg ha⁻¹, es moderadamente resistente a *Pyricularia oryzae*, es resistente a la sogata (*Tagosodes orizicolus*) y es moderadamente resistente al Virus de la Hoja Blanca (VHB) que es transmitido por la sogata. Otras características importantes de esta variedad se pueden consultar en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Descriptores varietales de la variedad de arroz ANAR 97

Características de ANAR 97	Verano	Invierno
Días a flor	75	82
Altura de planta (cm)	92	97
Color predominante de lema y Palea	Amarillo crema	Amarillo crema
Exersión de la espiga	1 (Excelente)	3 (Buena)
Longitud de la espiga (cm)	22	22
Densidad de la espiga	Intermedia	Intermedia
Color del estigma	Blanco	Blanco
Capacidad de macollamiento	Bueno	Bueno
Color de la lámina foliar	Verde claro	Verde claro
Reacción al acame	1 (Resistente)	3 (Moder. resistente)
Peso 1000 semillas secas (g)	27.30	25.00
Desgrane	3 (MR) ¹	3 (MR)
Forma del grano descascarado	Alargado	Alargado
Presencia de arista	Ausente en el 95%	Ausente en el 95%
Longitud del grano (mm)	9.0	9.0
Días a cosecha	115 - 120	110 - 115
Rendimiento (qq/mz) / kg ha ⁻¹	120 (7740 kg ha ⁻¹)	100 (6451 kg ha ⁻¹)
Reacción a enfermedades		
Pyricularia (<i>Pyricularia grisea</i>)	3 (MR)	3 (MR)
Manchado de grano (origen biótico)	1 (Resistente)	1 (Resistente)
Virus de la Hoja Blanca (VHB)	3 (MR)	3 (MR)
Reacción a <i>Tagosodes orizicolus</i>	1 (Resistente)	1 (Resistente)
Época de siembra	Riego	Riego y Secano
Regiones recomendadas	León, Chinandega, Malacatoya, Chontales, Sébaco, Jalapa, Nandaime y Rivas.	
Origen	CIAT/Colombia	
Progenitores	CT8774 (Progenitor femenino). CT5746-18-11-2-2-2X (Progenitor masculino recurrente).	

Fuente: (ANAR, 2000); ¹MR = moderadamente resistente

4.2.2 Diseño experimental

El experimento fue establecido en un diseño de bloques completos al azar (BCA), con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones para un total de 16 unidades experimentales (Anexo 2). El modelo aditivo lineal utilizado fue el siguiente:

$$X_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \text{ para, } i=1, \dots, k \text{ y } J=1, \dots, r$$

Dónde, X_{ij} = variable aleatoria observable; μ = media general; β_j = efecto del j-ésimo bloque; τ_i = efecto del i-ésimo tratamiento; ε_{ij} = efecto del error experimental; r = número de repeticiones; k = número de tratamientos

La unidad experimental (UE) de cada tratamiento consistió en un área de 25 m² (5 m de largo × 5 de ancho) y una parcela útil de 16 m² por tratamiento, la cual se localizó en el centro de la UE. El área de cada bloque fue 175 m² (7 m de largo × 25 m de ancho). El área total del experimento fue de 625 m² (25 m de largo × 25 m de ancho). Entre cada parcela experimental y entre cada bloque se dejó un espacio de un metro. El área completa del ensayo también se mantuvo aislada a un metro de los alrededores (Anexo 2).

4.2.3 Descripción de los tratamientos

Se utilizaron tres bioplaguicidas comerciales a base de la bacteria del género *Bacillus*. Los nombres de los productos comerciales, el ingrediente activo (bacteria) y las dosis utilizadas se detallan en el Cuadro 2. La preparación y aplicación de los biofungicidas se indican en los Anexos 3, 4 y 5.

Cuadro 2. Nombres comerciales, ingredientes activos y dosis utilizadas

Tratamientos	Ingrediente activo	Nombre comercial	Concentración	Dosis ha ⁻¹
T1	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> D 747	Amylo-X [®] 98.85 SC	1x10 ¹⁰ UFC/ml	1.0 l
T2	<i>Bacillus subtilis</i> QST 713	Serenade [®] 1.34 SC	1x10 ⁹ UFC/ml	1.0 l
T3	<i>Bacillus subtilis</i> D125, D126 <i>Bacillus megaterium</i> BM185 <i>Bacillus licheniformis</i> BL201, BL226	Tacre Bacillus Plus [®] 2 SC	1x10 ¹⁰ UFC/ml	1.0 l
T4	Testigo absoluto	Testigo absoluto		-

4.2.4 Manejo del experimento

La preparación del suelo fue mecanizada con una preparación de dos pases de rota disco y dos pases de banca o nivelación. La siembra se realizó al voleo utilizando 129 kg ha⁻¹ de semilla pregerminada de la variedad ANAR 97. Para el control arvenses predominantes se utilizaron herbicidas sintéticos: para gramíneas se utilizó Command[®] 36 CS (clomazone) a razón de 1.85 L ha⁻¹ y se aplicó 3 días después de germinado el cultivo. En post-emergencia temprana se aplicó Command[®] 36 CS (clomazone) a razón de 1.7 L ha⁻¹ más Basagran[®] 46 SL (bentazone + MCPA) en dosis de 1.5 L ha⁻¹. Estos herbicidas se aplicaron 13 después de la germinación (DDG) para el control de gramíneas, hoja anchas y ciperáceas.

Para el control de plagas de follaje (*Spodoptera frugiperda* y *Tagosodes orizicolus*) en estado de plántulas se aplicó Mustang Max[®] 12 EC (zeta-cipermetrina) en dosis de 0.355 L ha⁻¹. Estas aplicaciones estuvieron sujetas a previos muestreos y umbrales. Durante las etapas reproductivas se aplicó Mustang Max[®] 12 EC (zeta-cipermetrina) en dosis de 0.355 L ha⁻¹ y Marshal[®] 25 EC (carbosulfan) a una dosis de 1.0 L ha⁻¹ para controlar plagas como el chinche *Oebalus insularis*.

Se llevó a cabo una fertilización básica después de la siembra se utilizando fertilizante completo, sulfato de amonio y sulfato de zinc. Para la fertilización nitrogenada se utilizó Urea 46% a los 15, 30 y 55 DDG el cultivo de arroz y a los 30 DDG se aplicó muriato de potasio. En el Anexo 6 se muestran sus dosis respectivas. El riego se aplicó conforme al crecimiento y desarrollo del cultivo, realizándose pases de agua rápida, recién sembrado el experimento con intervalos de tres a cuatro días, durante los primeros 15 DDG y se estableció lámina de agua a los 20 DDG aproximadamente.

4.2.5 Identificación de los agentes causales del manchado de grano

Se tomaron muestras de panículas de arroz que presentaban manchado de granos en el estado lechoso, pastoso y de madurez de la panícula (Anexos 7 y 8). Se enviaron 16 muestras al Laboratorio de Diagnóstico Fitosanitario y Calidad de Semillas del Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria (IPSA) de cada uno de los estados fenológicos antes mencionados para la identificación de los patógenos involucrados en el manchado y decoloración de los granos de la panícula de arroz.

El método que se utilizó para la identificación fue el de “cámara húmeda” (French y Hebert, 1980). En total se analizaron 48 muestras de panículas con síntomas de manchado de grano.

4.3 Variables evaluadas

4.3.1 Comportamiento del manchado de grano

El comportamiento del manchado del grano se determinó mediante la incidencia, severidad y el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE). Las evaluaciones se realizaron en la parcela útil, la cual tenía una dimensión de 16 m².

a) Incidencia de manchado de grano

Se realizaron tres registros de la incidencia de la enfermedad en 10 panículas: el primero, a los 90 días después de germinado (DDG) el cultivo durante el estado lechoso de las panículas de arroz; el segundo, a los 101 DDG durante el estado pastoso de las panículas; y el tercero, a los 114 DDG en el estado de madurez de las panículas. La incidencia se calculó con la fórmula propuesta por James (1974):

$$\text{Incidencia (\%)} = \frac{\text{Número de espigas con síntomas}}{\text{Número total de espigas evaluadas}} \times 100$$

b) Severidad de manchado del grano

La severidad se registró tres veces en 10 panículas por cada tratamiento y repetición: el primero, a los 90 días después de germinado (DDG) el cultivo durante el estado lechoso de las panículas de arroz; el segundo, a los 101 DDG durante el estado pastoso de las panículas; y el tercero, a los 114 DDG en el estado de madurez de las panículas. La severidad de manchado de grano se calculó haciendo uso de la escala del IRRI (2013), la cual se describe en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Escala de severidad de manchado de grano de panículas de arroz

Grado	Porcentaje	Descripción
0	No incidencia	Sin glumas manchadas
1	Menos del 1 %	Granos con glumas manchadas
3	1% – 5%	Granos con glumas manchadas
5	6% – 25%	Granos con glumas manchadas
7	26% – 50%	Granos con glumas severamente manchadas
9	51% – 100%	Granos con glumas severamente manchadas

c) Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE)

Los valores de severidad de manchado de grano se utilizaron para el cálculo del área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) con la ecuación propuesta por Shaner y Finney (1977):

$$ABCPE = \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{y_i + y_{i+1}}{2} \right) (t_{i+1} - t_i)$$

Donde, ABCPE es el área bajo la curva de progreso de la enfermedad; n es el número de observaciones; y_i es la evaluación de la enfermedad en la i -ésima observación; y_{i+1} es la evaluación en la $i+1$ -ésima observación (segunda, tercera, etc.); y t es el tiempo (inicial y posterior).

4.3.2 Control de los bioplaguicidas sobre el manchado de grano

El control de manchado de grano de arroz fue medida al cosechar 10 panícula al azar en el centro de cada parcela en cuatro bloques respectivos, sumando un total de 40 panículas por tratamiento esta evaluación fue realizada cuando el cultivo de arroz se encontraba en su madurez fisiológica. Se contó los granos manchados, los granos vanos manchados separándolos de los granos sanos y los granos vanos sin manchas en cada panícula. Para determinar el control se utilizó la siguiente fórmula propuesta por Ocón (2022):

$$\text{Control (\%)} = \frac{G_{lpp} - [G_{vm} + G_{llm}]}{G_{pp}} \times 100$$

Donde, G_{lpp} = Granos llenos por panícula; G_{vm} = Grano vano manchado; G_{llm} = Grano lleno manchado; G_{pp} = Granos por panícula.

4.3.3 Estimación de los componentes de rendimiento

Se registraron y calcularon los siguientes componentes de rendimiento: fertilidad de espigas, peso de 1000 granos, granos llenos por panícula, granos vanos, granos vanos sin manchas, granos vanos manchados, densidad poblacional y rendimiento de grano. Los cálculos de estos componentes de rendimiento se llevaron a cabo siguiendo los procedimientos descritos en los protocolos del IRRI (2013).

a) Fertilidad de espigas

La fertilidad de espigas se registró tomando 10 panículas al azar, seleccionadas en la parte central de cada tratamiento con sus repeticiones. Se evaluó contando y separando las espigas los granos enteros de los granos vanos, luego se determinó su porcentaje de fertilidad (Cuadro 4).

Cuadro 4. Escala de fertilidad de espigas de arroz (*Oryza sativa* L.)

Grado	Porcentaje	Descripción
1	> 90%	Alta fertilidad
3	75% - 89%	Fértil
5	50% -74 %	Parcialmente estéril
7	< 50%	Altamente estéril
9	100%	Totalmente estéril

b) Peso de 1 000 granos (expresado en gramos)

El peso de 1 000 granos se evaluó tomando 10 panículas al azar seleccionadas en la parte central de cada tratamiento con sus repeticiones. Se contaron 1 000 granos, luego se procedió a pesar y se obtuvieron sus promedios en gramos.

c) Granos llenos por panícula

El número de granos por panícula se obtuvo de 10 panículas al azar, seleccionadas en la parte central de cada parcela en sus cuatro bloques. Se contó el número total de granos por panícula y se obtuvieron sus promedios.

d) Granos vanos (%)

El porcentaje de granos vanos se calculó tomando 10 panículas al azar, seleccionadas en la parte central de cada tratamiento con sus repeticiones. Se evaluó contando los granos vanos existentes en una panícula, luego se determinó su porcentaje con respecto al total de granos de la panícula.

e) Grano vano sin mancha (%)

Los granos vanos sin manchas se midieron tomando 10 panículas al azar, seleccionadas en la parte central de cada tratamiento con sus repeticiones. Se contó los granos vanos sin manchas separándolos de aquellos granos vanos manchados y luego se determinó su porcentaje.

f) Grano vano manchado (%)

Los granos vanos manchados se registraron tomando 10 panículas al azar, seleccionadas en la parte central de cada parcela en sus cuatro bloques. Se contaron los granos vanos manchados y luego se determinó el porcentaje de granos vanos manchados con respecto al total de granos.

g) Densidad poblacional (tallos m⁻²)

La densidad poblacional se midió contando los tallos fértiles por metro cuadrado, seleccionados en la parte central de cada tratamiento con sus repeticiones. Esta variable se midió cuando el cultivo se encontraba en su madurez fisiológica, es decir, a los 120 DDG.

h) Rendimiento de grano (kg ha⁻¹)

Para calcular el rendimiento de grano se tomó el arroz en cáscara y se expresó en kilogramos por hectárea. Se midió cosechando la parcela útil de 16 m², eliminando un metro a cada lado, para evitar el efecto de borde. La granza fue cosechada con 22% de humedad, luego se secó y se limpiaron las muestras de arroz y se estandarizaron al 13% de humedad. Se utilizó un medidor de humedad (Landtek MC-7828G) para arroz y se determinó la humedad de cada muestra. Para determinar el rendimiento en kilogramos por hectárea se hizo uso de la siguiente fórmula (Pantha *et al.*, 2017):

$$R_g \text{ (kg ha}^{-1}\text{)} = \frac{(100 - H_i) \times \text{rendimiento de parcela (kg)} \times 10000 \text{ m}^2}{(100 - H_d) \times \text{área de la parcela útil}}$$

Donde, R_g = rendimiento de grano; H_i = humedad inicial (22%); H_d = humedad deseada (13%)

4.4 Recolección de datos

Las tomas de datos se realizaron en tres momentos diferentes: estado lechoso, estado pastoso y estado de maduro de granos. Se tomaron 10 panículas por tratamiento en sus 4 bloques para realizar un conteo de granos sanos, granos vanos, granos vanos sin mancha y granos vanos manchado, granos manchados. Sus componentes de rendimiento provienen de esas mismas 10 panículas cosechadas y se procedió a pesar sus 1 000 granos, la fertilidad de espigas, granos llenos. Además, la densidad poblacional se obtuvo utilizando un marco de 1 metro cuadrado y se logró obtener la cantidad de panículas y la cantidad granos y peso en un metro cuadrado para determinar el rendimiento de grano.

4.5 Análisis de datos

Para el análisis de varianza fue utilizado el programa estadístico SAS. Se hizo un análisis no paramétrico según Friedman y se hizo una prueba de normalidad de datos mediante Shapiro-Wilk para aquellas variables cuyos valores provenían de porcentajes tales como: incidencia, severidad, control. Se utilizó los Rangos Múltiples de Tukey con 95% de confianza. En el caso de la identificación de los patógenos causantes del manchado de grano, se obtuvo la frecuencia relativa porcentual de cada uno de ellos y se graficó.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Identificación de los agentes causales de manchado de grano

Se identificaron ocho géneros de hongos y dos géneros de bacterias como agentes causales primarios de manchado de grano en panículas de arroz (Anexos 9, 10, 11, 12 y 13). Las frecuencias relativas porcentuales de cada uno de los patógenos encontrados fueron las siguientes: *Curvularia lunata* 28%, *Fusarium moniliforme* 17%, *Nigrospora oryzae* 13%, *Burkholderia glumae* 11%, *Phyllosticta* sp 7%, *Pseudomonas fuscovaginae* 6%, *Trichoconiella padwickii* (antes *Alternaria padwickii*) 6%, *Alternaria alternata* 6%, *Drechslera oryzae* 4% y *Bipolaris oryzae* 2% (Figura 1).

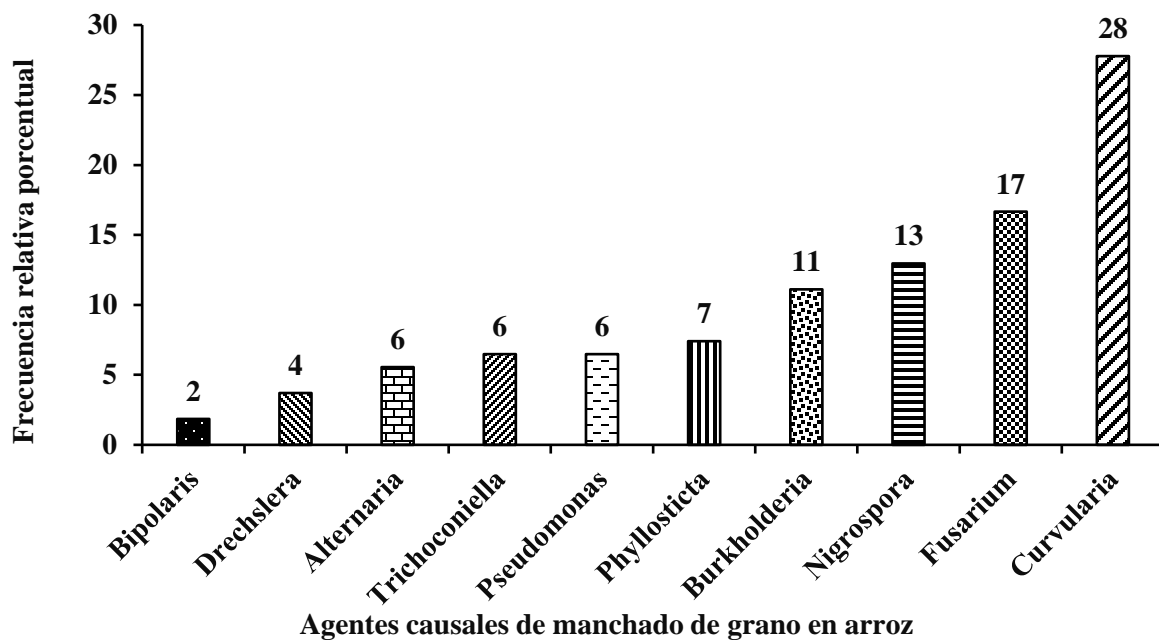


Figura 1. Frecuencia relativa porcentual de los agentes causales de manchado de grano encontrados en panículas de arroz.

En estudios previos se informa que varios hongos están asociados con el manchado de grano de la panícula de arroz tales como *Alternaria padwickii*, *Pyricularia oryzae*, *Bipolaris oryzae*, *Fusarium moniliforme*, *F. graminearum*, *Nigrospora oryzae*, *Phoma sorghina*, *Dichotomophthoropsis nymphacearum*, *Heterosporium echinulatum*, *Curvularia lunata* y *Alternaria alternata* (Arshad *et al.*, 2009). En el presente estudio se encontraron seis géneros de los hongos que se reportan en el estudio mencionado anteriormente.

Con respecto a la predominancia de algún género de hongo en particular, en un estudio llevado a cabo por Chhabra y Vij (2020) reportan que *Curvularia lunata* fue el más predominante y constituyó un 29% del total de los hongos encontrados en panículas manchadas de arroz. El presente estudio coincide con esa investigación previa, ya que *C. lunata* tuvo una frecuencia relativa porcentual de 28% con respecto a los demás patógenos encontrados en las panículas manchadas. Además, coincide con la investigación realizada por Persaud *et al.*, (2020), los cuales indican que la identificación inicial reveló que *C. lunata* fue predominante en los granos de arroz con expresión de síntomas de decoloración del grano de muestras recolectadas en varios lugares de Guyana.

Según Khamari (2020), se ha encontrado un 28%-32% de ocurrencia de bacterias como *Pseudomonas avenae*, *P. fuscovaginae*, *P. syringae* var. *oryzicola* y *Burkholderia glumae* causando decoloración o manchado de panículas de arroz. Esos porcentajes de ocurrencia de bacterias manchando el grano no coinciden con los encontrados en el presente estudio, ya que la frecuencia relativa porcentual de *B. glumae* y *P. fuscovaginae* fueron 11% y 6% respectivamente.

5.2 Comportamiento del manchado de grano

El comportamiento de la enfermedad manchado del grano se examinó mediante el registro de la incidencia y la severidad en tres estadios fenológicos del cultivo de arroz que se consideran críticos para la formación del rendimiento. Los tres estadios fenológicos fueron: estado lechoso (EL), estado pastoso (EP) y estado de madurez (EM).

5.2.1 Incidencia de manchado de grano

El ANDEVA demostró que hubo diferencias significativas ($p < 0.0001$; $\alpha = 0.05$) dentro de los tratamientos en la incidencia de manchado de grano. En el tratamiento Amylo-X[®] 98.85 SC se registró la menor incidencia con 17%, mientras que en los tratamientos Tacre-Bacillus Plus[®] 2 SC y Serenade[®] 1.34 SC la incidencia fue de 35% y 38% respectivamente. En el Testigo se observó el valor promedio más alto de incidencia con 67% (Figura 2).

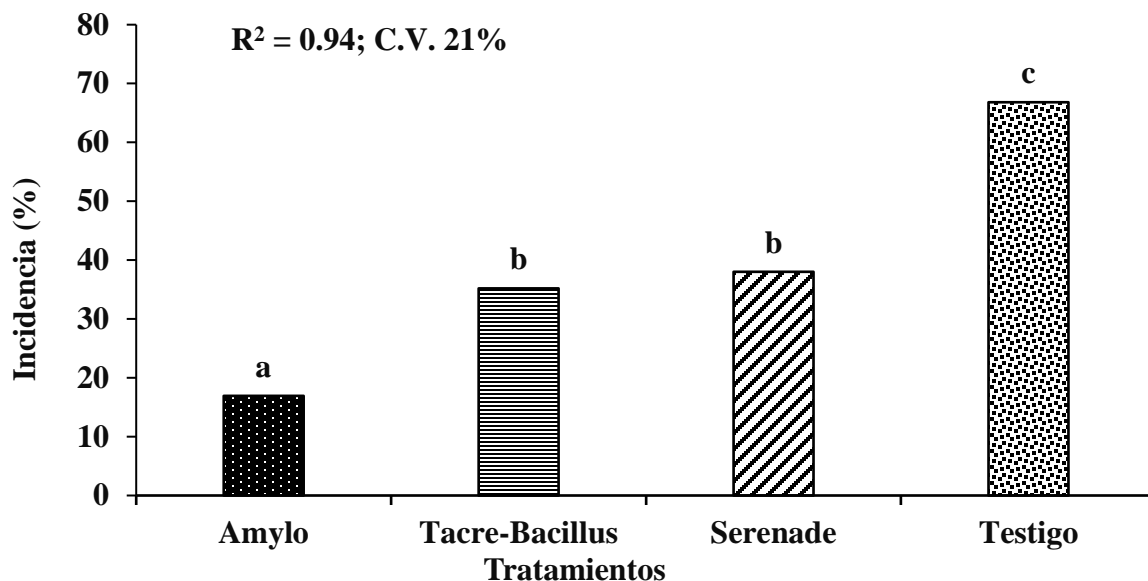


Figura 2. Valor promedio de incidencia de manchado de grano en los tratamientos.

En cuanto a la interacción estado fenológico \times tratamientos, donde se aplicó Amylo-X[®] 98.85 SC, se presentó la menor incidencia con 20%, 17% y 14% en estado lechoso (EL), estado pastoso (EP) y estado maduro (EM) respectivamente y se diferenció estadísticamente del resto de tratamientos a partir del estado pastoso (Cuadro 5). En una investigación llevada a cabo por Kakar *et al.*, (2014), se encontró que los metabolitos de *Bacillus amyloliquefaciens* redujeron significativamente hasta un 17% la incidencia de la bacteria *Pseudomonas fuscovaginae*, la cual es uno de los agentes causales del manchado de grano en arroz.

En estudio realizado por Shrestha *et al.*, (2016) reportan que *Bacillus* sp, en condiciones de campo suprimió significativamente el desarrollo de *Burkholderia glumae*, agente causal del manchado de la panícula de arroz. En otra investigación, Pedraza-Herrera *et al.*, (2021) indican que *Bacillus* sp, mostraron una reducción significativa de los síntomas de *B. glumae* y un incremento en el rendimiento de hasta 2 t ha⁻¹.

Cuadro 5. Incidencia de manchado de grano en los diferentes tratamientos evaluados

Tratamientos	EL (90 DDG)	EP (101 DDG)	EM (114 DDG)
Amylo-X [®] 98.85 SC (T1)	20 b	17 c	14 c
Serenade [®] 1.34 SC (T2)	36 a	40 b	37 b
Tacre-Bacillus Plus [®] 2 SC (T3)	32 b	37 b	37 b
Testigo (T4)	57 a	68 a	75 a
C.V. (%)	20	20	22
R ²	0.81	0.87	0.89

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

5.2.2 Severidad de manchado de grano

El análisis de varianza indicó que hubo diferencias significativas ($p < 0.0001$; $\alpha = 0.05$) dentro de los tratamientos para la variable severidad de manchado de grano. En el tratamiento Amylo-X[®] 98.85 SC se registró el menor valor promedio de severidad con 9%, mientras que en los tratamientos Tacre-Bacillus Plus[®] 2 SC y Serenade[®] 1.34 SC la severidad fue de 15% y 18% respectivamente. En el Testigo se observó el valor promedio más alto de severidad con 24% (Figura 3).

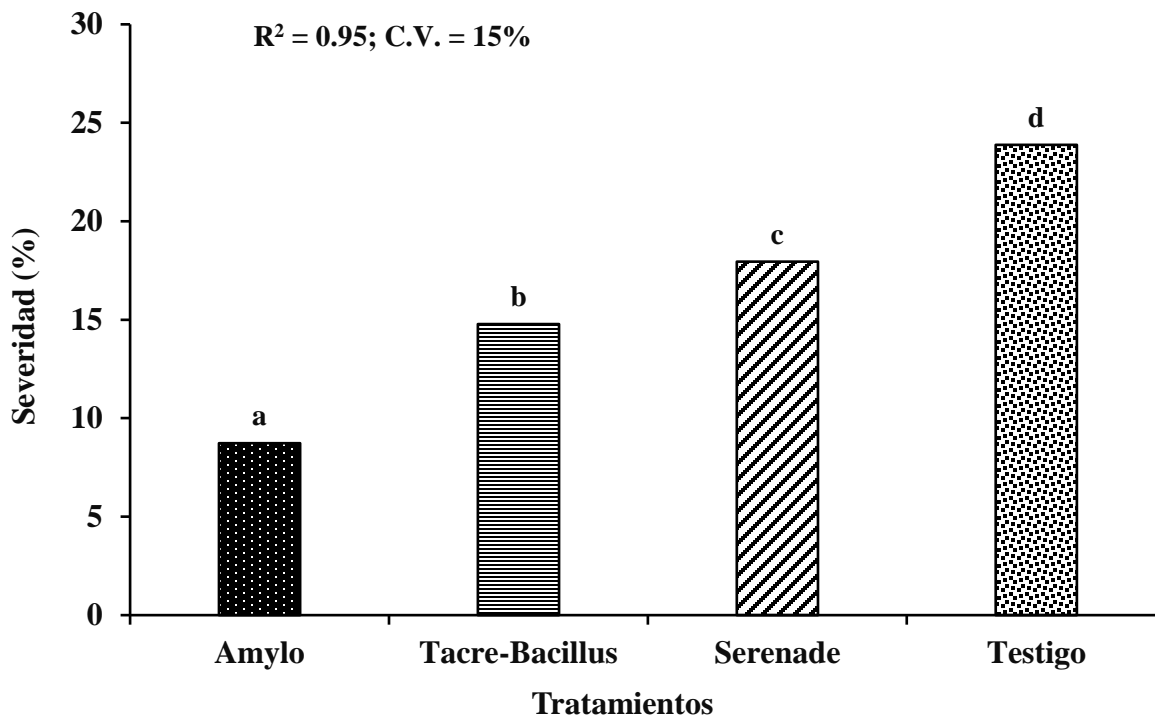


Figura 3. Valor promedio de severidad de manchado de grano en los tratamientos.

En relación con la interacción estado fenológico × tratamientos, en el tratamiento donde se aplicó el bioplaguicida Amylo-X[®] 98.85 SC, se observaron los menores valores de severidad 9.9%, 8.7% y 7.6% en el estado lechoso, pastoso y maduro respectivamente y se diferenció estadísticamente del resto de tratamientos en los tres estadios fenológicos antes mencionados. (Cuadro 6).

Cuadro 6. Severidad de manchado de grano en los diferentes tratamientos evaluados

Tratamientos	EL (90 DDG)	EP (101 DDG)	EM (114 DDG)
Amylo-X [®] 98.85 SC (T1)	9.9 b	8.7 c	7.6 c
Serenade [®] 1.34 SC (T2)	18.7 a	17.9 b	17.3 b
Tacre-Bacillus Plus [®] 2 SC (T3)	13.0 a	16.1 b	15.3 b
Testigo (T4)	19.4 a	26.0 a	26.3 a
C.V. (%)	21	24	26
R ²	0.67	0.75	0.75

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

La severidad de grano manchado fue más alta en los primeros dos estados de formación de grano lechoso y pastoso, debido a la alta traslocación de nutrientes como carbohidratos, lípidos, proteínas y vitaminas que ocurre de la hoja bandera y hoja secundaria hacia la formación y llenados de granos; por lo tanto, los agentes causales de enfermedad relacionados al complejo de manchado de grano se vuelven muy activos e incrementa su patogenicidad y daños de granos.

5.2.3 Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE)

El análisis de varianza indicó que hubo diferencia significativa ($p = 0.0043$; $\alpha = 0.05$) entre los tratamientos en relación con en el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE). En el tratamiento donde se aplicó Amylo-X[®] 98.85 SC se registró el valor más bajo del ABCPE (243 %-días), por lo tanto, obtuvo la menor acumulación de severidad de la enfermedad durante todas las evaluaciones del proceso de formación de grano; sin embargo, no se diferenció estadísticamente del tratamiento donde se aplicó Tacre Bacillus Plus[®] 2 SC, cuyo valor del ABCPE fue de 470 %-días. El Testigo fue el tratamiento que presentó el valor más alto del ABCPE con 657 %-días (Figura 4).

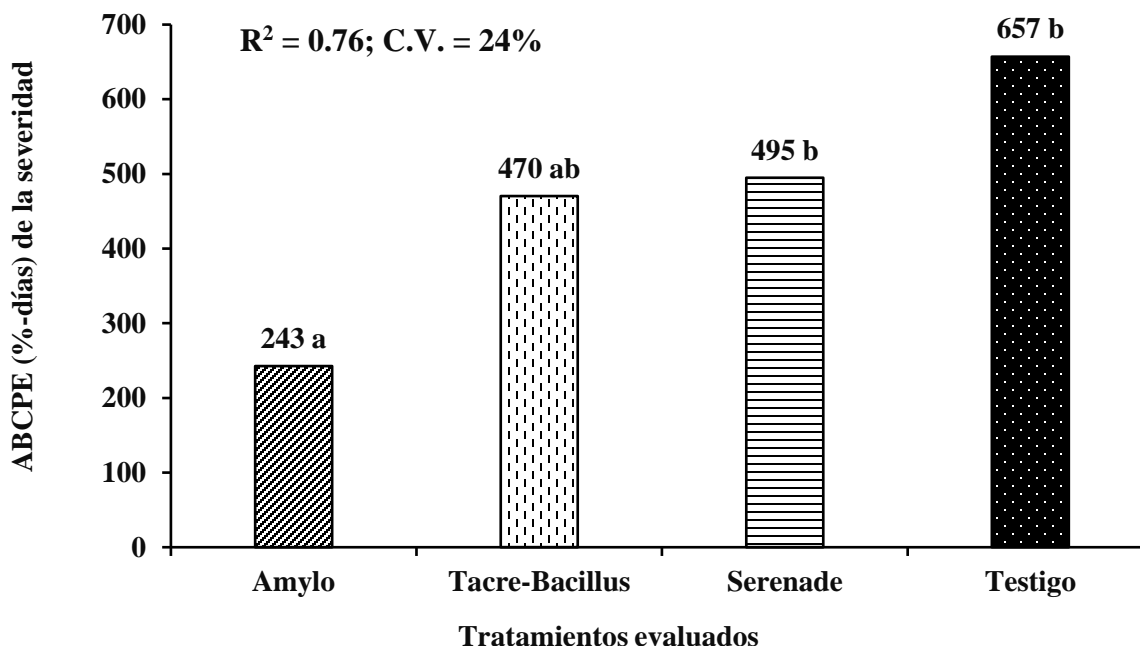


Figura 4. Área bajo la curva de progreso del manchado de grano de arroz en los tratamientos evaluados.

Aunque en el presente estudio no se encontró un estudio específico donde se investigara el efecto de formulaciones de biofungicidas a base de la bacteria del género *Bacillus* sobre los agentes causales del manchado de grano en arroz, se ha informado que las cepas de *B. amyloliquefaciens* son un buen agente de control biológico para enfermedades en otros cultivos, incluida la marchitez bacteriana, el mildiú polvoriento del tomate (Tan *et al.*, 2013; Yamamoto *et al.*, 2015) y la marchitez bacteriana del maní (Wang y Liang, 2014).

5.3 Control sobre el manchado de grano en arroz

El análisis de varianza demostró que hubo diferencias significativas ($p < 0.0001$; $\alpha = 0.05$) en los valores promedio de control de manchado de grano entre los tratamientos. En el tratamiento donde se aplicó el bioplaguicida Amylo-X[®] 98.85 SC se registró el valor promedio más alto de control con un 91% y se diferenció estadísticamente del resto de tratamientos. Los tratamientos donde se aplicaron los bioplaguicidas Tacre Bacillus Plus[®] 2 SC y Serenade[®] 1.34 SC el control alcanzó un 84% y 82% respectivamente y no hubo diferencias significativas entre ellos (Figura 5).

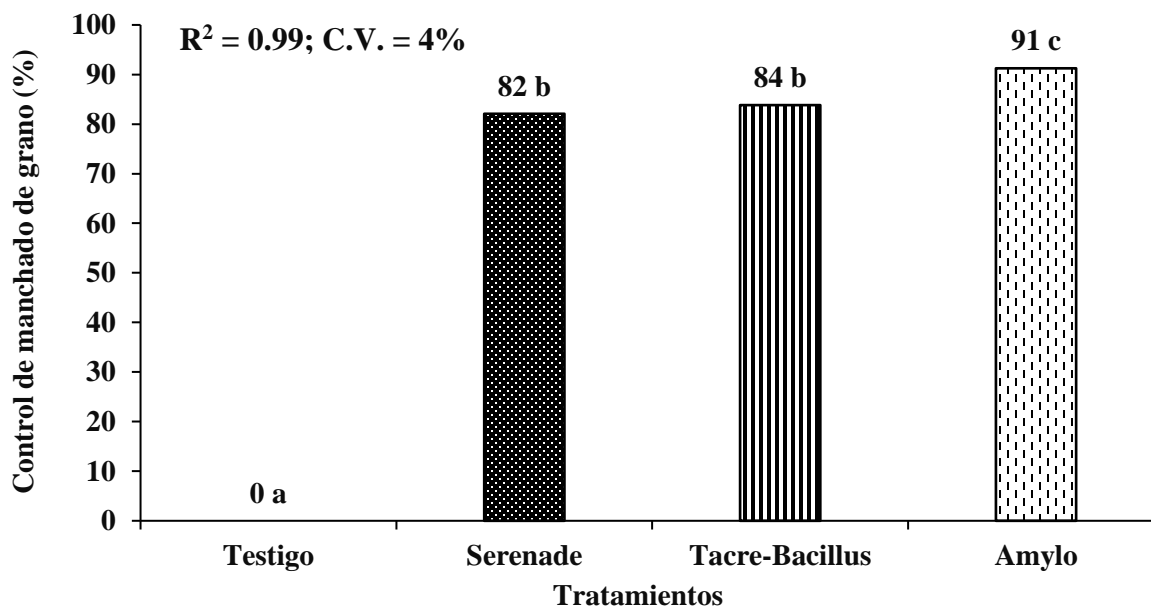


Figura 5. Valores promedio de control de manchado de grano de arroz en los diferentes tratamientos.

Cuando se examinó la interacción entre los tratamientos y los tres estados fenológicos (lechoso, pastoso y de madurez) se constató que hubo diferencias significativas ($p < 0.0001$; $\alpha = 0.05$). Los valores más alto de control en estado lechoso (90%), estado pastoso (91%) y estado de madurez (92%) se observaron en el tratamiento donde se aplicó el bioplaguicida Amylo-X[®] 98.85 SC. En el tratamiento donde se aplicó el bioplaguicida Tacre Bacillus Plus[®] 2 SC los valores de control en estado lechoso, pastoso y de madurez fueron de 83%, 84% y 85% respectivamente. En el tratamiento donde se utilizó el bioplaguicida Serenade[®] 1.34 SC se alcanzaron valores de control de 81%, 82% y 83% en el estado lechoso, pastoso y de madurez respectivamente (Figura 6).

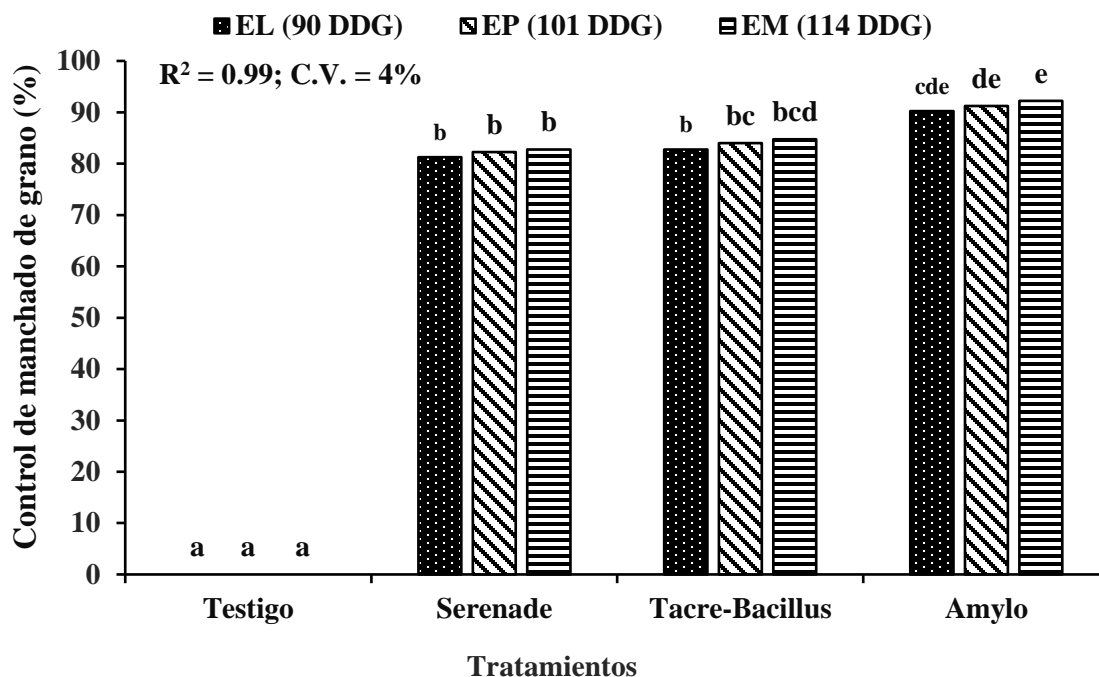


Figura 6. Porcentaje de control de manchado de grano en los tratamientos en tres estados fenológicos del cultivo de arroz. DDG = días después de la germinación; EL = estado lechoso; EP = estado pastoso; EM = estado de madurez.

En experimentos de invernadero, Kakar *et al.*, (2014) reportan que la cepa Bk7 de la bacteria *B. amyloliquefaciens* mostró una eficacia de control biológico del 76.6% contra *Pseudomonas fuscovaginae* (agente causal de manchado de grano) al reducir la incidencia de la enfermedad al 16.9%, en comparación con el 72.8 % observado en el tratamiento de control. En el presente estudio, el porcentaje de control en campo en el tratamiento donde se aplicó el bioplaguicida Amylo-X[®] 98.85 SC (*B. amyloliquefaciens*) fue de 91%, lo cual supera en un 14.4% a los resultados obtenidos por los autores antes mencionados.

5.4 Componentes del rendimiento de grano de arroz

5.4.1 Parámetros ligados al rendimiento

Durante el estado maduro de grano el ANDEVA indicó que hubo diferencias significativas ($p < 0.0001$; $\alpha = 0.05$) entre los tratamientos. En el tratamiento Amylo-X[®] 98.85 SC se obtuvo el mayor número de granos llenos por panícula con 94, mayor porcentaje fertilidad de espiguillas con 86%. En relación con el peso de mil granos, los tratamientos Amylo-X[®] 98.85 SC, Serenade[®] 1.34 SC y el Testigo obtuvieron los mismos valores con 26 g y se diferenciaron

estadísticamente del tratamiento donde se aplicó el bioplaguicida Tacre Bacillus Plus[®] 2 SC. Con respecto a la densidad poblacional, es decir número de tallos por m², en el tratamiento Serenade[®] 1.34 SC se registró el valor más alto con 373 tallos m⁻² (Cuadro 7).

Cuadro 7. Componentes de rendimiento de grano en la Finca El Coyal, Malacatoya.

Tratamientos	Estado maduro			
	GLLPP	FE (%)	PMG (g)	DP
T1 Amylo-X [®] 98.85 SC	94 a	86 a	26 a	345 b
T2 Serenade [®] 1.34 SC	90 ab	80 b	26 a	373 a
T3 Tacre Bacillus Plus [®] 2 SC	83 ab	78 b	23 b	364 a
T4 Testigo	71 b	69 c	26 a	334 c
C.V %	10	6	7	4
R ²	0.67	0.71	0.53	0.79
Tukey 0.05 %	*	*	*	*

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$); GLLPP = granos llenos por panícula; FE = fertilidad de espiguillas (%); PMG = peso de mil granos (g); DP = densidad poblacional (tallos m⁻²).

5.4.2 Porcentaje de granos vanos, granos vanos sin manchas y granos vanos manchados

El análisis de varianza mostró que hubo diferencias significativas entre los tratamientos con respecto al porcentaje de grano vano ($p < 0.0001$; $\alpha = 0.05$), grano vano sin manchas ($p < 0.0001$; $\alpha = 0.05$) y grano vano manchado ($p < 0.0001$; $\alpha = 0.05$). En el tratamiento donde se aplicó el bioplaguicida Amylo-X[®] 98.85 SC se observó el porcentaje más bajo de grano vano (GV) con 18% y de grano vano manchado (GVM) con 19%, sin embargo, en este mismo tratamiento también se registró el porcentaje más alto de grano vano sin manchas (GVSM) con 81%. Los tratamientos Tacre-Bacillus Plus[®] 2 SC y Serenade[®] 1.34 SC obtuvieron el mismo porcentaje de GV con 24% y no se diferenciaron estadísticamente (Figura 7).

En cuanto al porcentaje de GVM, el tratamiento Tacre-Bacillus Plus[®] 2 SC registró un 33%, mientras que el tratamiento Serenade[®] 1.34 SC obtuvo un 42% y se diferenciaron estadísticamente. Al contrario, cuando se examinó el porcentaje de GVSM, el tratamiento Serenade[®] 1.34 SC presentó un 58% y en el tratamiento Tacre-Bacillus Plus[®] 2 SC se observó un 67% y hubo diferencias significativas entre estos dos tratamientos (Figura 7).

El ANDEVA indicó diferencias significativas ($p = 0.0048$; $\alpha = 0.05$) en el porcentaje de granos vanos (GV) entre los estados fenológicos (lechoso, pastoso y madurez). En el estado lechoso (90 DDG) se observó el mayor porcentaje de GV con 29% y se diferenció estadísticamente de los estados de madurez y pastoso los cuales obtuvieron 23% y 24% respectivamente, los cuales, a su vez, no mostraron diferencias significativas entre ellos. En el caso del porcentaje de granos vanos sin manchas (GVSM) y granos vanos manchados (GVM), no hubo diferencias significativas entre los estados fenológicos ($p = 0.3749$; $\alpha = 0.05$; y $p = 0.3749$; $\alpha = 0.05$ respectivamente). El mayor porcentaje de GVSM correspondió al estado de madurez con 64%, mientras que el mayor porcentaje de GVM fue registrado en el estado lechoso con 38% (Cuadro 8).

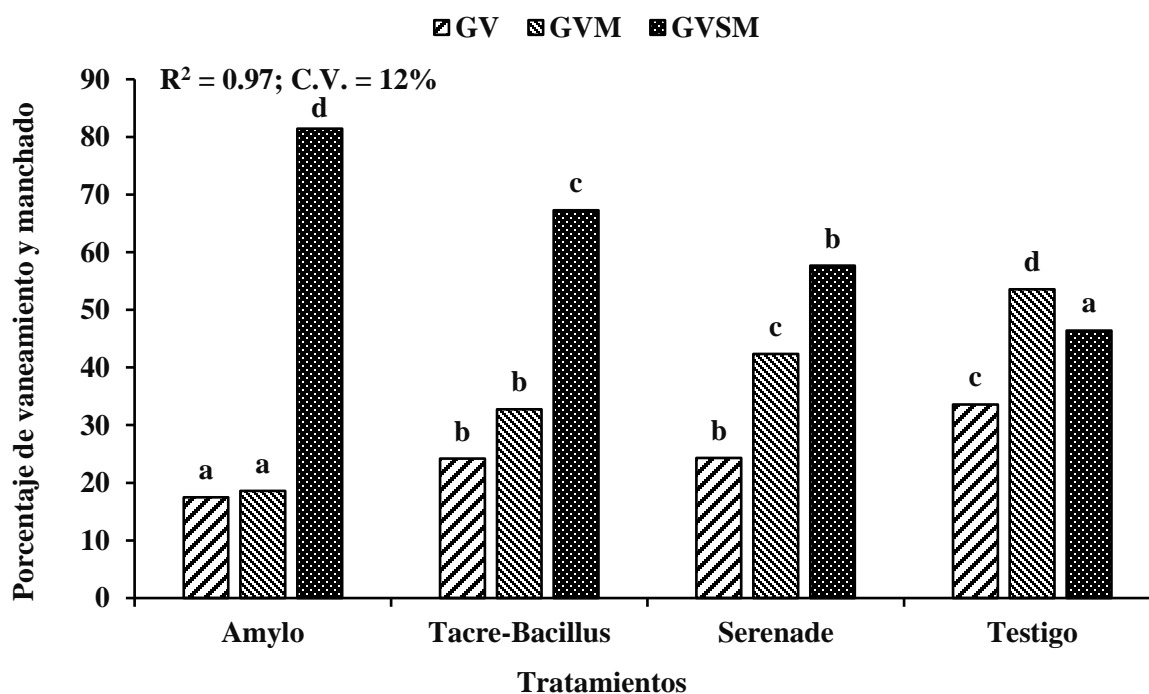


Figura 7. Porcentaje de grano vano (GV), grano vano manchado (GVM) y grano vano sin manchas (GVSM).

Cuadro 8. Porcentaje de grano vano, grano vano sin manchas y grano vano manchado en los estados fenológicos lechoso, pastoso y madurez.

Estado	GV ¹	GVSM ²	GVM ³
Lechoso	29 b	62 a	38 a
Pastoso	24 a	63 a	37 a
Madurez	23 a	64 a	36 a
R ²	0.86	0.97	0.97
C.V. (%)	19	6	11

¹GV = grano vano; ²GVSM = grano vano sin manchas; ³GVM = grano vano manchado

Con respecto a la interacción entre los estados fenológicos y los tratamientos para el porcentaje de granos vanos (GV), el ANDEVA no detectó diferencias significativas ($p = 0.5687$; $\alpha = 0.05$), pero sí hubo diferencias significativas en la interacción estado fenológico \times tratamientos ($p = 0.0031$; $\alpha = 0.05$) para el porcentaje de GVSM y porcentaje de GVM. Los porcentajes más altos de GVSM se registraron en el tratamiento donde se aplicó el bioplaguicida Amylo-X[®] 98.85 SC con 77%, 82% y 86% en los estados lechoso, pastoso y madurez respectivamente. En el testigo se presentaron los porcentajes más bajos de GVSM con 53%, 45% y 41% en los estados lechoso, pastoso y madurez respectivamente (Figura 8).

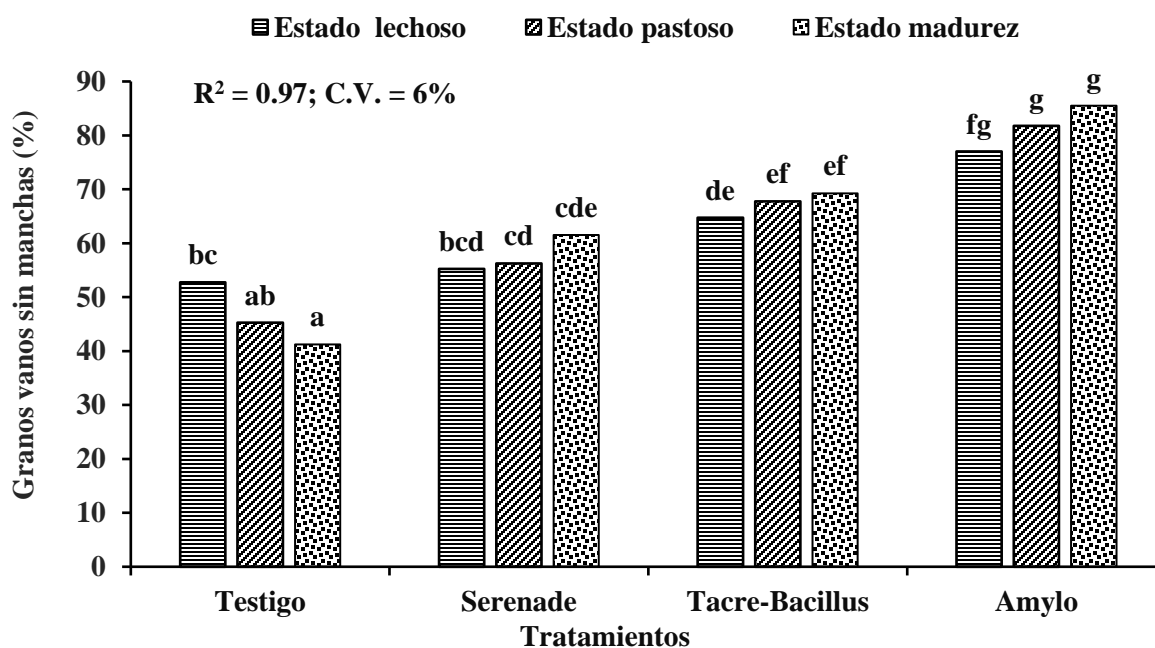


Figura 8. Porcentajes de grano vano sin manchas (GVSM) encontrados en los estados lechoso, pastoso y madurez en los tratamientos evaluados.

Por un lado, los porcentajes más bajos de GVM se registraron en el tratamiento donde se aplicó el bioplaguicida Amylo-X[®] 98.85 SC con 23%, 18% y 15% en los estados lechoso, pastoso y madurez respectivamente. Por otro lado, en el testigo se presentaron los porcentajes más altos de GVM con 47%, 55% y 59% en los estados lechoso, pastoso y madurez respectivamente (Figura 9).

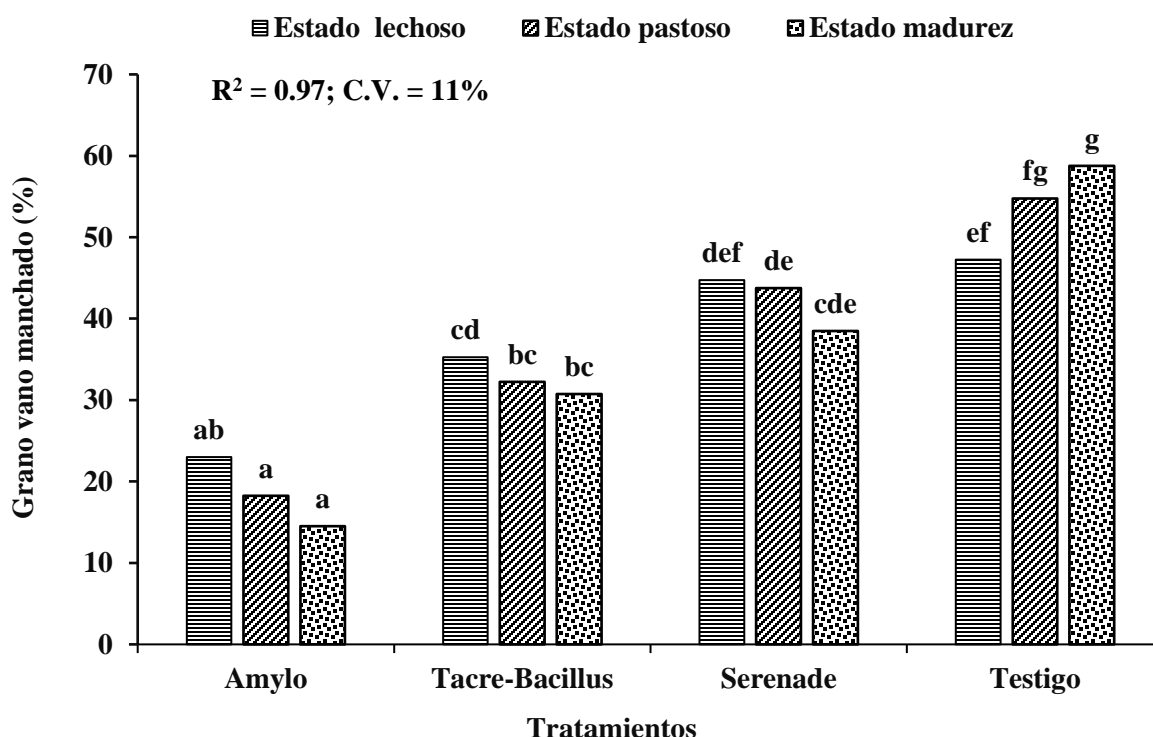


Figura 9. Porcentajes de grano vano manchado (GVM) encontrados en los estados lechoso, pastoso y madurez en los tratamientos evaluados.

5.4.3 Rendimiento de grano de arroz

El ANDEVA reveló diferencias significativas ($p = 0.008$; $\alpha = 0.05$) entre los tratamientos en el rendimiento expresado en kg ha^{-1} y/o t ha^{-1} . En el tratamiento Amylo-X[®] 98.85 SC se obtuvo el mayor rendimiento con $7\,077 \text{ kg ha}^{-1}$ (7.1 t ha^{-1}) y solo se diferenció estadísticamente del Testigo en el cual se registró un rendimiento de $5\,210 \text{ kg ha}^{-1}$ (5.2 t ha^{-1}). En los tratamientos Tacre-Bacillus Plus[®] 2 SC y Serenade[®] 1.34 SC se observaron rendimientos de $6\,228 \text{ kg ha}^{-1}$ (6.2 t ha^{-1}) y $6\,402 \text{ kg ha}^{-1}$ (6.4 t ha^{-1}) respectivamente y fueron estadísticamente similares al tratamiento Amylo-X[®] 98.85 SC (Figura 10).

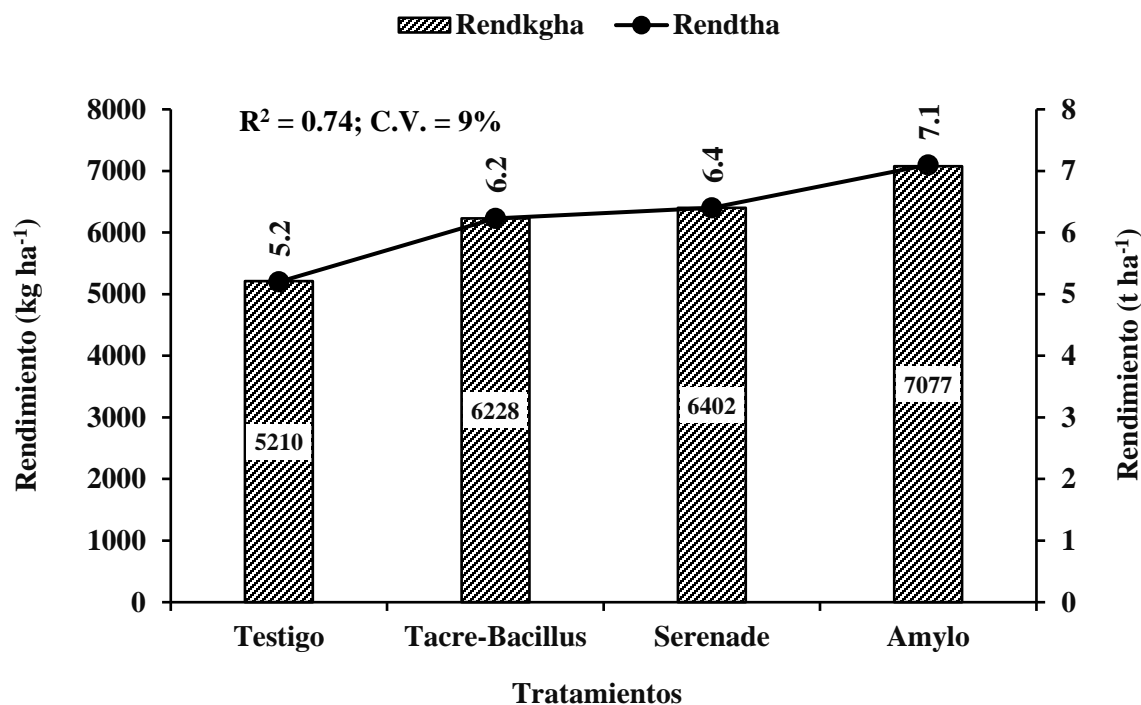


Figura 10. Rendimiento de grano de la variedad ANAR 97 en la Finca El Coyol, Malacatoya, Granada, 2016.

El rendimiento es un rasgo complejo que está controlado por muchos factores, como el poligenismo, el medio ambiente y la variabilidad genética (Usman *et al.*, 2017). En este estudio el rendimiento se ubicó en el rango que está establecido para la variedad ANAR 97 (6 451 kg ha⁻¹ – 7 740 kg ha⁻¹) en los tratamientos donde se aplicaron los bioplaguicidas Serenade[®] 1.34 SC (6 402 kg ha⁻¹) y Amylo-X[®] 98.85 SC (7 077 kg ha⁻¹). En el tratamiento donde se aplicó el bioplaguicida Tacre Bacillus Plus[®] 2 SC, el rendimiento se situó levemente por debajo del límite inferior del rango (6 228 kg ha⁻¹), lo cual se podría considerar aún muy bueno ya que en el Testigo se obtuvieron 1 018 kg (1.0 t) menos que en el tratamiento antes mencionado.

En un estudio llevado a cabo en Nicaragua por Aguilar Bustamante *et al.*, (2017) reportan un rendimiento de la variedad ANAR 97 de 6 060.61 kg ha⁻¹ con manejo convencional del cultivo. El rendimiento obtenido en el presente estudio supera al obtenido por Aguilar Bustamante *et al.*, (2017) y tiene la ventaja que se usaron únicamente productos biológicos para el manejo del manchado de grano.

En la presente investigación se utilizaron tres formulaciones de bioplaguicidas a base de la bacteria del género *Bacillus* – Amylo-X[®] 98.85 SC (*B. amyloliquefaciens* D747; actualmente conocida *B. velezensis* D747; Fang *et al.*, 2018); Serenade[®] 1.34 SC (*Bacillus subtilis* QST 713; actualmente conocida como *B. velezensis* QST 713; Ngalimat *et al.*, 2021); y Tacre Bacillus Plus[®] 2 SC (*Bacillus subtilis* D125 y D126, *Bacillus megaterium* BM185, *Bacillus licheniformis* BL201, BL226).

Las especies de *Bacillus* se encuentran entre los agentes de control biológico más investigados, es decir, bioplaguicidas que contribuyen a la supresión de patógenos de plantas por antagonismo y/o competencia (Mnif y Ghribi, 2015). La inhibición del crecimiento de patógenos por *Bacillus spp.* implica la participación de mecanismos como la competencia por nutrientes y espacio, la producción de antibióticos, enzimas hidrolíticas, sideróforos y/o la inducción de resistencia sistémica (Beneduzi *et al.*, 2012). *Bacillus spp.* también pueden actuar como biofertilizantes o bioestimuladores, ya sea facilitando la captación de ciertos nutrientes del medio ambiente (fijación de nitrógeno, solubilización de fosfato), o proporcionando a la planta un determinado compuesto mediante la biosíntesis de hormonas vegetales (Ngalimat *et al.*, 2021).

VI. CONCLUSIONES

- Se identificaron ocho géneros de hongos y dos géneros de bacterias como agentes causales primarios de manchado de grano en panículas de arroz, siendo *Curvularia lunata* el hongo más predominante y la bacteria *Burkholderia glumae* predominó sobre *Pseudomonas fuscovaginae*.
- El tratamiento donde se aplicó el bioplaguicida Amylo-X[®] 98.85 SC presentó los menores valores de incidencia (14%), severidad (7.6%) y del área bajo la curva de progreso de manchado de grano (243%-días) con 14.0%, 7.6% y 243%-días en la etapa de madurez de grano.
- En el tratamiento Amylo-X[®] 98.85 SC se registró el porcentaje más alto de control del manchado de grano con un 91%.
- El rendimiento más alto (7.1 t ha⁻¹) se observó en el tratamiento donde se aplicó el bioplaguicida Amylo-X[®] 98.85 SC.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso de bioplaguicidas a base de bacterias tales como *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium* y *Bacillus licheniformis* ya que presentan alta eficacia biológicas en el manejo de los agentes causales del complejo del manchado de grano de arroz.
- El uso de controladores biológicos permite reducir las cargas químicas en el cultivo de arroz que es bien demandado de fungicidas sistémicos y de contacto a nivel comercial en las principales zonas arroceras de nuestro país.

VIII. LITERATURA CITADA

- Agbowuro, GO; Afolabi, MS; Olamiriki, EF; Awoyemi, SO. 2020. Rice blast disease (*Magnaporthe oryzae*): A menace to rice production and humanity. International Journal of Pathogen Research 4(3):32-39.
- Aguilar Bustamante, V; Méndez, C; Treminio Artola, E; Loáisiga Vallecillo, L. 2017. Evaluación agronómica de nueve líneas avanzadas de arroz (*Oriza sativa* L.) y dos testigos comerciales bajo condiciones de riego por inundación, Sébaco, Matagalpa. La Calera 17(29):51-56.
- ANAR, 2000. Asociación Nicaragüense de Arroceros. Proyecto de validación y transferencia de tecnologías. Historial del trabajo de selección y liberación de la línea 203 (CT-8837-1-17-6-3-MIC) como variedad ANAR 97. Managua, 25 agosto del 2000. 7 p.
- Arshad, HMI; Naureen, S; Saleem, K; Ali, S; Jabeen, T; Babar, MM. 2015. Morphological and biochemical characterization of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* isolates collected from Punjab during 2013. Advancements in Life Sciences 2(3):125-130.
- Arshad, HMI; Khan, JA; Naz, S; Khan, SN; Akram, M. 2009. Grain discoloration disease complex: A new threat for rice crop and management. Pakistan Journal of Phytopathology 21(1):31-36.
- Beneduzi, A; Ambrosini, A; Passaglia, L.M.P. 2012. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): Their potential as antagonists and biocontrol agents. Genet. Mol. Biol. 4:1044-1051.
- Bigirimana, VP; Hua, GKH; Nyamangyoku, OI; Höfte, M. 2015. Rice Sheath Rot: An emerging ubiquitous destructive disease complex. Frontiers in Plant Science 6:1-16.
- Chhabra, R; Vij, L. 2020. Grain discoloration and its management: an emerging threat to paddy cultivation. Journal of Plant Diseases and Protection 127:1-8.
- Cottyn, B; Cerez, MT; VanOutryve, MF; Barroga, J; Swings, J; Mew, TW. 1996. Bacterial diseases of rice 1. Pathogenic bacteria associated with sheath rot complex and grain discoloration of rice in the Philippines. Plant Disease 80(4):429-437.
- Couch, BC; Kohn, LM. 2002. A multilocus gene genealogy concordant with host preference indicates segregation of a new species, *Magnaporthe oryzae*, from *M. grisea*. Mycologia 94(4):683-693.
- Chadha, S; Gopalakrishna, T. 2006. Detection of *Magnaporthe grisea* in infested rice sedes using polymerase chain reaction. Journal of Applied Microbiology 100:1147-1153.

- Chandramani, B; Awadhiya, GK. 2014. Assessment of percent grain discoloration in important rice varieties. *International Journal of Current Research in Biosciences and Plant Biology* 1(4):61-64.
- Chen, M; Kang, XH. 2006. The research exploration to the effect of controlling rice sheath blight with *Bacillus* spp. Drt-11, Southwest China. *Journal of Agricultural Science* 19:53-57.
- Chaudhari, PR; Tamrakar, N; Singh, L; Tandon, A; Sharma, D. 2018. Rice nutritional and medicinal properties: A review article. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 7(2):150-156.
- Dogara, AM; Jumare, AI. 2014. Origin, distribution and heading date in cultivated rice. *International Journal of Plant Biology & Research* 2(1):1-6.
- Doni, F; Suhaimi, NSM; Mispan, MS; Fathurrahman, F; Marzuki, BM; Kusmoro, J; Uphoff, N. 2022. Microbial contributions for rice production: from conventional crop management to the use of ‘Omics’ technologies. *International Journal of Molecular Sciences* 23:1-22.
- Echeverri-Rico J; Petro E; Fory PA; Mosquera GM; Lang JM; Leach JE; Lobaton, JD; Garcés, G; Perafán, R; Amezquita, N; Toro, S; Mora, B; Cuasquer, JB; Ramirez-Villegas, J; Rebolledo, MC; Torres, EA. 2021. Understanding the complexity of disease-climate interactions for rice bacterial panicle blight under tropical conditions. *PLoS ONE* 16 (5):1-18.
- Eltis, D; Morgan, P; Richardson, D. 2007. Agency and diaspora in Atlantic history: reassessing the African contribution to rice cultivation in the Americas. *American Historical Review* 112(5):1329-1358.
- Fang, B; Wang, C; Song, X; Ding, X; Wu, L; Wu, H; Gao, X; Borriss, R. 2018. *Bacillus velezensis* FZB42 in 2018: The Gram-positive model strain for plant growth promotion and biocontrol. *Frontiers in Microbiology* 9:1-14.
- Fernandez, J; Orth, K. 2018. Rise of a cereal killer: the biology of *Magnaporthe oryzae* biotrophic growth. *Trends in Microbiology* 26(7):582-597.
- French, E; Hebert, T. 1980. *Métodos de investigación fitopatológica*. San José, Costa Rica. IICA. 150 p.
- Godfray, HCJ.; Beddington, JR; Crute, IR; Haddad, L; Lawrence, D; Muir, JF; Pretty, J; Robinson, S; Thomas, SM; Toulmin, C. 2010. Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science* 327:812-818.
- Govindappa, M; Umesha, S; Lokesh, S. 2011. *Adathoda vasica* leaf extract induces resistance in rice against bacterial leaf blight disease (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*). *International Journal of Plant Physiology and Biochemistry* 3(1):6-14.

- Guilpart, N; Grassini, P; Sadras, VO; Timsina, J; Cassman, KG. 2017. Estimating yield gaps at the cropping system level. *Field Crops Research* 206:21-32.
- INETER. 2016. Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. Boletín informativo de las condiciones climáticas de Malacatoya. 7 p.
- Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria (IPSA). 2020. Lista de plagas reglamentadas, Nicaragua 2020. <https://www.ipsa.gob.ni/Sanidad-Vegetal-y-Semilla/Vigilancia>.
- International Rice Research Institute (IRRI). 2013. Standard Evaluation System (SES) for Rice. 5th Edition. Manila, Philippines. 65 p.
- Iyer-Pascuzzi, AS; McCouch, SR. 2007. Recessive resistance genes and the *Oryza sativa*-*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* pathosystem. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 20(7): 731-739.
- James, WC. 1974. Assessment of plant diseases and losses. *Annual Review of Phytopathology* 12:27-48.
- Kakar, KU; Duan, Y-P; Nawaz, Z; Sun, G; Almoneafy, AA; Hassan, MA; Elshakh, A; Li, B; Xie, G-L. 2014. A novel rhizobacterium BK7 for biological control of brown sheath rot of rice caused by *Pseudomonas fuscovaginae* and its mode of action. *European Journal Plant pathology* 138:819-834.
- Kalita, T; Gohain, UP; Hazarika, J. 2021. Effect of different processing methods on the nutritional value of rice. *Current Research in Nutrition and Food Science* 09 (2):683-691.
- Karnwal, A; Mannan, M. 2018. Application of *Zea mays* L. rhizospheric bacteria as promising biocontrol solution for rice sheath blight. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science* 41(4):1613-1626.
- Kazempour, MN. 2004. Biological control of *Rhizoctonia solani*, the causal agent of rice sheath blight by antagonistic bacteria in greenhouse and field conditions. *Plant Pathology Journal* 3:88-96.
- Khamari, B. 2020. Grain discolouration: An emerging threat to rice crop. *Research Biotica* 2(2):080-087.
- Kongcharoen, N; Kaewsalong, N; Dethoup, T. 2020. Efficacy of fungicides in controlling rice blast and dirty panicle diseases in Thailand. *Scientific Reports* 10:1-7.
- Kumar, KVK; Reddy, MS; Kloepper, JW; Lawrence, KS; Groth, DE; Miller, ME. 2009. Sheath blight disease of rice (*Oryza sativa* L.) - an overview. *Biosciences Biotechnology Research Asia* 6:465-480.

- Kumar, P; Ahlawat, S; Chauhan, R; Kumar, A; Singh, R; Kumar, A. 2018. In vitro and field efficacy of fungicides against sheath blight of rice and post-harvest fungicide residue in soil, husk, and brown rice using gas chromatography-tandem mass spectrometry. *Environmental Monitoring and Assessment* 190(9):503.
- Lal, M; Sharma, S; Chakrabarti, SK; Kumar, M. 2017. Thifluzamide 24% SC: a new molecule for potato tubers treatment against black scurf disease of potato caused by *Rhizoctonia solani*. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 6(6):370-375.
- Law, JW-F; Ser, H-L; Khan, TM; Chuah, L-H; Pusparajah, P; Chan, K-G; Goh, B-H; Lee L-H. 2017. The potential of *Streptomyces* as biocontrol agents against the rice blast fungus, *Magnaporthe oryzae* (*Pyricularia oryzae*). *Frontiers in Microbiology* 8:1-10.
- Li, G; Wang, L; Yang, J; He, H; Jin, H; Li, X; Ren, T; Ren, Z; Li, F; Han, X; Zhao, X; Dong, L; Li, Y; Song, Z; Yan, Z; Zheng, N; Shi, C; Wang, Z; Yang, S; Xiong, Z; Zhang, M; Sun, G; Zheng, X; Gou, M; Ji, C; Du, J; Zheng, H; Doležal, J; Deng, XW; Stein, N; Yang, Q; Zhang, K; Wang, D. 2021. A high-quality genome assembly highlights rye genomic characteristic and agronomically important genes. *Nature Genetics* 53(4):574-584
- Lloyd, BJ; Siebenmorgen, TJ; Beers, KW. 2000. Effects of commercial processing on antioxidants in rice bran. *Cereal Chemistry* 75(5):551-555.
- Lobell, DB; Cassman, KG; Field, CB. 2009. Crop yield gaps: Their importance, magnitudes, and causes. *Annual Review of Environment and Resources* 34:179-204.
- Madi, ISO; Meetum, P; Kanjanamaneesathian, M; Mongkol, R. 2020. Efficacy of Thai plant extracts against grain discoloration disease in rice (*Oryza sativa* L.). *Agriculture and Natural Resources* 54:579-586
- Mew, TW. 1987. Current status and future prospects of research on bacterial blight of rice. *Annual Review of Phytopathology* 25:359-382.
- Mills, G; Sharps, K; Simpson, D; Pleijel, H; Frei, M; Burkey, K; Emberson, L; Uddling, J; Broberg, M; Feng, Z; Kobayashi, K; Agrawal, M. 2018. Closing the global ozone yield gap: Quantification and cobenefits for multistress tolerance. *Global Change Biology* 24(10):4869-4893.
- Mnif, I; Ghribi, D. 2015. Potential of bacterial derived biopesticides in pest management. *Crop Protection* 77:52-64.
- Montesinos, E. 2003. Development, registration, and commercialization of microbial pesticides for plant protection. *International Microbiology* 6(4):245-252.
- Moreira, SI; Ceresini, PC; Alves, E. 2015. Reprodução sexuada em *Pyricularia oryzae*. *Summa Phytopathologica* 41(3):175-182.

- Mustafa, A; Mohsan, M. 2017. Mycoflora associated with grain discolouration of common rice (*Oryza sativa* L.) cultivars and their management. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences* 4(4):1-5.
- Nasla, MFF; Prasannath, K; Gunapala, KRD. 2019. Exploring the efficacy of silicon supplementation on control of rice grain discoloration disease. *AGRIEAST* 13(1):1-11.
- Neupane, N; Bhusal, K. 2021. A Review of Blast Disease of Rice in Nepal. *Journal of Plant Pathology & Microbiology* 12(1):1-5.
- Ngalimat, MS; Yahaya, RSR; Baharudin, MMA; Yaminudin, SM; Karim, M; Ahmad, SA; Sabri, S. 2021. A Review on the Biotechnological Applications of the Operational Group *Bacillus amyloliquefaciens*. *Microorganisms* 9:1-18.
- Ning, Y; Wang, G-L. 2018. Breeding plant broad-spectrum resistance without yield penalties. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 115(12): 2859-2861.
- Nizolli, VO; Pegoraro, C; Costa de Oliveira, A. 2021. Rice blast: strategies and challenges for improving genetic resistance. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 21:1-15.
- Pal, KK; Gardener, BM. 2006. Biological control of plant pathogens. *Plant Health Instructor* 2: 1117-1142.
- Persaud, R; Persaud, M; Saravanakumar, D; Homenauth, O. 2020. Identification of causal agent and management of grain discolouration in rice. *Journal of Plant. Diseases and Protection* 127:183-196.
- Prabhu, AS; Morel, P; Barbosa, F; Lawrence, E; Datnoff, S; Berni, GH; Fabricio, RF; Rodrigues, A; Dallagnol, LJ. 2012. Silicon reduces brown spot severity and grain discoloration on several rice genotypes. *Tropical Plant Pathology* 37(6):409-414.
- Pantha, P; Shrestha, SM; Manandhar, HK; Gaire, SP; Aryal, L; Yadav, DR. 2017. Evaluation of rice genotypes for resistance against brown spot disease caused by *Bipolaris oryzae*. *International Journal of Current Research* 9 (04):48562-48569.
- Pedraza-Herrera, LA; Bautista, JP; Cruz-Ramírez, CA; Uribe-Vélez, D. 2021. IBUN2755 *Bacillus* strain controls seedling root and bacterial panicle blight caused by *Burkholderia glumae*. *Biological Control* 153:104494.
- Rao, TB; Chopperla, R; Prathi, NB; Balakrishnan, M; Prakasam, V; Laha, GS; Balachandran, SM; Mangrauthia, SK. 2020. A comprehensive gene expression profile of pectin degradation enzymes reveals the molecular events during cell wall degradation and pathogenesis of rice sheath blight pathogen *Rhizoctonia solani* AG1-IA. *Journal of Fungi* 6(71):1-19.

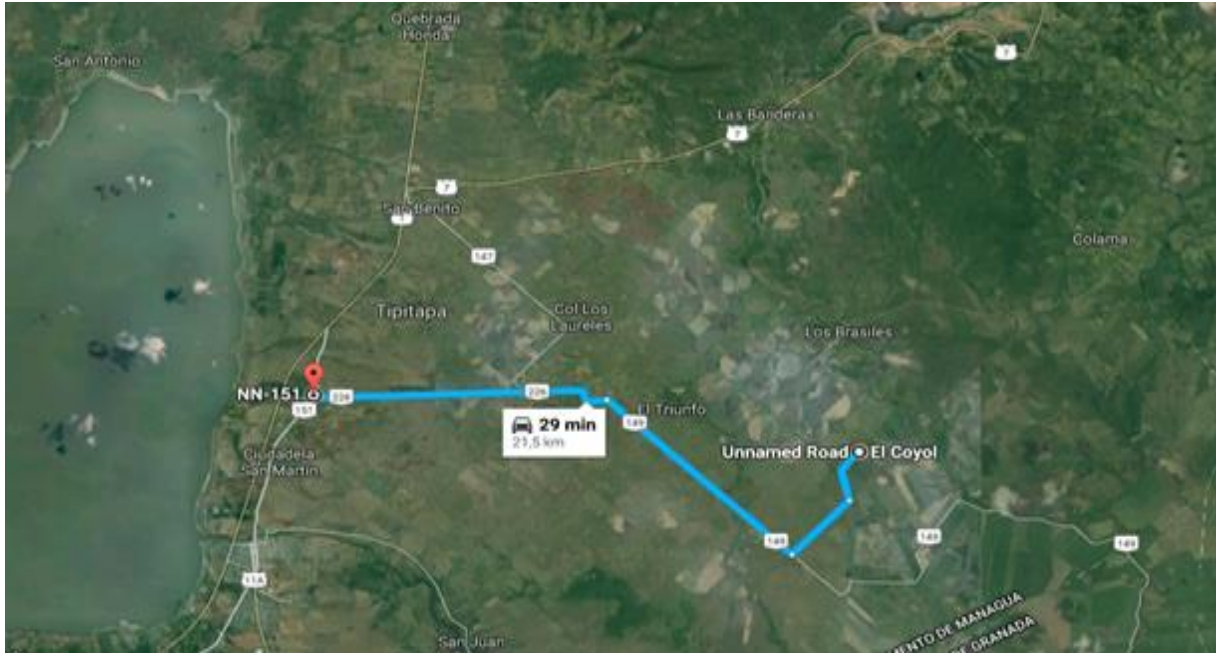
- Ribot, C; Hirsch, J; Balzergue, S; Tharreau, D; Nottéghem, JL; Lebrun, MH; Morel, JB. 2008. Susceptibility of rice to the blast fungus, *Magnaporthe grisea*. *Journal of Plant Physiology* 165(1):114-124.
- SAS Institute, Inc. 2002. SAS Introductory guide for personal computers: Statistics. Version 9.1. SAS institute. North Carolina, USA. 111 p.
- Savary, S; Castilla, NP; Elazegui, FA; McLaren, CG; Ynalvez, MA; Teng PS. 1995. Direct and indirect effects of nitrogen supply and disease source structure on rice sheath blight spread. *Phytopathology* 85:959-965.
- Shaner, G., and Finney, R.E. 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in knox wheat. *Phytopathology* 67:1051-1056.
- Shrestha, BK; Karki, HS; Groth, DE; Jungkhum, N; Ham, JH. 2016. Biological control activities of rice-associated *Bacillus* sp, strains against sheath blight and bacterial panicle blight of rice. *PLoS ONE* 11(1):1-18.
- Singh, S; Chand, S; Singh, NK; Sharma, TR. 2015. Genome-wide distribution, organization and functional characterization of disease resistance and defence response genes across rice species. *PLoS ONE* 10(4):1-29.
- Singh, P; Mazumdar, P; Harikrishna, JA; Babu, S. 2019. Sheath blight of rice: a review and identification of priorities for future research. *Planta* 250:1387-1407.
- Singh, PK; Nag, A; Arya, P; Kapoor, R; Singh, A; Jaswal, R; Sharma, TR. 2018. Prospects of understanding the molecular biology of disease resistance in rice. *International Journal of Molecular Sciences* 19:1-39.
- Singh, V; Zhou, S; Ganie, Z; Valverde, B; Avila, L; Marchesan, E; Merotto, A; Zorrilla, G; Burgos, N; Norsworthy, J; Bagavathiannan, M. 2017. Rice production in the Americas. In Chauhan, BS; Jabran, K; Mahajan, G (eds.). *Rice Production Worldwide* Springer International Publishing AG; Cham, Switzerland. p. 137-168.
- Srivastava, D; Shamim, M; Kumar, M; Mishra, A; Pandey, P; Kumar, D; Yadav, P; Siddiqui, MH; Singh, KN. 2017. Current status of conventional and molecular interventions for blast resistance in rice. *Rice Science* 24(6):299-321.
- Sotowa, M; Ootsuka, K; Kobayashi, Y; Hao, Y; Tanaka, K; Ichitani, K; Flowers, JM; Purugganan, MD; Nakamura, I; Sato, Y-I; Sato, T; Crayn, D; Simon, B; Waters, DLE; Henry, RJ; Ishikawa, R. 2013. Molecular relationships between Australian annual wild rice, *Oryza meridionalis*, and two related perennial forms. *Rice* 6(26):1-18.
- Sumangala, K; Patil, MB; Nargund, VB; Ramegowda, G. 2008. Evaluation of fungicides, botanicals and bio-agents against *Curvularia lunata*, a causal agent of grain discoloration in rice. *Journal of Plant Disease Sciences* 3(2):159-164.

- Sumangala, K; Patil, MB; Nargund, VB; Ramegowda, G. 2009. Effect of grain discoloration of quality parameters of rice. *Journal of Plant Disease Sciences* 4(1):33-37.
- Suprapta, DN. 2012. Potential of microbial antagonists as biocontrol agents against plant fungal pathogens. *Journal of the International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences (ISSAAS)* 18:1-8.
- Sweeny, M; McCouch, S. 2007. The complex history of the domestication of rice. *Annals of Botany* 100: 951-957.
- Taheri, P; Tarighi, S. 2011. Cytomolecular aspects of rice sheath blight caused by *Rhizoctonia solani*. *European Journal of Plant Pathology* 129(4):511-528.
- Tan, SY; Dong, Y; Liao, HP; Huang, JF; Song, S; Xu, YC; Shen, Q. 2013. Antagonistic bacterium *Bacillus amyloliquefaciens* induces resistance and controls the bacterial wilt of tomato. *Pest Management Science* 69(11):1245-1252.
- Tariq, JS; Ismail, M; Ahmed, N; Bughio, HUR; Arain, MA; Yasin, SI. 2016. Evaluation of rice germplasm against brown spot caused by *Helminthosporium oryzae* in Sindh. *International Journal of Agriculture and Applied Sciences* 4(2):130-134.
- Usman, MG; Rafii, MY; Martini, MY; Oladosu, Y; Kashiani, P. 2017. Genotypic character relationship and phenotypic path coefficient analysis in chili pepper genotypes grown under tropical condition. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 97(4):1164-1171.
- Vijay, D; Bidhan, R. 2013. Rice (*Oryza sativa* L.). In Bidhan, R; Basu AK; Mandal, AB (eds.). *Breeding, biotechnology and seed production of field Crops*. New Delhi, India. p. 71-222.
- Wang, X; Liang, G. 2014. Control efficacy of an endophytic *Bacillus amyloliquefaciens* strain BZ6-1 against peanut bacterial wilt, *Ralstonia solanacearum*. *BioMed Research International* 11:465435.
- Wang, AJ; Zheng, AP. 2018. Characteristics and control measures of rice sheath blight. *Chinese Rice* 24(3):124-126.
- Wei, X; Huang, X. 2019. Origin, taxonomy, and phylogenetics of rice. In Bao, J (ed.). *Rice: Chemistry and Technology*. College of Agriculture and Biotechnology, Zhejiang University, Hangzhou, China. Fourth Edition. p. 1-29.
- Yamamoto, S; Shiraishi, S; Kawagoe, Y; Mochizuki, M; Suzuki, S. 2015. Impact of *Bacillus amyloliquefaciens* S13-3 on control of bacterial wilt and powdery mildew in tomato. *Pest Management Science* 71(5):722-27.

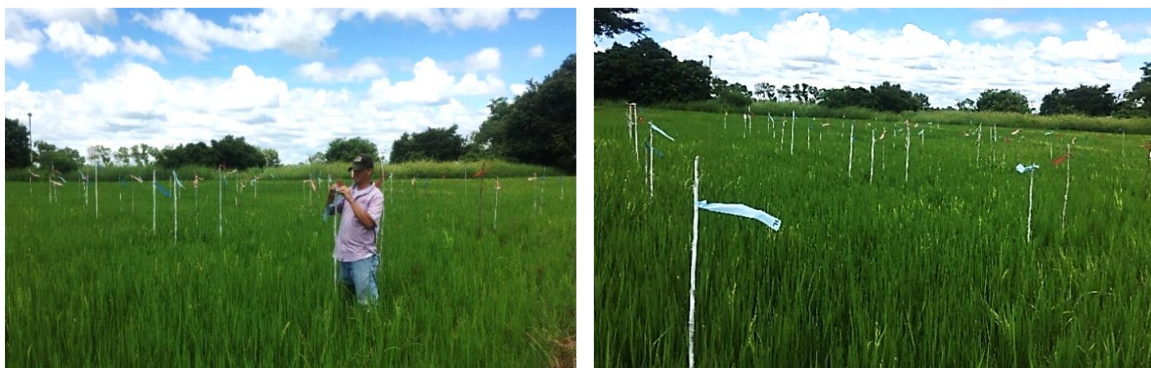
- Yasmin, S; Hafeez, FY; Mirza, MS; Rasul, M; Arshad, HMI; Zubair, M; Iqbal, M. 2017. Biocontrol of bacterial leaf blight of rice and profiling of secondary metabolites produced by rhizospheric *Pseudomonas aeruginosa* BRp3. *Frontiers in Microbiology* 8:1-23.
- Yoon, MY; Cha, B; Kim, JC. 2013. Recent trends in studies on botanical fungicides in agriculture. *Plant Pathology Journal* 29:1-9.
- Yuan, S; Linqvist, BA; Wilson, LT; Cassman, KG; Stuart, AM; Pede, V; Miro, B; Saito, K; Agustiani, N; Aristya, VE; Krisnadi, LY; Zanon, AJ; Heinemann, AB; Carracelas, G; Subash, N; Brahmanand, PS; Tao, Li; T., Peng, S; Grassini, P. 2021. Sustainable intensification for a larger global rice bowl. *Nature Communications* 12:1-11.
- Zhao, Z. 1998. The middle Yangtze region in China is one place where rice was domesticated: phytolith evidence from Teh Diaotonghuan Cave, northern Jiangxi. *Antiquity* 72:885-897.
- Zhang, Q. 2007. Strategies for developing Green Super Rice. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104(42): 16402-16409.
- Zhang, H; Tao, F; Zhou, G. 2019. Potential yields, yield gaps, and optimal agronomic management practices for rice production systems in different regions of China. *Agricultural Systems* 171:100-112.
- Zhang, N; Luo, J; Rossman, AY; Aoki, T; Chuma, I; Crous, PW; Dean, R; De Vrie, RP; Donofrio, N; Hyde, KD; Lebrun, MH. 2016. Generic names in Magnaporthales. *IMA fungus* 7:155-159.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Ubicación geográfica de la Estación Experimental Mario Hanon Talavera.



Anexo 2. Delimitación de tratamientos del ensayo de arroz. Finca El Coyol.



Anexo 3. Preparación de la aplicación de los biológicos utilizados en el ensayo.



Anexo 4. Primera aplicación de T1 Amylo-X[®] 98.85 SC al máximo embuche.



Anexo 5. Segunda aplicación del T1 Amylo-X[®] 98.85 SC con 5% de floración.



Anexo 6. Fertilización del experimento. Finca El Coyol, Malacatoya, 2016.

Fertilizantes utilizados	Momentos de aplicación	Dosis aplicadas (kg ha ⁻¹)
Completo 18-46-0	3 ddg	129.00
Sulfato de Amonio	3 ddg	129.00
Sulfato de zinc	3 ddg	21.00
Urea 46 %	15 ddg	129.00
Muriato de potasio 0-0-60	30 ddg	65.00
Urea 46%	30 ddg	129.00
Urea 46%	55 ddg	65.00

Anexo 7. Panículas manchadas en el experimento. Finca El Coyol, Malacatoya.



Anexo 8. Grano sano (izquierda), grano manchado (centro), grano vano manchado (derecha).



Anexo 9. Resultados laboratorio IPSA(Micología) estado pastoso (T1Amylo-X[®] 98.85 SC).



RESULTADO DE DIAGNOSTICO FITOSANITARIO

Código de Muestra: PN-0775
Código interno: M-0485

LABORATORIO DE: Micología

DATOS DEL CLIENTE

Propietario:	FORMUNICA / HEBERT OCON	Teléfono:	N/D
Dirección:	N/D.	Fax:	N/D

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Procedencia:	Finca El Coyol, Malacatoya	Puesto:	N/D
Cultivo:	Arroz (panoja-semillas) Oryza sativa	Variedad:	ANAR 97
N° lote:	91 ddg T1 BII	Peso:	77.5 gr
PI:	N/D	AR:	N/D
		ROC:	N/D
		Placa:	N/D

Fecha de recepción de la muestra: 21/10/2016
Fecha de Análisis: 26/10/2016
Fecha de entrega de informe: 27/10/2016

RESULTADO: *Alternaria padwickii*, 3% de semillas infectadas; *Curvularia lunata*, 6%, *Fusarium moniliforme*, 8%, *Phylosticta* sp., 2% y *Alternaria alternata*, 3%.

MÉTODO UTILIZADO: Metodos de Investigación Fitopatológica, cámara húmeda French, E.R. y T. T. Hebert. 1980.

OBSERVACIONES: El hongo *Alternaria padwickii*, causa decoloración del grano, *Curvularia lunata*, *Phylosticta* sp. y *Alternaria alternata*, provocan mancha foliar y mancha del grano y *Fusarium moniliforme*, produce pudrición del grano.

COSTO TOTAL DEL SERVICIO: \$ 6.50 (Seis dólares con 50/100 netos).

N.D.= No Disponible

Especialista

Jefe LNDFCS

Coordinadora Técnica



RESULTADO DE DIAGNOSTICO FITOSANITARIO

Código de Muestra: PN-0776
Código interno: M-0486

LABORATORIO DE: Micología

DATOS DEL CLIENTE

Propietario:	FORMUNICA / HEBERT OCON	Teléfono:	N/D
Dirección:	N/D.	Fax:	N/D

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Procedencia:	Finca El Coyol, Malacatoya	Puesto:	N/D
Cultivo:	Arroz (panoja-semillas) Oryza sativa	Variedad:	ANAR 97
N° lote:	91 ddg T1 BII	Peso:	69 gr
PI:	N/D	AR:	N/D
		ROC:	N/D
		Placa:	N/D

Fecha de recepción de la muestra: 21/10/2016
Fecha de Análisis: 26/10/2016
Fecha de entrega de informe: 27/10/2016

RESULTADO: *Curvularia lunata*, 7% de semillas infectadas; *Nigrospora oryzae*, 2%, *Fusarium moniliforme*, 9% y *Phylosticta* sp., 2%.

MÉTODO UTILIZADO: Metodos de Investigación Fitopatológica, cámara húmeda French, E.R. y T. T. Hebert. 1980.

OBSERVACIONES: Los hongos *Curvularia lunata*, *Nigrospora oryzae* y *Phylosticta* sp., causan mancha foliar y mancha del grano, *Fusarium moniliforme*, provoca pudrición del grano.

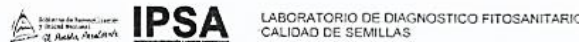
COSTO TOTAL DEL SERVICIO: \$ 6.50 (Seis dólares con 50/100 netos).

N.D.= No Disponible

Especialista

Jefe LNDFCS

Coordinadora Técnica



RESULTADO DE DIAGNOSTICO FITOSANITARIO

Código de Muestra: PN-0777
Código interno: M-0487

LABORATORIO DE: Micología

DATOS DEL CLIENTE

Propietario:	FORMUNICA / HEBERT OCON	Teléfono:	N/D
Dirección:	N/D.	Fax:	N/D

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Procedencia:	Finca El Coyol, Malacatoya	Puesto:	N/D
Cultivo:	Arroz (panoja-semillas) Oryza sativa	Variedad:	ANAR 97
N° lote:	91 ddg T1 BIII	Peso:	68 gr
PI:	N/D	AR:	N/D
		ROC:	N/D
		Placa:	N/D

Fecha de recepción de la muestra: 21/10/2016
Fecha de Análisis: 26/10/2016
Fecha de entrega de informe: 27/10/2016

RESULTADO: *Curvularia lunata*, 10% de semillas infectadas; *Alternaria alternata*, 3%, *Fusarium moniliforme*, 12% y *Fusarium* sp., 4%.

MÉTODO UTILIZADO: Metodos de Investigación Fitopatológica, cámara húmeda French, E.R. y T. T. Hebert. 1980.

OBSERVACIONES: Los hongos *Curvularia lunata* y *Alternaria alternata*, causan mancha foliar y mancha del grano; *Fusarium moniliforme* provocan pudrición del grano y *Fusarium* sp., produce pudrición radical y marchitez.

COSTO TOTAL DEL SERVICIO: \$ 6.50 (Seis dólares con 50/100 netos).

N.D.= No Disponible

Especialista

Jefe LNDFCS

Coordinadora Técnica



RESULTADO DE DIAGNOSTICO FITOSANITARIO

Código de Muestra: PN-0778
Código interno: M-0488

LABORATORIO DE: Micología

DATOS DEL CLIENTE

Propietario:	FORMUNICA / HEBERT OCON	Teléfono:	N/D
Dirección:	N/D.	Fax:	N/D

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Procedencia:	Finca El Coyol, Malacatoya	Puesto:	N/D
Cultivo:	Arroz (panoja-semillas) Oryza sativa	Variedad:	ANAR 97
N° lote:	91 ddg T1 BIV	Peso:	56 gr
PI:	N/D	AR:	N/D
		ROC:	N/D
		Placa:	N/D

Fecha de recepción de la muestra: 21/10/2016
Fecha de Análisis: 26/10/2016
Fecha de entrega de informe: 27/10/2016

RESULTADO: *Curvularia lunata*, 7% de semillas infectadas; *Alternaria alternata*, 2%, *Fusarium moniliforme*, 8% y *Fusarium* sp., 2%.

MÉTODO UTILIZADO: Metodos de Investigación Fitopatológica, cámara húmeda French, E.R. y T. T. Hebert. 1980.

OBSERVACIONES: Los hongos *Curvularia lunata* y *Alternaria alternata*, causan mancha foliar y mancha del grano; *Fusarium moniliforme* provocan pudrición del grano y *Fusarium* sp., produce pudrición radical y marchitez.

COSTO TOTAL DEL SERVICIO: \$ 6.50 (Seis dólares con 50/100 netos).

N.D.= No Disponible

Especialista

Jefe LNDFCS

Coordinadora Técnica

Anexo 10. Resultados laboratorio IPSA(Micología) estado pastoso (T2 Serenade® 1.34 SC).

IPSA LABORATORIO DE DIAGNOSTICO FITOSANITARIO CALIDAD DE SEMILLAS

RESULTADO DE DIAGNOSTICO FITOSANITARIO

Código de Muestra: PN-0779
Código interno: M-0489

LABORATORIO DE: Micología

DATOS DEL CLIENTE

Propietario:	FORMUNICA / HEBERT OCON	Teléfono:	N/D
Dirección:	N/D.	Fax:	N/D

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Procedencia:	Finca El Coyoil, Malacatoya.	Puesto:	N/D
Cultivo:	Arroz (panoja-semillas) <i>Oryza sativa</i>	Variedad:	ANAR 97
N° lote:	91 ddg T2 BI	Peso:	45.5 gr
PI:	N/D.	AR:	N/D
		ROC:	N/D
		Placa:	N/D

Fecha de recepción de la muestra:	21/10/2016	Fecha de Análisis:	26/10/2016
Fecha de entrega de informe	27/10/2016		

RESULTADO: *Curvularia lunata*, 6% de semillas infectadas; *Nigrospora oryzae*, 4% y *Fusarium moniliforme*, 11%.

MÉTODO UTILIZADO: Metodos de Investigación Fitopatológica, cámara húmeda French, E.R. y T. T. Hebert. 1980.

OBSERVACIONES: Los hongos *Curvularia lunata* y *Nigrospora oryzae*, causan mancha foliar y mancha del grano y *Fusarium moniliforme* provocan pudrición del grano.

COSTO TOTAL DEL SERVICIO: \$ 6.50 (Seis dólares con 50/100 netos).

N.D. = No Disponible





IPSA LABORATORIO DE DIAGNOSTICO FITOSANITARIO CALIDAD DE SEMILLAS

RESULTADO DE DIAGNOSTICO FITOSANITARIO

Código de Muestra: PN-0780
Código interno: M-0490

LABORATORIO DE: Micología

DATOS DEL CLIENTE

Propietario:	FORMUNICA / HEBERT OCON	Teléfono:	N/D
Dirección:	N/D.	Fax:	N/D

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Procedencia:	Finca El Coyoil, Malacatoya.	Puesto:	N/D
Cultivo:	Arroz (panoja-semillas) <i>Oryza sativa</i>	Variedad:	ANAR 97
N° lote:	91 ddg T2 BII	Peso:	50 gr
PI:	N/D.	AR:	N/D
		ROC:	N/D
		Placa:	N/D

Fecha de recepción de la muestra:	21/10/2016	Fecha de Análisis:	26/10/2016
Fecha de entrega de informe	27/10/2016		


RESULTADO: *Alternaria padwickii*, 2% de semillas infectadas; *Curvularia lunata*, 5%, *Nigrospora oryzae*, 2% y *Fusarium moniliforme*, 3%.

MÉTODO UTILIZADO: Metodos de Investigación Fitopatológica, cámara húmeda French, E.R. y T. T. Hebert. 1980.

OBSERVACIONES: El hongo *Alternaria padwickii*, causa decoloración del grano; *Curvularia lunata* y *Nigrospora oryzae*, provocan mancha foliar y mancha del grano y *Fusarium moniliforme*, produce mancha del grano.

COSTO TOTAL DEL SERVICIO: \$ 6.50 (Seis dólares con 50/100 netos).

N.D. = No Disponible





IPSA LABORATORIO DE DIAGNOSTICO FITOSANITARIO CALIDAD DE SEMILLAS

RESULTADO DE DIAGNOSTICO FITOSANITARIO

Código de Muestra: PN-0781
Código interno: M-0491

LABORATORIO DE: Micología

DATOS DEL CLIENTE

Propietario:	FORMUNICA / HEBERT OCON	Teléfono:	N/D
Dirección:	N/D.	Fax:	N/D

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Procedencia:	Finca El Coyoil, Malacatoya.	Puesto:	N/D
Cultivo:	Arroz (panoja) <i>Oryza sativa</i>	Variedad:	ANAR 97
N° lote:	91 ddg T2 BIII	Peso:	47 gr
PI:	N/D.	AR:	N/D
		ROC:	N/D
		Placa:	N/D

Fecha de recepción de la muestra:	21/10/2016	Fecha de Análisis:	26/10/2016
Fecha de entrega de informe	27/10/2016		

RESULTADO: *Nigrospora oryzae*, 2% de semillas infectadas; *Curvularia lunata*, 6%, *Alternaria alternata*, 1% y *Fusarium moniliforme*, 5%.

MÉTODO UTILIZADO: Metodos de Investigación Fitopatológica, cámara húmeda French, E.R. y T. T. Hebert. 1980.

OBSERVACIONES: Los hongos *Nigrospora oryzae*, *Curvularia lunata* y *Alternaria alternata* causan mancha foliar y mancha del grano y *Fusarium moniliforme*, provoca pudrición del grano.

COSTO TOTAL DEL SERVICIO: \$ 6.50 (Seis dólares con 50/100 netos).

N.D. = No Disponible





IPSA LABORATORIO DE DIAGNOSTICO FITOSANITARIO CALIDAD DE SEMILLAS

RESULTADO DE DIAGNOSTICO FITOSANITARIO

Código de Muestra: PN-0782
Código interno: M-0492

LABORATORIO DE: Micología

DATOS DEL CLIENTE

Propietario:	FORMUNICA / HEBERT OCON	Teléfono:	N/D
Dirección:	N/D.	Fax:	N/D

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Procedencia:	Finca El Coyoil, Malacatoya.	Puesto:	N/D
Cultivo:	Arroz (panoja-semillas) <i>Oryza sativa</i>	Variedad:	ANAR 97
N° lote:	91 ddg T2 BIV	Peso:	44 gr
PI:	N/D.	AR:	N/D
		ROC:	N/D
		Placa:	N/D

Fecha de recepción de la muestra:	21/10/2016	Fecha de Análisis:	26/10/2016
Fecha de entrega de informe	26/10/2016		


RESULTADO: *Ustilagoideia virens*, 1% de semillas infectadas; *Nigrospora oryzae*, 2%, *Curvularia lunata*, 4% y *Fusarium moniliforme*, 3%.


MÉTODO UTILIZADO: Metodos de Investigación Fitopatológica, cámara húmeda French, E.R. y T. T. Hebert. 1980.

OBSERVACIONES: El hongo *Ustilagoideia virens*, causa el falso carbón del grano; *Nigrospora oryzae* y *Curvularia lunata*, provocan mancha foliar y mancha del grano y *Fusarium moniliforme*, produce pudrición del grano.

COSTO TOTAL DEL SERVICIO: \$ 6.50 (Seis dólares con 50/100 netos).

N.D. = No Disponible





Anexo 11. Resultados laboratorio IPSA(Micología) estado pastoso (T3 Tacre-Bacillus® 2 SC).

IPSA LABORATORIO DE DIAGNOSTICO FITOSANITARIO CALIDAD DE SEMILLAS

RESULTADO DE DIAGNOSTICO FITOSANITARIO

Código de Muestra: PN-0783
Código interno: M-0493

LABORATORIO DE: Micología

DATOS DEL CLIENTE

Propietario:	FORMUNICA / HEBERT OCON	Teléfono:	N/D.
Dirección:	N/D.	Fax:	N/D.

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Procedencia:	Finca El Coyal, Malacatoya	Puesto:	N/D.
Cultivo:	Arroz (panoja-semillas) Oryza sativa	Variedad:	ANAR 97
N° lote:	91 ddg T3 B1	Peso:	34 gr
Pl:	N/D.	AR:	N/D.
		ROC:	N/D.
		Placa:	N/D.

Fecha de recepción de la muestra:	21/10/2016	Fecha de Análisis:	26/10/2016
Fecha de entrega de informe	27/10/2016		

RESULTADO: *Curvularia lunata*, 5% de semillas infectadas; *Fusarium moniliforme*, 8% y *Phyllosticta* sp., 2%

MÉTODO UTILIZADO: Metodos de Investigación Fitopatológica, cámara húmeda French, E.R. y T. T. Hebert, 1980.

OBSERVACIONES: El hongo *Curvularia lunata* y *Phyllosticta* sp., causan mancha foliar y mancha del grano y *Fusarium moniliforme*, produce pudrición del grano.

COSTO TOTAL DEL SERVICIO: \$ 6.50 (Seis dólares con 50/100 netos).

N.D. = No Disponible

 Especialista
 Jefe LNDECS
 Coordinadora Técnica

IPSA LABORATORIO DE DIAGNOSTICO FITOSANITARIO CALIDAD DE SEMILLAS

RESULTADO DE DIAGNOSTICO FITOSANITARIO

Código de Muestra: PN-0784
Código interno: M-0494

LABORATORIO DE: Micología

DATOS DEL CLIENTE

Propietario:	FORMUNICA / HEBERT OCON	Teléfono:	N/D.
Dirección:	N/D.	Fax:	N/D.

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Procedencia:	Finca El Coyal, Malacatoya	Puesto:	N/D.
Cultivo:	Arroz (panoja-semillas) Oryza sativa	Variedad:	ANAR 97
N° lote:	91 ddg T3 B11	Peso:	42 gr
Pl:	N/D.	AR:	N/D.
		ROC:	N/D.
		Placa:	N/D.

Fecha de recepción de la muestra:	21/10/2016	Fecha de Análisis:	26/10/2016
Fecha de entrega de informe	27/10/2016		

RESULTADO: *Curvularia lunata*, 8% de semillas infectadas; *Helminthosporium sativum*, 1%, *Fusarium moniliforme*, 9% y *Alternaria padwickii*, 1%

MÉTODO UTILIZADO: Metodos de Investigación Fitopatológica, cámara húmeda French, E.R. y T. T. Hebert, 1980.

OBSERVACIONES: El hongo *Curvularia lunata*, causa mancha foliar y mancha del grano. *Helminthosporium sativum*, provoca tizón foliar; *Fusarium moniliforme*, produce pudrición del grano y *Alternaria padwickii*, causa decoloración del grano.

COSTO TOTAL DEL SERVICIO: \$ 6.50 (Seis dólares con 50/100 netos).

N.D. = No Disponible

 Especialista
 Jefe LNDFCS
 Coordinadora Técnica

IPSA LABORATORIO DE DIAGNOSTICO FITOSANITARIO CALIDAD DE SEMILLAS

RESULTADO DE DIAGNOSTICO FITOSANITARIO

Código de Muestra: PN-0785
Código interno: M-0495

LABORATORIO DE: Micología

DATOS DEL CLIENTE

Propietario:	FORMUNICA / HEBERT OCON	Teléfono:	N/D.
Dirección:	N/D.	Fax:	N/D.

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Procedencia:	Finca El Coyal, Malacatoya	Puesto:	N/D.
Cultivo:	Arroz (panoja-semillas) Oryza sativa	Variedad:	ANAR 97
N° lote:	91 ddg T3 B111	Peso:	48 gr
Pl:	N/D.	AR:	N/D.
		ROC:	N/D.
		Placa:	N/D.

Fecha de recepción de la muestra:	21/10/2016	Fecha de Análisis:	27/10/2016
Fecha de entrega de informe	27/10/2016		

RESULTADO: *Curvularia lunata*, 8% de semillas infectadas; *Fusarium moniliforme*, 6%, *Phyllosticta* sp., 3% y *Alternaria padwickii*, 1%.

MÉTODO UTILIZADO: Metodos de Investigación Fitopatológica, cámara húmeda French, E.R. y T. T. Hebert, 1980.

OBSERVACIONES: Los hongos *Curvularia lunata* y *Phyllosticta* sp., causan mancha foliar y mancha del grano. *Fusarium moniliforme*, provoca pudrición del grano y *Alternaria padwickii*, produce decoloración del grano.

COSTO TOTAL DEL SERVICIO: \$ 6.50 (Seis dólares con 50/100 netos).

N.D. = No Disponible

 Especialista
 Jefe LNDFCS
 Coordinadora Técnica

IPSA LABORATORIO DE DIAGNOSTICO FITOSANITARIO CALIDAD DE SEMILLAS

RESULTADO DE DIAGNOSTICO FITOSANITARIO

Código de Muestra: PN-0786
Código interno: M-0496

LABORATORIO DE: Micología

DATOS DEL CLIENTE

Propietario:	FORMUNICA / HEBERT OCON	Teléfono:	N/D.
Dirección:	N/D.	Fax:	N/D.

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Procedencia:	Finca El Coyal, Malacatoya	Puesto:	N/D.
Cultivo:	Arroz (panoja-semillas) Oryza sativa	Variedad:	ANAR 97
N° lote:	91 ddg T3 B1V	Peso:	48.2 gr
Pl:	N/D.	AR:	N/D.
		ROC:	N/D.
		Placa:	N/D.

Fecha de recepción de la muestra:	21/10/2016	Fecha de Análisis:	27/10/2016
Fecha de entrega de informe	27/10/2016		

RESULTADO: *Curvularia lunata*, 9% de semillas infectadas; *Fusarium moniliforme*, 7%, *Phyllosticta* sp., 4% y *Drechslera* sp., 2%.

MÉTODO UTILIZADO: Metodos de Investigación Fitopatológica, cámara húmeda French, E.R. y T. T. Hebert, 1980.

OBSERVACIONES: Los hongos *Curvularia lunata*, *Phyllosticta* sp., y *Drechslera* sp., causan mancha foliar y mancha del grano y *Fusarium moniliforme*, provoca pudrición del grano.

COSTO TOTAL DEL SERVICIO: \$ 6.50 (Seis dólares con 50/100 netos).

N.D. = No Disponible

 Especialista
 Jefe LNDFCS
 Coordinadora Técnica

Anexo 12. Resultados laboratorio IPSA(Micología) estado pastoso (T4 Testigo absoluto).

IPSA LABORATORIO DE DIAGNOSTICO FITOSANITARIO CALIDAD DE SEMILLAS

RESULTADO DE DIAGNOSTICO FITOSANITARIO

Código de Muestra: PN-0787
Código interno: M-0497

LABORATORIO DE: Micología

DATOS DEL CLIENTE

Propietario:	FORMUNICA / HEBERT OCON	Teléfono:	N/D
Dirección:	N/D	Fax:	N/D

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Procedencia:	Finca El Coyal, Malacatoya.		Puesto:	N/D	
Cultivo:	Arroz (panoja-semillas)	Variedad:	ANAR 97	Categoría:	N/D
N° lote:	91 ddg T4 BI	Peso:	45.2 gr	AR:	N/D
Pl:	N/D	Placa:	N/D	ROC:	N/D

Fecha de recepción de la muestra:	21/10/2016	Fecha de Análisis:	27/10/2016
Fecha de entrega de informe	27/10/2016		

RESULTADO: *Curvularia lunata*, 5% de semillas infectadas; *Fusarium moniliforme*, 6% y *Phyllosticta* sp., 4%.

MÉTODO UTILIZADO: Metodos de Investigación Fitopatológica, cámara húmeda French, E.R. y T. T. Hebert. 1980.

OBSERVACIONES: Los hongos *Curvularia lunata* y *Phyllosticta* sp., causan mancha foliar y mancha del grano y *Fusarium moniliforme*, provoca pudrición del grano.

COSTO TOTAL DEL SERVICIO: \$ 6.50 (Seis dólares con 50/100 netos).

N.D. = No Disponible

 Especialista
 Jefe LNDFCS
 Coordinadora Técnica

IPSA LABORATORIO DE DIAGNOSTICO FITOSANITARIO CALIDAD DE SEMILLAS

RESULTADO DE DIAGNOSTICO FITOSANITARIO

Código de Muestra: PN-0788
Código interno: M-0498

LABORATORIO DE: Micología

DATOS DEL CLIENTE

Propietario:	FORMUNICA / HEBERT OCON	Teléfono:	N/D
Dirección:	N/D	Fax:	N/D

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Procedencia:	Finca El Coyal, Malacatoya.		Puesto:	N/D	
Cultivo:	Arroz (panoja-semillas)	Variedad:	ANAR 97	Categoría:	N/D
N° lote:	91 ddg T4 BII	Peso:	35 gr	AR:	N/D
Pl:	N/D	Placa:	N/D	ROC:	N/D

Fecha de recepción de la muestra:	21/10/2016	Fecha de Análisis:	27/10/2016
Fecha de entrega de informe	27/10/2016		

RESULTADO: *Curvularia lunata*, 7% de semillas infectadas; *Fusarium moniliforme*, 4%, *Alternaria padwickii*, 2% y *Phyllosticta* sp., 3%.

MÉTODO UTILIZADO: Metodos de Investigación Fitopatológica, cámara húmeda French, E.R. y T. T. Hebert. 1980.

OBSERVACIONES: Los hongos *Curvularia lunata* y *Phyllosticta* sp., causan mancha foliar y mancha del grano, *Fusarium moniliforme*, provoca pudrición del grano y *Alternaria padwickii*, produce decoloración del grano.

COSTO TOTAL DEL SERVICIO: \$ 6.50 (Seis dólares con 50/100 netos).

N.D. = No Disponible

 Especialista
 Jefe LNDFCS
 Coordinadora Técnica

IPSA LABORATORIO DE DIAGNOSTICO FITOSANITARIO CALIDAD DE SEMILLAS

RESULTADO DE DIAGNOSTICO FITOSANITARIO

Código de Muestra: PN-0789
Código interno: M-0499

LABORATORIO DE: Micología

DATOS DEL CLIENTE

Propietario:	FORMUNICA / HEBERT OCON	Teléfono:	N/D
Dirección:	N/D	Fax:	N/D

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Procedencia:	Finca El Coyal, Malacatoya.		Puesto:	N/D	
Cultivo:	Arroz (panoja-semillas)	Variedad:	ANAR 97	Categoría:	N/D
N° lote:	91 ddg T4 BIII	Peso:	56.2 gr	AR:	N/D
Pl:	N/D	Placa:	N/D	ROC:	N/D

Fecha de recepción de la muestra:	21/10/2016	Fecha de Análisis:	27/10/2016
Fecha de entrega de informe	27/10/2016		

RESULTADO: *Helminthosporium oryzae*, 5% de semillas infectadas; *Fusarium oxysporum*, 1%, *Drechslera* sp., 1%, *Curvularia lunata*, 7%, *Phyllosticta* sp., 1%, *Fusarium moniliforme*, 4% y *Alternaria alternata*, 1%.

MÉTODO UTILIZADO: Metodos de Investigación Fitopatológica, cámara húmeda French, E.R. y T. T. Hebert. 1980.

OBSERVACIONES: Los hongos identificados están causando daño al cultivo.

COSTO TOTAL DEL SERVICIO: \$ 6.50 (Seis dólares con 50/100 netos).

N.D. = No Disponible

 Especialista
 Jefe LNDFCS
 Coordinadora Técnica

IPSA LABORATORIO DE DIAGNOSTICO FITOSANITARIO CALIDAD DE SEMILLAS

RESULTADO DE DIAGNOSTICO FITOSANITARIO

Código de Muestra: PN-0790
Código interno: M-0500

LABORATORIO DE: Micología

DATOS DEL CLIENTE

Propietario:	FORMUNICA / HEBERT OCON	Teléfono:	N/D
Dirección:	N/D	Fax:	N/D

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Procedencia:	Finca El Coyal, Malacatoya.		Puesto:	N/D	
Cultivo:	Arroz (panoja-semillas)	Variedad:	ANAR 97	Categoría:	N/D
N° lote:	91 ddg T4 BIV	Peso:	36 gr	AR:	N/D
Pl:	N/D	Placa:	N/D	ROC:	N/D

Fecha de recepción de la muestra:	21/10/2016	Fecha de Análisis:	27/10/2016
Fecha de entrega de informe	27/10/2016		

RESULTADO: *Curvularia lunata*, 8% de semillas infectadas; *Alternaria padwickii*, 1%, *Phyllosticta* sp., 2%, *Alternaria alternata*, 2% y *Fusarium* sp., 3%.

MÉTODO UTILIZADO: Metodos de Investigación Fitopatológica, cámara húmeda French, E.R. y T. T. Hebert. 1980.

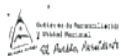
OBSERVACIONES: Los hongos identificados están causando daño al cultivo.

COSTO TOTAL DEL SERVICIO: \$ 6.50 (Seis dólares con 50/100 netos).

N.D. = No Disponible

 Especialista
 Jefe LNDFCS
 Coordinadora Técnica

Anexo 13. Resultados de laboratorio de IPSA en Bacteriología estado lechoso y pastoso



IPSA

LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO FITOSANITARIO Y CALIDAD DE SEMILLAS



IPSA

LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO FITOSANITARIO Y CALIDAD DE SEMILLAS

RESULTADO DE DIAGNOSTICO FITOSANITARIO

Código de Muestra: PN- 0735 hasta PN-0751
Código interno: B - 0304 hasta B- 0319

LABORATORIO DE: BACTERIOLOGIA.

Código de Recepción	Código interno de Laboratorio	Peso (Gramos)	Lote	Resultado
PN-0735	B-0304	6.5	T1BI	<i>Pseudomonas fuscovaginae</i> 1%
PN-0736	B-0305	27.3	T1BII	<i>Burkholderia glumae</i> . 2%
PN-0737	B-0306	29.0	T1BIII	<i>Burkholderia glumae</i> . 2%
PN-0738	B-0307	36.7	T1IV	<i>Pseudomonas fuscovaginae</i> 1%
PN-0739	B-0308	23.4	T2BI	<i>Pseudomonas fuscovaginae</i> 1%
PN-0740	B-0309	30.9	T2BII	<i>Pseudomonas fuscovaginae</i> 2%
PN-0741	B-0310	30.2	T2BIII	<i>Burkholderia glumae</i> . 2%
PN-0742	B-0311	27.7	T2BIV	<i>Pseudomonas fuscovaginae</i> 1%
PN-0743	B-0312	26.5	T3BI	<i>Burkholderia glumae</i> . 2%
PN-0744	B-0313	32.2	T3BII	<i>Burkholderia glumae</i> . 1%
PN-0745	B-0314	30.6	T3BIII	<i>Burkholderia glumae</i> . 3%
PN-0746	B-0315	30.1	T3BIV	<i>Burkholderia glumae</i> . 2%
PN-0747	B-0316	4.7	T4BI	<i>Burkholderia glumae</i> . 1%
PN-0748	B-0317	5.8	T4BII	<i>Burkholderia glumae</i> . 2%
PN-0749	B-0318	36.5	T4BIII	<i>Burkholderia glumae</i> . 2%
PN-0750	B-0319	5.2	T4BIV	<i>Burkholderia glumae</i> . 2%

FIN DEL ENSAYO



Página 1 de 2

RESULTADO DE DIAGNOSTICO FITOSANITARIO

Código de Muestra: PN- 0775 hasta PN-0790
Código interno: B - 0326 hasta B- 0341

LABORATORIO DE: BACTERIOLOGIA.

Código de Recepción	Código interno de Laboratorio	Peso (Gramos)	Lote	Resultado
PN-0775	B-0326	61.2	T1BI	<i>Xanthomonas axonopodis pv oryzae</i> 1% <i>Burkholderia glumae</i> 1%
PN-0776	B-0327	50.6	T1BII	No se detectó bacteria fitopatógena
PN-0777	B-0328	55.4	T1BIII	No se detectó bacteria fitopatógena
PN-0778	B-0329	63.1	T1IV	No se detectó bacteria fitopatógena
PN-0779	B-0330	73.2	T2BI	<i>Xanthomonas axonopodis pv oryzae</i> 1% <i>Pseudomonas fuscovaginae</i> 1%
PN-0780	B-0331	50.2	T2BII	No se detectó bacteria fitopatógena
PN-0781	B-0332	39.7	T2BIII	No se detectó bacteria fitopatógena
PN-0782	B-0333	67.3	T2BIV	No se detectó bacteria fitopatógena
PN-0783	B-0334	55.1	T3BI	No se detectó bacteria fitopatógena
PN-0784	B-0335	57.3	T3BII	<i>Xanthomonas axonopodis pv oryzae</i> 1% <i>Pseudomonas fuscovaginae</i> 1%
PN-0785	B-0336	54.2	T3BIII	No se detectó bacteria fitopatógena
PN-0786	B-0337	51.7	T3BIV	No se detectó bacteria fitopatógena
PN-0787	B-0338	63.5	T4BI	No se detectó bacteria fitopatógena
PN-0788	B-0339	69.3	T4BII	No se detectó bacteria fitopatógena
PN-0789	B-0340	54.3	T4BIII	No se detectó bacteria fitopatógena
PN-0790	B-0341	45.7	T4BIV	No se detectó bacteria fitopatógena

FIN DEL ENSAYO



Página 2 de 2