



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMA

Estudios comparativos de sistemas de control de *Burkholderia glumae*, agente causal del añublo, en la panícula de arroz (*Oryza sativa* L.)

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Agrónomo

**AUTOR:**

Córdova Mendoza Marco Antonio (ORCID: [0000-0003-1646-8946](https://orcid.org/0000-0003-1646-8946))

**ASESOR:**

Dr. Arbulú López, Cesar Augusto (ORCID: [0000-0002-4141-7924](https://orcid.org/0000-0002-4141-7924))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Estudio de “*Burkholderia Glumae*”

**CHICLAYO — PERÚ**

**2021**

## **Dedicatoria**

El presente estudio de investigación se lo dedico principalmente a Dios, por darme las fuerzas necesarias para continuar en este proceso de obtener uno de mis anhelos más deseados.

A mis padres, quienes son un ejemplo en la construcción de mi vida profesional.

***Marco Antonio***

## **Agradecimiento**

A dios por darme fortaleza para salir adelante. A mis padres por orientarme en lo mejor para mí.

Gracias a la universidad Cesar Vallejo donde se han formado grandes profesionales. A mis profesores que hicieron de mí una persona preparada formándome día a día con sus conocimientos y consejos.

***Marco Antonio***

## Índice de Contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras .....	vi
Resumen.....	vii
Abstract .....	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>3</b>
<b>III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>11</b>
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	11
3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización.....	11
3.3. Escenario de estudio.....	13
3.4. Participantes.....	13
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	13
3.6. Procedimiento .....	13
3.7. Rigor científico .....	16
3.8. Método de análisis de datos .....	16
3.9. Aspectos éticos.....	16
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>17</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>30</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>31</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>32</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>41</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> <i>Matriz de categorización apriorística</i> .....	12
<b>Tabla 2.</b> <i>Criterios de inclusión y exclusión de los artículos revisados</i> .....	14
<b>Tabla 3.</b> <i>Control de Burkholderia glumae como agente causal del añublo en la panícula de arroz</i> .....	17
<b>Tabla 4.</b> <i>Caracterización morfológica del Burkholderia glumae</i> . ....	22
<b>Tabla 5.</b> <i>Factores de incidencia de Burkholderia glumae en la panícula de arroz</i> . .....	23
<b>Tabla 6.</b> <i>Impactos de la presencia de Burkholderia glumae sobre el cultivo de arroz</i> . .....	24

## Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Morfología de la planta de arroz.....	6
<i>Figura 2.</i> Etapas de crecimiento de la planta de arroz. ....	7
<i>Figura 3.</i> Ciclo de la enfermedad del tizón bacteriano de la panícula. ....	8
<i>Figura 4.</i> Síntomas del tizón de la panícula bacteriana.....	9
<i>Figura 5.</i> A y C son colonias bacterianas y B es el cristal de toxoflavina producido. .....	10
<i>Figura 6.</i> Flujograma de los procedimientos de la revisión sistémica.....	15
<i>Figura 7.</i> Tipo de control de la bacteria <i>Burkholderia glumae</i> . ....	21
<i>Figura 8.</i> Lugar de experimentación del control de <i>Burkholderia glumae</i> .....	24
<i>Figura 9.</i> Tiempo de manifestación de la bacteria <i>Burkholderia glumae</i> . ....	25
<i>Figura 10.</i> Incidencia de la enfermedad causada por bacteria <i>Burkholderia glumae</i> . .....	25

## Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo describir los estudios de los sistemas de control de *Burkholderia glumae*, como agente causal del añublo bacterial en la panícula de arroz. mediante una metodología aplicada de enfoque cualitativo y nivel descriptivo con diseño no experimental. Los resultados evidenciaron que en los métodos de control mayormente se emplea agentes biológicos, representado por el 79% de los cuales predominan los ingredientes activos de *Pseudomonas* y *Bacillus*, mientras que el control químico y bioquímico son en menor medida utilizado según los artículos y tesis revisadas. Además, respecto a las características morfológicas de *Burkholderia glumae* se encontró que presenta formas circulares, planas, convexas y lisas con pigmentación desde blanco, crema, amarillo hasta rojo, lo cual depende de la producción de toxoflavina, lo cual mayormente se manifiesta de 6 a 93 días. Por lo tanto, se concluye que los sistemas de control de *Burkholderia glumae* se llevan a cabo en experimentaciones a nivel de campo y laboratorio en relaciones de 36% y 57% respectivamente, sin embargo, algunos autores optaron por estudiar ambas situaciones representando el 7%, lo cual resulta más eficiente porque se puede optimizar los sistemas de control para escenarios más reales y particulares según el clima.

**Palabras clave:** *Burkholderia glumae*, añublo bacterial, panícula de arroz, sistema, control.

## Abstract

The aim of this paper was to describe the studies of the control systems of *Burkholderia glumae*, as a causal agent of bacterial mildew in the rice panicle. using an applied methodology of qualitative approach and descriptive level with non-experimental design. The results showed that in the control methods mostly biological agents are used, represented by 79% of which predominate the active ingredients of *Pseudomonas* and *Bacillus*, while chemical and biochemical control are to a lesser extent used according to the revised articles and theses. In addition, regarding the morphological characteristics of *Burkholderia glumae*, it was found to have circular, flat, convex and smooth forms with pigmentation from white, cream, amarille to red, which depends on the production of toxoflavin, which mostly manifests from 6 to 93 days. Therefore, it is concluded that the control systems of *Burkholderia glumae* are carried out in field and laboratory level experiments in relationships of 36% and 57% respectively, however, some authors chose to study both situations representing 7%, which is more efficient because you can optimize control systems for more real and scenarios according to the climate.

**Keywords:** *Burkholderia glumae*, bacterial blight, rice panicle, system, control.

## I. INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas, las plantaciones de arroz se han visto amenazadas por diferentes fitopatógenos bacterianos y enfermedades que están limitando el rendimiento de los cultivos (Rathna et al. 2019), pues causa varios tipos de daños, incluyendo aborto de granos, esterilidad de floretes y reducción de la calidad de la molienda (Singh et al. 2016) afectando la seguridad alimentaria debido a que el arroz como principal alimento básico para más de la mitad de la población mundial necesita satisfacer la demanda, lo cual es un desafío que será aún más intensificado por el crecimiento poblacional (Hasibuan et al. 2018).

En este contexto, la bacteria *Burkholderia glumae* es responsable de la enfermedad conocida como añublo bacterial que influye en la panícula de arroz, desarrollándose en el rango de temperatura de 30–35 ° C, donde la producción de toxoflavina aumenta a altas temperaturas alrededor de 37 ° C, por lo que es probable una propagación rápida de la enfermedad con el calentamiento global intenso (Akimoto-Tomiyama 2021). De esta manera puede causar amplias pérdidas financieras debido que induce en una pérdida de rendimiento del 75% en campos severamente infestados (Zhou-qi et al. 2016).

Para ello, el empleo de bactericidas agrícolas permite controlar los patógenos para mantener la disponibilidad de alimentos de bajo costo y alta calidad, sin embargo, la dependencia de estos agentes químicos puede crear resistencia en los patógenos generando que el control sea complejo. Tal es el caso del antibiótico quinolónico ácido oxolínico que ha sido restringido a Asia por su empleo excesivo y su toxicidad, pero que en realidad resulta ya no ser muy efectivo debido al desarrollo de resistencia por parte del patógeno en los cultivos arroceros (Maeda et al., 2004 citado en Ortega et al., 2020).

Asimismo, el uso de bactericidas afecta a la ingestión en la granja por los trabajadores, la descarga de productos químicos tóxicos tanto en el aire como en el agua y el consumo de alimentos que contienen residuos de bactericidas por parte de los consumidores, causando malformaciones, alteraciones reproductivas y daños al sistema endocrino, nervioso e inmunológico asimismo cáncer de tipo pulmonar, cerebral, de ovario y próstata (Lizano, 2016). Por lo que este problema

infeccioso merece un enfoque integral desde la ingeniera agrónoma para evitar impactos nocivos sobre la eficiencia productividad de arroz y la calidad alimenticia del producto.

De esta manera el presente estudio de revisión sistemática tuvo la finalidad de aportar la referencia necesaria sobre los avances de las investigaciones en el control de *Burkholderia glumae* en la panícula de arroz, lo cual se asumió como la justificación teórica. Debido a que hasta la fecha, no hay cultivares de arroz disponibles comercialmente que muestren resistencia completa al patógeno (Ortega et al., 2020). Mientras que la justificación práctica se sustentó en la utilidad de los resultados del análisis de la revisión para motivar la experimentación tanto en campo como en laboratorio con la finalidad de buscar una alternativa eficaz para el control del patógeno.

Pues este procedimiento es obstaculizado por diferentes factores que abarcan desde la falta de conocimiento en el ciclo de vida de las bacterias en la planta y la alta diversidad genética de *B. glumas* hasta las condiciones climáticas en el escenario actual de calentamiento global (Pedraza-Herrera et al., 2021). Además, la justificación ambiental sugirió que las medidas de control sirven como adaptaciones al cambio climático, y socialmente son potenciales para salvaguardar la seguridad alimentaria, mientras que, económicamente es importante para suprimir las pérdidas de hasta 80% por falta de control de plagas (Shew et al., 2019).

De esta manera, el problema general de estudio surgió: ¿Cómo son los estudios de los sistemas de control de *Burkholderia glumae* como agente causal del añublo bacterial en la panícula de arroz? En cuanto el objetivo general se enfocó en describir los estudios de los sistemas de control de *Burkholderia glumae*, como agente causal del añublo en la panícula de arroz. Asimismo, los objetivos específicos se orientaron a Identificar la caracterización morfológica de *Burkholderia glumae* como agente causal del añublo, diferenciar los factores de incidencia de *Burkholderia glumae* en la panícula de arroz y evaluar los impactos de la presencia de *Burkholderia glumae* sobre la panícula de arroz.

## II. MARCO TEÓRICO

Se ha estudiado ampliamente alternativas de control del tizón bacteriano de la panícula, por lo que se refiere a trabajos previos se señala a nivel mundial la investigación de Akimoto-Tomiyama (2021) que tuvo el objetivo de identificar múltiples bacterias nacidas de semillas de arroz con capacidad para suprimir la virulencia de *B. glumas*, así se identificaron tres cepas de *Pseudomonas putida* (RSB1, RSB10, RSB15) y *estenotrofomona maltofila* (RSB2), donde las primeras cepas suprimieron la interrupción del crecimiento causada por *B. glumas*, mientras que RSB2 no tuvo ningún efecto, por lo tanto se concluye que el tratamiento previo con microorganismos benéficos endógenos es efectivo.

Pedraza-Herrera et al., (2021) evaluó 26 cepas de *Bacillus* aisladas de la rizosfera de plantas en condiciones in vitro. Los resultados mostraron una reducción de la infección de hasta un 63,5% en 11 cepas, de las cuales 4 cepas (IBUN12A04, IBUN16A08, IBUN2755 e IBUN15A09) mostraron un 62,4% de reducción de la enfermedad. Estas se evaluaron nuevamente en condiciones de invernadero durante 10 y 30 días después de la germinación. Finalmente, la cepa IBUN 2755, que mostró la mayor actividad de biocontrol y fue evaluada en condiciones de campo, mostrando una reducción significativa en los síntomas de la enfermedad y un aumento en el rendimiento del cultivo de hasta dos toneladas por hectárea.

Sasaki et al., (2021) tuvo como objetivo identificar un nuevo fago en una suspensión de abono de hojarasca enriquecida con filtrado. El análisis reveló que el fago jumbo FLC6 pertenece al mismo lado que dos fagos gigantes de *Ralstonia*, a saber, RSF1 y RSL2, que son miembros del género *Chiangmaivirus* (familia: Myoviridae; orden: Caudovirales). Curiosamente, también podría lisar dos cepas de *Ralstonia pseudosolanacearum*, el agente causal de la marchitez bacteriana, lo que sugiere que tiene una amplia gama de huéspedes que puede hacerlo especialmente ventajoso como agente de biocontrol para varias enfermedades bacterianas en cultivos de importancia económica.

Ahmed et al., (2021) sintetizó biológicamente nanopartículas de óxido de zinc (ZnONP) a partir de un *Bacillus cereus* nativo Cepa RNT6. Los resultados mostraron una actividad antibacteriana significativa a 50 µg/mL contra *Burkholderia*

*glumae* y *B. gladioli*, mientras que el número de células de los patógenos fue reducido en 71,2% y 68,1%, respectivamente. En este contexto, los estudios de ultraestructura revelaron el daño morfológico en las nanopartículas de óxido de zinc tratados con células de *Burkholderia glumae* y *Burkholderia gladioli* en comparación con el control podrían considerarse nanoplaguicidas prometedores para controlar la enfermedad de BPB en el arroz.

Ortega et al., (2020) identificó una cepa de *Pseudomonas protegens* y una cepa de *B. cepacia* con actividad antimicrobiana contra *Burkholderia glumae* in vitro en la planta. Además, caracterizó la actividad antimicrobiana de *P. protegens*. Los resultados demostraron que la actividad antimicrobiana está asociada con secreciones bacterianas que inhibieron el crecimiento de *Burkholderia glumae* in vitro y también impidieron que *Burkholderia glumae* causara enfermedades en el arroz. Aunque no se han identificado las moléculas específicas asociadas con estas actividades, estos hallazgos sugieren que las fracciones secretadas podrían aprovecharse como bioplaguicidas para controlar el tizón bacteriano de las panículas del arroz.

Peñaloza et al., (2020) evaluó la actividad antagonista, la promoción del crecimiento y los perfiles de metabolitos de dos rizobacterias, aisladas en diferentes arrozales. De esta manera, se inhibió el crecimiento de cinco cepas de *Burkholderia glumae* en un 85–95%. Además, el análisis mostró que el ácido 3-fenilpropanoico (3-PPA) es el compuesto principal tanto en esta fracción (46,7%) como en el extracto de BSB1 (28,6%). Este compuesto mostró actividad antibacteriana contra las cinco cepas de *Burkholderia glumae* con una concentración inhibitoria mínima (MIC) de 1000 mg / L hacia todas ellas. Por lo tanto, se concluye que los microorganismos de la rizosfera del arroz son una fuente de compuestos que inhiben el crecimiento de *Burkholderia glumae*.

Suárez-Moreno et al., (2019) evaluó tres aislados de *Streptomyces* como agentes de control biológico de *Burkholderia glumae*. Los resultados demuestran que dos cepas (A20 y 5.1) inhibieron el crecimiento de cepas virulentas de *Burkholderia glumae*, así como una amplia gama de especies bacterianas y fúngicas, mientras que la tercera cepa (7.1) mostró solo actividad antifúngica. Los experimentos de invernadero con dos cultivares de arroz indicaron que A20 es capaz de colonizar

plantas de arroz y promover el crecimiento de plantas en ambos cultivares. Estos hallazgos indican el potencial de *Streptomyces* A20 como inoculante de control biológico para proteger las plantas de arroz contra enfermedades bacterianas.

Shrestha et al., (2016) analizó las bacterias asociadas al arroz para determinar sus actividades antagonistas contra los patógenos *Rhizoctonia solani* y *Burkholderia glumae*. Los resultados demuestran que estos RAB antagonistas suprimieron significativamente el desarrollo de la enfermedad del tizón de la vaina y la panícula bacteriana en una condición de campo, sin embargo, también mostraron una disminución de las actividades de supresión de la enfermedad en el ensayo de campo repetido realizado en el año siguiente, probablemente debido a sus actividades antagonistas reducidas durante el almacenamiento a largo plazo en -70 ° C, lo que sugiere que el desarrollo de métodos son adecuados para mantener antagonistas.

Li et al., (2016) realizó un seguimiento del proceso de infección de *Burkholderia glumae* en plantas de arroz en diferentes etapas de crecimiento, así la población de patógenos disminuyó significativamente y se recuperaron con éxito en la etapa de arranque y se dividieron en panículas. Mediante la aplicación por aspersión de una suspensión bacteriana, los patógenos aterrizaron en las vainas de las hojas y las hojas, colonizaron los pelos epidérmicos y los pelos de las hojas, o invadieron las células a través de las estomas. Al mismo tiempo, los patógenos del haz vascular de las raíces se diseminaron hacia el haz vascular de las vainas foliares y las hojas, lo que provocó que las hojas se rizaran y se marchitaran, comenzando desde la punta.

Trigoso y Díaz (2018) tuvieron como objetivo determinar la viabilidad económica y la eficacia de bactericidas como Starner 20WP, BC 100, Kopper Plus, Bio-splent 70WP y Tricox, los cuales mediante una metodología experimental fueron dosificados en siete tratamientos. Así los resultados demostraron que Starner 20WP con dos aplicaciones obtuvo mayor viabilidad económica con un rendimiento de 5775 kg/ha y valor de S/.604.5 por hectárea, mientras que su eficacia demostró un control en las vanas y granos vanos de 14.6 y 48% respectivamente. Por lo tanto, se concluye que Starner 20 WP presenta los mejores beneficios para la inhibición

de *Burkholderia glumae* en condiciones in situ, sin embargo, en escenarios ex situ, todos los productos lograron el mismo resultado a excepción de Tricox.

En este contexto, es necesario especificar la parte teórica sobre el arroz que es una buena fuente de proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales con características de tallos cilíndricos y huecos formados por varios nudos y entrenudos, con hojas largas y angostas, formadas por vaina, limbo y cuello (Ruiz-Sánchez et al., 2016). La siembra directa de arroz sucede a partir de semillas pregerminadas en una superficie de suelo encharcada como siembra en húmedo o en agua estancada poco profunda como siembra de agua, o semillas secas en un semillero preparado como la siembra en seco (Rao et al. 2017).

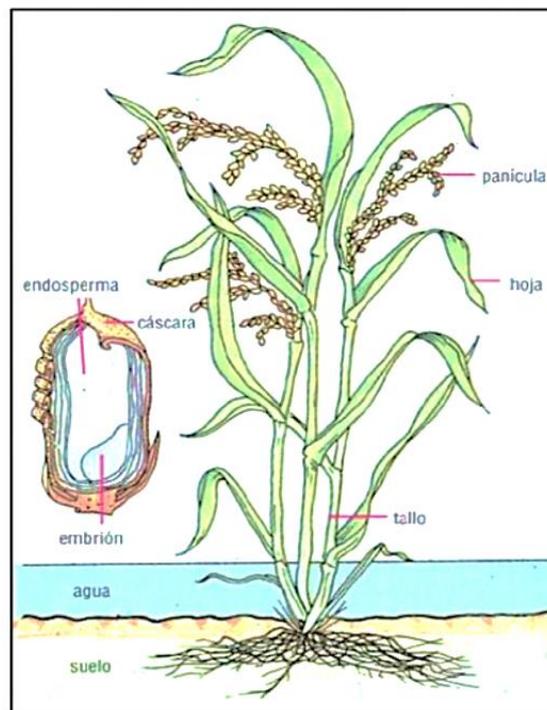


Figura 1. Morfología de la planta de arroz.

Fuente: Ávila (2010) citado en Lizano (2016).

Generalmente, el método convencional de establecimiento de cultivos de arroz permite asegurar un buen establecimiento, control de malezas con agua estancada y reduce las pérdidas por percolación profunda. Por tanto, si los cultivares comerciales de arroz se vuelven resistentes, se beneficiarán los agricultores de sus rendimientos más altos y los consumidores obtendrán los precios más bajos en el mercado. Sin embargo, se requiere un cultivo intensivo de suelo húmedo para crear las condiciones de encharcamiento, donde las plántulas de vivero de arroz de 3-6 semanas de edad se trasplantan manualmente (Singh et al. 2016).

Por otro lado, se requieren grandes cantidades de agua que se mantiene fluyendo entre 5 y 10 cm por encima del suelo en el campo de arroz hasta el período de maduración, finalmente el suelo se seca en las últimas 2-3 semanas antes de la cosecha (Sudirjo, Buisman y Strik 2019). En cambio en el método de arroz seco de semilla directa se siembran con o sin labranza y se aplica riego periódicamente, por lo que se tiene un ahorro de agua del 11-18%, pero el manejo de malezas es el mayor desafío porque emergen simultáneamente con las plántulas de los cultivos y crecen más rápidamente en suelos húmedos (Singh, Vijay et al. 2016).

Por lo que, los agricultores generalmente aplican herbicidas para facilitar la operación y prefieren usar una sola aplicación de herbicidas PRE o POST que no controlan la diversa flora de malezas. De hecho, las plantas de arroz muestran una alta tolerancia a los bactericidas, pero sufren lesiones iniciales leves como clorosis foliar y retraso del crecimiento durante 7 a 14 días después de la aplicación, donde diferentes factores como la etapa de crecimiento del cultivo, la tasa de aplicación y el contenido de agua del suelo pueden contribuir a la fitotoxicidad del bactericida al alterar la absorción, la translocación y el metabolismo (Rahman 2016).

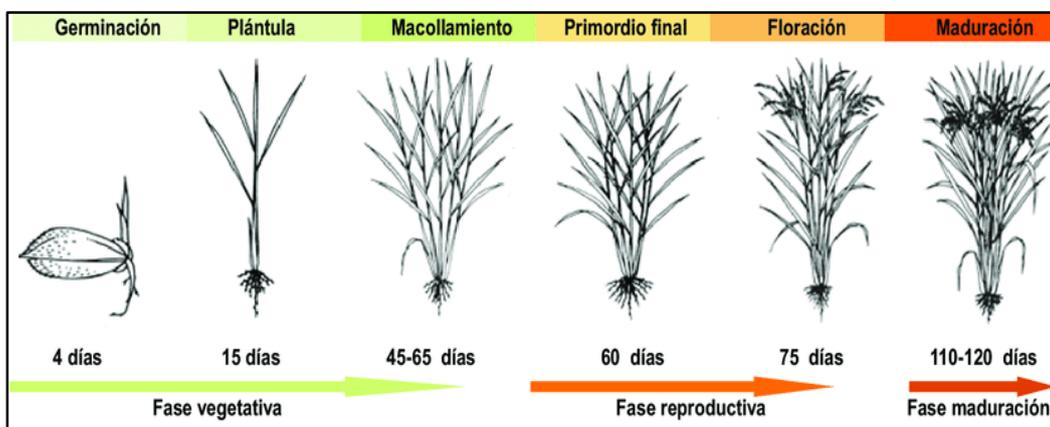


Figura 2. Etapas de crecimiento de la planta de arroz.

Fuente: Camargo (2014).

En cuanto el tizón bacteriano de la panícula del arroz se define como una bacteria gramnegativa, no fluorescente, con forma de bastoncillo con flagelos polares que varía en tamaño de ~ 5,81 a 7,89 Mbp (Weny et al. 2019). Además, este agente patógeno se informó por primera vez en Japón en la década de 1950, y desde entonces se ha convertido en una de las enfermedades del arroz más graves del mundo (Zhou-qi et al. 2016). Pues a diferencia de otras bacterias patógenas de

plantas, puede infectar una amplia gama de plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas (Lee et al. 2016).

Debido a que su crecimiento es causado por la ocurrencia simultánea de altas temperaturas mínimas diarias (~ 22 °C) y humedad relativa (~ 77%), lo cual aumentará en el escenario actual de calentamiento global (Shew et al., 2019). Por ejemplo, en Japón, la mayoría de las semillas de arroz se siembran en cajas de vivero en condiciones de temperaturas relativamente altas de 28 a 30 °C para promover la germinación simultánea, por lo que la pudrición de las plántulas tiende a ocurrir en caso de que las semillas hayan sido infectadas, provocando el eventual desarrollo de la pudrición del grano en el campo (Akimoto-Tomiya, 2021).

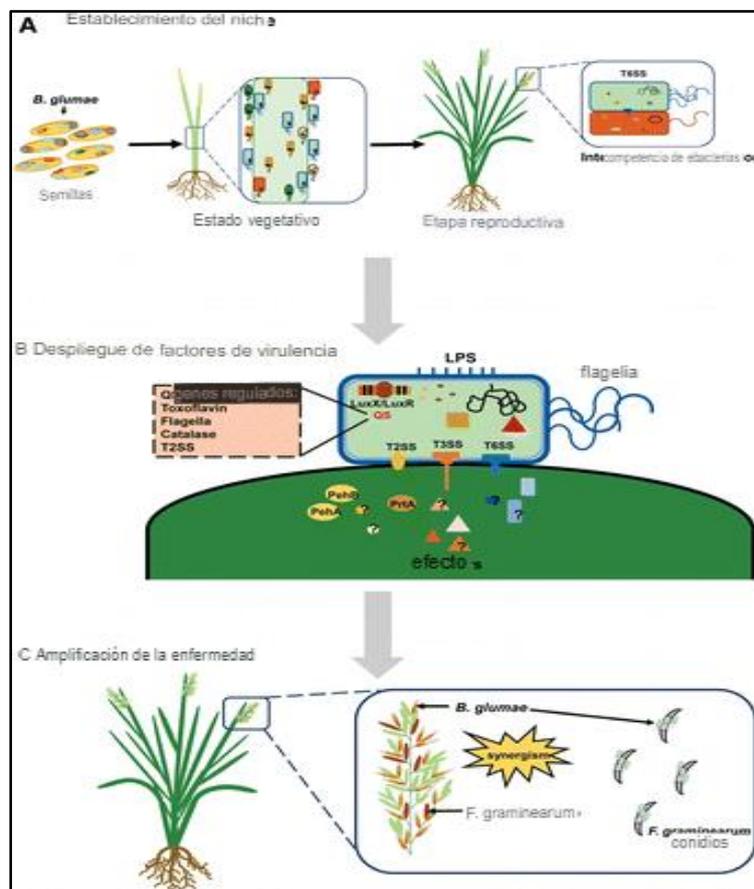


Figura 3. Ciclo de la enfermedad del tizón bacteriano de la panícula.

Fuente: Ortega y Rojas (2021).

Así la infección primaria ocurre cuando las semillas están contaminadas con *Burkholderia glumae* se siembran y después se trasplantan a los campos, ubicadas cerca de las plantas infectadas primarias enfermas son atacadas por el

patógeno en la etapa de brotación, estableciendo así una infección secundaria (Mizobuchi et al., 2020). De esta manera, el patógeno causa pudrición de la semilla y retraso del crecimiento y clorosis en las plántulas en las primeras etapas del desarrollo de la planta, mientras que, durante las etapas vegetativas, el patógeno origina pudrición de la vaina y lesiones grises rodeadas de márgenes marrones en las hojas.

Los efectos más devastadores de la enfermedad ocurren en los tejidos reproductivos, en los que la bacteria provoca la decoloración de las espiguillas e interfiere con el desarrollo del grano, inclusive en casos graves, toda la panícula se vuelve de color pajizo y la mayoría de las panículas quedan sin llenar (Lu et al. 2017). Además, como resultado de la falta de relleno de grano, las panículas permanecen erectas, en contraste con las panículas llenas de granos que se doblan como resultado del peso del grano. De esta manera, la bacteria *B. glumas* es no fluorescente que produce un color amarillo verdoso o blanco grisáceo en varios medios, donde se forma de bastoncillo con 1-3 flagelos (Syahri, Somantri y Sasmita, 2019).

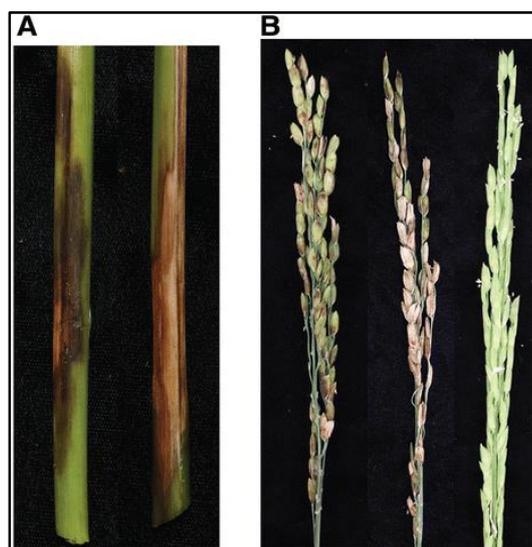


Figura 4. Síntomas del tizón de la panícula bacteriana.

Fuente: Ortega y Rojas (2021).

Además, la clasificación científica de *B. glumas* fue especificada por primera vez en 1967 por Kurita y Tabei, quienes nombraron al patógeno *Pseudomonas glumae* (Martínez, 2016), la cual se agrupó en la clase de *Beta Proteobacteria*, orden de *Burkholderiales*, familia de *burkholderiaceae*, género de *burkholderia* y especie de

*glumae*. Por otro lado, el control exitoso de enfermedades generalmente se basa en el empleo de estrategias de manejo para reducir el daño a un nivel manejable y aceptable. Estas estrategias son la exclusión, la resistencia genética, el control químico, el control biológico y la práctica cultural (Zhou 2019).

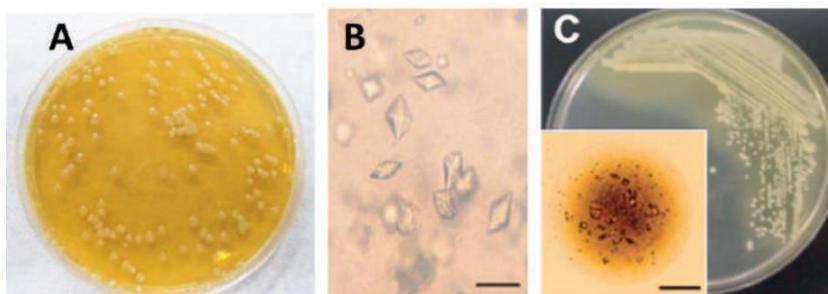


Figura 5. A y C son colonias bacterianas y B es el cristal de toxoflavina producido.

Fuente: Kimet al., (2010) citado en Syahri, Somantri y Sasmita (2019).

Recientemente, una de las medidas para controlar las enfermedades de las plantas es el mejoramiento de variedades de arroz tolerantes, para lo cual se han analizado genéticamente cepas para identificar supuestos genes de virulencia (Akimoto-Tomiya 2021). Sin embargo, un cultivar de arroz resistente a *B. glumas* no está disponible comercialmente en este momento, por lo que el control químico se lleva a cabo mediante tratamientos de semillas y las aspersiones foliares, sin embargo, estos tratamientos presenta una limitación debido a la aparición de cepas naturalmente resistentes al ácido oxolínico (Shrestha et al. 2016).

En este contexto, Maeda et al., (2004) reveló que la aparición natural de cepas de *Burkholderia glumae* resistentes al ácido oxolínico es el resultado de mutaciones que provocan la sustitución del aminoácido en la posición 83 de serina a arginina o isoleucina. El mismo grupo de investigación informó más tarde que se aumentó la aptitud parasitaria en la espiguilla del arroz (Maeda et al., 2007). Por otro lado, el control biológico permite que algunas cepas avirulentas puedan suprimir el desarrollo del tizón bacteriano, por ejemplo, en un estudio desarrollado por Miyagawa y Takaya (2000) se llegó al descubrimiento que *B. gladioli* previó la aparición de la enfermedad casi por completo (Shrestha et al., 2016).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

La investigación fue de tipo aplicada debido a que tuvo el interés en la aplicación o utilización de los conocimientos logrados por las investigaciones básicas o teóricas (Sánchez, Reyes y Mejía, 2018), lo cual se llevó a cabo a través de la sistematización de estudios primarios conseguidos en bases de datos como Scopus para obtener información relevante, de esta manera el nivel fue descriptivo y por cualitativo motivo que se enfocó en una sola temática, suceso o fenómeno, lo cual dio pie a una investigación detallada.

Mientras que respecto al diseño fue no experimental con metodología narrativa porque que se utilizó en la recolección, análisis de datos, la observación y la descripción de los fenómenos estudiados mediante un nivel longitudinal porque en los estudios primarios ya sucedieron los fenómenos (Escudero y Cortez 2018). En este caso, se tomó en cuenta estudios experimentales que realizaron otros autores que estuvieron enfocados en el control de *Burkholderia glumae* en la panícula de arroz para consensuar ideas y llegar a conclusiones específicas.

#### **3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización**

Como el trabajo de investigación tuvo enfoque cualitativo se requirió de la categorización de las variables, donde las categorías denotaron un tópico en sí mismo, mientras que las subcategorías detallaron los tópicos en micro aspectos a partir de los puntos más importantes que surgen de la formulación de problemas y objetivos de la investigación (Bermúdez, 2016), por consiguiente, se presenta la matriz de categorización:

**Tabla 1.**  
*Matriz de categorización apriorística.*

ÁMBITO DE ESTUDIO	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	CATEGORÍA	SUB-CATEGORÍA	
Estudios comparativos de sistemas de control de Burkholderia glumae, agente causal del añublo, en la panícula de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.), .	¿Cómo son los estudios de los sistemas de control de Burkholderia glumae como agente causal del añublo bacterial en la panícula de arroz?	¿Cómo es la caracterización morfológica del Burkholderia glumae como agente causal del añublo bacterial?	Describir los estudios de los sistemas de control de Burkholderia glumae, como agente causal del añublo bacterial en la panícula de arroz.	Identificar la caracterización morfológica de Burkholderia glumae como agente causal del añublo bacterial	Caracterización morfológica	Morfología	
		¿Cuáles son los factores de incidencia del Burkholderia glumae en la panícula de arroz?		Distinguir los factores de incidencia de Burkholderia glumae en la panícula de arroz		Factores de incidencia	Pigmentación
							Prueba
					Lugar de experimentación		
		¿Cuáles son los impactos de la presencia de Burkholderia glumae sobre el cultivo de arroz?		Evaluar los impactos de la presencia de Burkholderia glumae sobre la panícula de arroz.	Impactos en el cultivo de arroz	Temperatura	
						Método de infestación	
Incidencia de la enfermedad							
					Lugar de cultivo		
					Tiempo de manifestación		
					Síntomas		

Fuente: Elaboración propia.

### **3.3. Escenario de estudio**

La investigación de revisión sistémica no tuvo escenario de estudio específico, más que las condiciones del control de *Burkholderia glumae* en la panícula de arroz según la metodología por cada autor de los participantes, las cuales ayudaron al investigador a sumergirse en los elementos que estructuran el fenómeno para poder llegar a su comprensión.

### **3.4. Participantes**

Los participantes en la presente investigación fueron los artículos científicos y tesis de revistas indizadas las cuales fueron obtenidas de plataformas digitales como Scopus, NCBI, Proquest y Repositorios Institucionales de diferentes universidades del país y el mundo. Para ello, se utilizó una ecuación de búsqueda con conectores lógicos formulada según las palabras claves con la finalidad de conseguir investigaciones primarias ideales para la revisión (García-Peñalvo 2017) que cumplieran los criterios de inclusión y exclusión respecto al tema de sistemas de control de *Burkholderia glumae*, agente causal del añublo, en la panícula de arroz.

### **3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La técnica de recolección de datos fue el análisis documental con su instrumento guía de análisis documental que permitió recabar de cada artículo la información específica necesaria, según los objetivos de la investigación para resumir estructuradamente la información disponible en múltiples artículos y fuentes de datos con altos niveles de confiabilidad para responder los objetivos de la investigación (Moreno et al., 2018). Ello con el fin de ordenar la gama de información y posteriormente emprender un análisis interpretativo con mayor facilidad.

### **3.6. Procedimiento**

Etapa I Recopilación de información, de artículos científicos de revistas indexadas contenidas en la base de datos de Scopus, NCBI y Proquest mediante una ecuación de búsqueda con el conector lógico “AND” y las palabras

claves (control AND *Burkholderia glumae* AND bacterial add AND rice panicle) con la finalidad de obtener estudios que ayuden a facilitar el desarrollo de la investigación. En este contexto, se realizó la exclusión de investigaciones tanto por filtros de tipo de fuente y fecha de publicación como por examinación del título y el resumen.

**Tabla 2.**

*Criterios de inclusión y exclusión de los artículos revisados*

<b>Criterio de inclusión</b>	<b>Criterio de exclusión</b>
<i>Burkholderia glumae</i> como agente causal del añublo bacterial en la panícula de arroz	<i>Burkholderia glumae</i> como agente causal del añublo bacterial en otras plantas
aplicación de métodos de control de <i>Burkholderia glumae</i>	Aplicación de métodos de control de otras bacterias
Control de <i>Burkholderia glumae</i>	Control de otras bacterias
2016-2021	Antes del 2015

Fuente: Elaboración propia.

Etapa II Redacción del informe de investigación: Se realizó la inclusión de los artículos mediante una lectura generalizada para seleccionar los artículos más relevantes para el aporte en el tema de investigación, además se revisó transversalmente la información contenida en las listas de referencia de todos artículos identificados para obtener estudios adicionales para luego describir la información seleccionada, de acuerdo con las variables y objetivos de estudio propuestos, además se tomó en cuenta el formato establecido por la universidad.

Etapa III Procesamiento de la información: En la presente investigación se realizó el procesamiento de información en los resultados mediante la utilización del programa Excel en versión 2016 debido a que se ejecutó una revisión de artículos científicos para la determinación de los objetivos propuestos.

A continuación, se describe todos los procedimientos realizados en la revisión sistemática mediante un diagrama de flujo:



Figura 6. Flujograma de los procedimientos de la revisión sistémica.

Fuente: Elaboración propia.

### **3.7. Rigor científico**

La presente investigación se sustentó en la credibilidad mediante la explicitación de la recogida de datos verídicos, asimismo, se manifiesta la transferibilidad que se refiere al grado de aplicación de los resultados en otros contextos, mientras que por otro lado, se incorpora la consistencia con la finalidad de mantener una estabilidad de los datos, mientras que la conformabilidad remite a la neutralidad del investigador (Lara 2017).

Estos criterios de calidad parten de una profunda revisión del estado del arte, de la aplicación de niveles de competencia de los investigadores, del interés de hacer visibles los resultados ante la comunidad científica y en especial de la necesidad de aportar un nuevo conocimiento científico que contribuya al mejoramiento de la calidad de vida y se posicione en los ránquines académicos y científicos (Rodríguez, Trisancho y Ortega 2015).

### **3.8. Método de análisis de datos**

El análisis crítico permitió evaluar un artículo a través de las lecturas generalizadas y un razonamiento crítico de los resultados de un estudio a fin de minimizar los errores sistemáticos en todas las etapas de la investigación, identificando vacíos en los estudios primarios para la generación de nuevas ideas (García-Perdomo 2018). Mientras que el análisis de sensibilidad estuvo referida a la presencia de variabilidad en los resultados de los estudios que puede evidenciar datos no confiables, por lo que deben ser tomados con cautela (Fernandez-Chinguel et al. 2019).

### **3.9. Aspectos éticos**

La ética es una exigencia metodológica práctica que todo investigador debe tener para una verdadera y plena investigación, por eso se respetó la autoría de las fuentes de información citando correctamente con la norma vigente que rige la Universidad Cesar vallejo sobre la correcta referenciación y citación con el propósito de respetar los derechos de autor para evitar omisión y/o plagio de pensamientos, negligencia e incluso fraude en la confiabilidad de la investigación (Viorato y Reyes, 2019).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Resultados

**Tabla 3.**

Control de *Burkholderia glumae* como agente causal del añublo en la panícula de arroz.

Autor	Fuente	Tipo de control	Ingrediente activo	Elementos	Diseño experimental	Réplicas de tratamiento	Métodos	Resultados
Akimoto-Tomiyama (2021)	Artículo	Biológico	<i>P. putida</i> y <i>S. maltophilia</i>	Tres cepas de <i>Pseudomonas putida</i> (RSB1, RSB10, RSB15) y <i>Stenotrophomonas maltophilia</i> (RSB2).	Diseño completamente al azar	3	Ensayo de inhibición competitiva y prueba de motilidad de enjambre	Los tres <i>P. putida</i> suprimieron la enfermedad, mientras que RSB2 no tuvo ningún efecto.
Jung et al. (2019)	Artículo	Químico	Cloruro de difenileniodonio	DPIC	Diseño completamente al azar	1	Ensayo de actividad antibacteriana, de crecimiento de plántulas de arroz y de eficacia en cabezas de arroz	DPIC inhibió el crecimiento celular de <i>Burkholderia glumae</i> , <i>B. megaterium</i> , <i>E. coli</i> , <i>P. putida</i> y <i>R. solanacearum</i>
Wilkinsons K., (2019)	Artículo	Biológico	Hoja de Bengala y Júpiter	<i>Pseudomonas</i> sp. NF81	Diseño completamente al azar	3	Ensayo de inhibición del crecimiento	La cepa bacteriana más prevalente era <i>Pseudomonas</i> sp. YSA5
Ríos et al., (2019)	Tesis	Biológico	<i>Bacillus</i> , <i>Pseudomonas</i>	Cepas de bacterias endofíticas identificada empleando el gen 16S rRNA	Diseño completamente al azar	-	Producción de enzimas extracelulares, ensayos de motilidad y sensibilidad-resistencia	Las cepas del género <i>Bacillus</i> pueden ser consideradas como potenciales agentes biocontrol para el añublo

Mizobuchi et al., (2016)	Artículo	Biológico	Genes únicos de loci de rasgos cuantitativos	Tres QTL ( <i>qBS2</i> , <i>qBS9</i> y <i>qBS11</i> ) se detectaron en los cromosomas 2, 9 y 11, respectivamente.	Diseño completamente al azar	3	Evaluación de la resistencia a la BSR	<i>qBS11</i> tuvo el puntaje de logaritmo de probabilidades (LOD) más alto de 5.11 en mapeo de intervalo compuesto y 2.82 en mapeo de intervalo.
Pedraza-Herrera et al., (2021)	Artículo	Biológico	<i>Bacillus</i>	IBUN-2755, -15A09, -16A08, IBUN-0248, IBUN-12A04, - 0204, -0290, -0203, -0264, -0229 y - 0219.	Diseño completamente al azar	3	Ensayo de cultivo dual	En una segunda repetición del tratamiento la cepa IBUN 2755, que mostró la mayor actividad de biocontrol
Sasaki et al., (2021)	Artículo	Biológico	Fagos en el abono de hojarasca	El fago aislado se denominó FLC6.	Diseño completamente al azar	-	No menciona	La gravedad de la enfermedad fue sólo 1.0% con tratamiento FLC6.
Suárez-Moreno et al., (2019)	Artículo	Biológico	<i>Streptomyces</i>	Los aislados seleccionados como A20, 5.1, 7.1	Diseño completamente al azar	2	Ensayos de difusión de pozos de Kirby-Bauer	Las cepas A20 y 5.1 exhibieron actividades antimicrobianas contra 91.48% y 78.72%
Seo et al. (2015)	Artículo	Biológico	<i>Genoma del plantarii ATCC 43733T</i>	Organización genómica de <i>Burkholderia glumae</i> BGR1 y <i>B. gladioli</i> BSR3	Diseño completamente al azar	No menciona	Análisis MUMmer	<i>B. plantarii</i> ATCC 43733T son más similares a las de <i>B. gladioli</i> BSR3 y estrechamente vinculada <i>B.</i>
Ortega, (2021)	Artículo	Biológico	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>P. fluorescens</i> PBL3, <i>P. fluorescens</i> 5-40, <i>P. fluorescens</i> 1-30, <i>P. fluorescens</i> 2-79	Diseño completamente al azar	5	Ensayo de inhibición	PBL3 inhibe el crecimiento bacteriano a 2 días y reduce la aparición de síntomas en 7 días después de la

								inoculación
Ahmed et al., (2021)	Artículo	Bioquímico	<i>Nanopartículas de óxido de zinc de una cepa de Bacillus cereus RNT6</i>	No menciona	Diseño completamente al azar	No menciona	Ensayo de inhibición	Protege las plantas y se pueden utilizar para producir formación de nanoplaguicidas.
Martínez (2016)	Tesis	Químico	Green Star y Oxilobac	T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T12, T13, T14	Diseño de bloques completo al azar	4	Ensayo hoja Blanca	T9 donde se reportó 0,29% la incidencia de la bacteria
Shrestha et al., (2016)	Artículo	Biológico	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> , <i>B. methylotrophicus</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>Lysinibacillus sphaericus</i> y <i>L. macroides</i>	Las bacterias antimicrobianas (RAB1, RAB5 y RAB12) junto con <i>Lysinibacillus sphaericus</i> (RAB1 y RAB12) o <i>L. xylanilyticus</i> (RAB5).	Diseño completamente al azar	4	Ensayo de cultivo dual	RAB6 y RAB9 tuvieron una reducción significativa del tizón de la vaina.
Ngalimat et al., (2021)	Artículo	Biológico	<i>Streptomyces</i>	Tratamientos TBS5, JAS2, R2-7 y TKR8	Diseño completamente al azar	3	Ensayo de inhibición, germinación y vigor	Los tratamientos TBS5, JAS2, R2-7 y TKR8 incrementaron en un 101,5% (4,6 cm) en laboratorio y de 151,9% (0,8 cm) en invernadero
Trigoso y Díaz (2018)	Tesis	Bioquímico	<i>Starter 20 WP (ácido oxolínico)</i> , <i>BC 100 (extracto de semilla y pulpa de cítricos)</i> , <i>Kopper Plus</i> , <i>Bio-splent 70 WP</i> y <i>Tricox</i>	T1: Kopper Plus (1 L/200 Litros), T2: Bio-splent 70 WP (1 kg/200 Litros), T3: Starter 20 WP (250 g/ha), T4: Starter 20 WP (250 g/ha), T5: BC-1000 (0.8 L/200 Litros), T6: BC-	Diseño completamente al azar	4	Ensayo de germinación e infestación	Starter 20 WP con dos aplicaciones, logró la mejor eficacia de control sobre <i>Burkholderia glumae</i>

				1000 (0.8 L/200 Litros), T7: Bio-Splent 70 WP(1 kg/ha)				
Perea (2019)	Tesis	Biológico	<i>Bacillus velezensis</i>	Plantas inoculadas con la cepa IBUN 2755-M1, y plantas control sin inocular.	Diseño completamente al azar	3	Ensayos de Quimiotaxis	IBUN 2755-M1 es capaz de desarrollarse como endófito tanto en raíz y como en vástago
Peláez y Londoño (2017)	Artículo	Biológico	<i>Bacillus</i>	<i>Bacillus subtilis</i> /amiloliquenfaciens (C8 y C14)	Diseño completamente al azar	2	Técnica de enfrentamiento de cultivos duales	Ambas cepas ayudan al crecimiento y desarrollo óptimo de las plantas y actúan como control
Valdez-Nuñez et al. (2020)	Artículo	Biológico	Bacterias endofíticas	<i>Burkholderia vietnamiensis</i> TUR04-01, <i>B. vietnamiensis</i> TUR04-03, <i>B. gladioli</i> TUG05-07 y <i>Bacillus aryabhattai</i> AMH12-02	Diseño completamente al azar	4	Ensayo de actividad antimicrobiana, motilidad y sensibilidad/resistencia a bactericidas	<i>B. gladioli</i> TUG05-07 puede ser considerada como altamente resistente

Fuente: Elaboración propia.

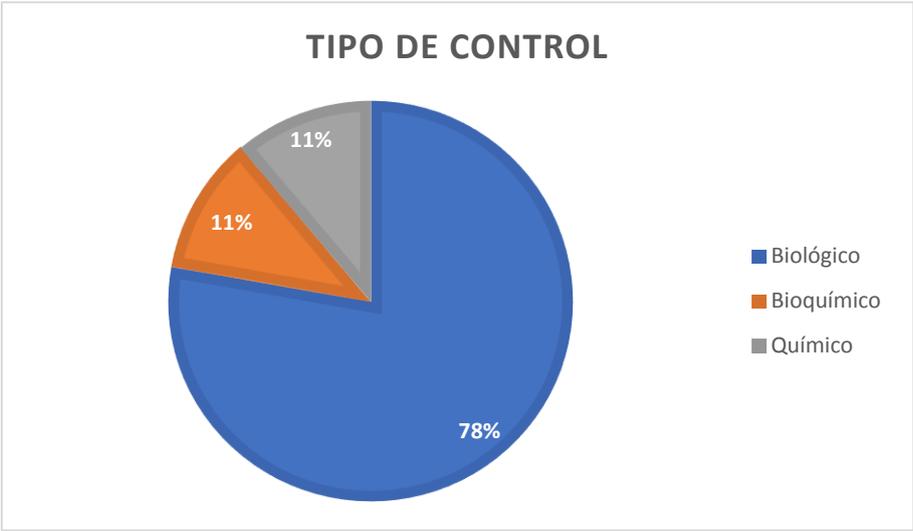


Figura 7. Tipo de control de la bacteria *Burkholderia glumae*.

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 4.**  
*Caracterización morfológica del Burkholderia glumae.*

<b>Autor</b>	<b>Fuente</b>	<b>Morfología</b>	<b>Pigmentación</b>	<b>Prueba</b>	<b>Resultados</b>
Hasibuan (2018)	Articulo	Circular, elevación plana	Crema	Tinción de Gram	5 cepas fueron Gram negativas, IR64 M aislado de Medan y ME, SIB, IR64 SR y CH SR. El resto cepas (6) fueron Gram positivas
Wdarti et al., (2020)	Artículo	Redonda con elevación convexa	Púrpura, negruzco o pardusco en medio	Tinción de Gram y pruebas de crecimiento a pH 4,8 y 2% de NaCl	Tinción de Gram negativa con varias puntuaciones de patogenicidad, a saber 1 a 3. Bacterias que se han aislado no crece en un medio con un pH de 4.
Mulaw et al., (2018)	Articulo	Redondas, lisas e hinchadas	Amarillo difusible y blancas amarillentas	Aislamiento e identificación morfológica del patógeno	Aproximadamente el 41% (73 muestras) mostró características morfológicas similares a la cepa de referencia (Supplemental-2)
Ramachandran (2021)	Articulo	Circulares y convexas	Blanco crema con amarillo	Cultivo en agar king's B Catalasa (+) Oxidasa (-)	Los aislados fueron Gram negativos, capaces de crecer a 40 ° C y 3% (p / v) de NaCl.
Martínez (2016)	Tesis	Forma de bacilos	Pigmentación rojo	Tinción de Gram Cultivo en agar king's B	Tinción de Gram negativo. Capaces de crecer a una temperatura de 30°C, después de 24 h de haber sido inoculado
Peña (2017)	Tesis	Colonias lisas, redondas, planas a convexas	Blanco a amarillo parduzco	Tinción de Gram Placas Catalasa (+) Oxidasa (-)	Gram negativas, con forma de varillas muy pequeñas con los extremos redondeados, parecidas a cocobacilos
Quinaloa (2016)	Tesis	Circulares, elevadas y con márgenes lisos	Amarilla	Caldo King B, seguida de incubación a 28 °C con agitación constante (150 rpm) por 24 h.	Gram negativos (-) con 1 a 7 flagelos polares, sin esporas, mide 1.5-2.5 µm de largo X 0.5-0.7 µm de diámetro
Aflaha et al. (2020)	Articulo	Circulares y convexas	Blanca a blanco amarillento	Tinción de Gram Caldo King B	En King'B no se forman medios de pigmento fluorescentes, pero se forma toxoflavina en cepas malignas.
Li et al. (2016)	Articulo	Lisas y brillantes	Blancas	Tinción de Gram Caldo King B	Tanto Burkholderia glumae LMG 2196 como gfp- Bg causaron niveles comparables de Índice de enfermedad.

Fuente: *Elaboración propia.*

**Tabla 5.***Factores de incidencia de Burkholderia glumae en la panícula de arroz.*

<b>Autor</b>	<b>Fuente</b>	<b>Lugar de experimentación</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Método de infestación</b>	<b>Incidencia de la enfermedad (%)</b>
Ramachandran et al. (2021)	Articulo	En campo	40	Natural	50
Wahidah et al. (2019)	Artículo	En laboratorio	30	Artificial	100
Amirullah et al., (2020)	Artículo	En laboratorio	41	Artificial	61.02
Mizobuchi et al. (2020)	Artículo	En campo	35	Artificial	63
Safni y Lubis (2019)	Articulo	En campo	30	Artificial	100
Quinaloa (2016)	Tesis	En laboratorio	42	Artificial	80
Trigoso y Díaz (2018)	Tesis	En campo	37	Natural	50
Aflaha et al. (2020)	Articulo	En laboratorio	-	Artificial	76
Darmawan et al., (2021)	Articulo	En laboratorio	37	Artificial	80
Riera-Ruiz et al. (2018)	Articulo	En campo	37	Natural	8
Li et al. (2016)	Articulo	En laboratorio	30	Artificial	81
Kim et al. (2021)	Articulo	En campo	28	Artificial	10
Choi et al. (2021)	Articulo	En campo	28	Natural	73
Hussain et al. (2020)	Articulo	En campo	-	Natural	67
Akimoto-Tomiyama (2021)	Articulo	En laboratorio	37	Artificial	37
Jung et al. (2019)	Artículo	En laboratorio y campo	28	Artificial	50
Wilkinson (2019)	Artículo	En laboratorio	35	Artificial	40
Medraza-Herrera et al (2021)	Articulo	En laboratorio	30	Artificial	75
Sasaki et al., (2021)	Articulo	En laboratorio	30	Artificial	100
Suárez-Moreno et al., (2019)	Articulo	En campo	25	Artificial	80
Ortega, (2021)	Articulo	En campo	35	Natural	75
Ahmed et al., (2021)	Articulo	En laboratorio	-	Artificial	29.9
Martínez (2016)	Tesis	En campo	30	Natural	45.1
Perea (2019)	Tesis	En laboratorio	30	Artificial	50

Fuente: Elaboración propia.

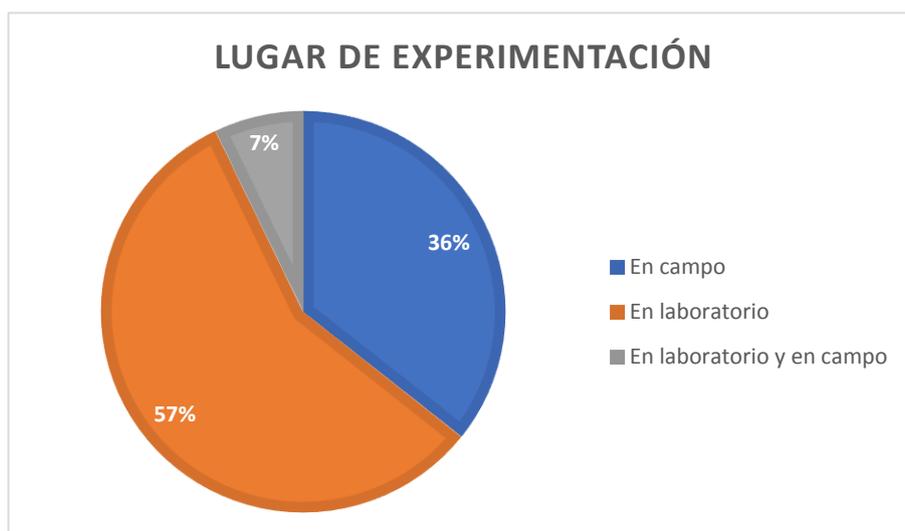


Figura 8. Lugar de experimentación del control de *Burkholderia glumae*.

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 6.**

*Impactos de la presencia de Burkholderia glumae sobre el cultivo de arroz.*

Autor	Fuente	Lugar de cultivo	Tiempo de manifestación (días)	Síntomas
Ramachandran (2021)	Artículo	Malasia	7	Panículas de color pajizo, floretes descoloridos con una porción basal más oscura de las glumas
Wahidah et al., (2019)	Artículo	Indonesia	8	Granos y panículas marrón negruzco, vaina de color marrón y síntomas de pudrición
Amirullah et al., (2020)	Artículo	Indonesia	93	Manchas marrones en los granos y las lesiones en las hojas bandera
Mizobuchi et al., (2020)	Artículo	Japón	7	Semillas y vainas con lesiones marrones.
Safni y Lubis (2019)	Artículo	Indonesia	7	Pudrición en la vaina y decoloración del casco de las semillas a marrón claro y medio, vacío de la semilla
Quinaloa (2016)	Tesis	Ecuador	7	Decoloración de la vaina, pudrición de la vaina y de la plántula
Trigoso y Díaz (2018)	Tesis	Perú	8	Granos con manchas de color café y vainas con pudrición y decoloración
Aflaha et al. (2020)	Artículo	Indonesia	7	Pudrición de la vaina y de la plántula
Darmawan, Kuswinanti y Asman (2021)	Artículo	Indonesia	7	Lesiones necróticas de color marrón rojizo en granos y panículas en blanco
Riera-Ruiz et al. (2018)	Artículo	Ecuador	21	Pudrición del grano, de las plántulas y de las vainas
Li et al. (2016)	Artículo	China	5	Pudrición típica del grano y

				pardeamiento de la vaina
Kim et al. (2021)	Artículo	Japón	7	Pudrición de la vaina y de la plántula
Choi et al. (2021)	Artículo	Korea	8	Semillas y vainas con lesiones marrones
Hussain et al. (2020)	Artículo	Indonesia	6	Granos con manchas de color café y vainas con pudrición y decoloración

Fuente: Elaboración propia.



Figura 9. Tiempo de manifestación de la bacteria *Burkholderia glumae*.

Fuente: Elaboración propia.

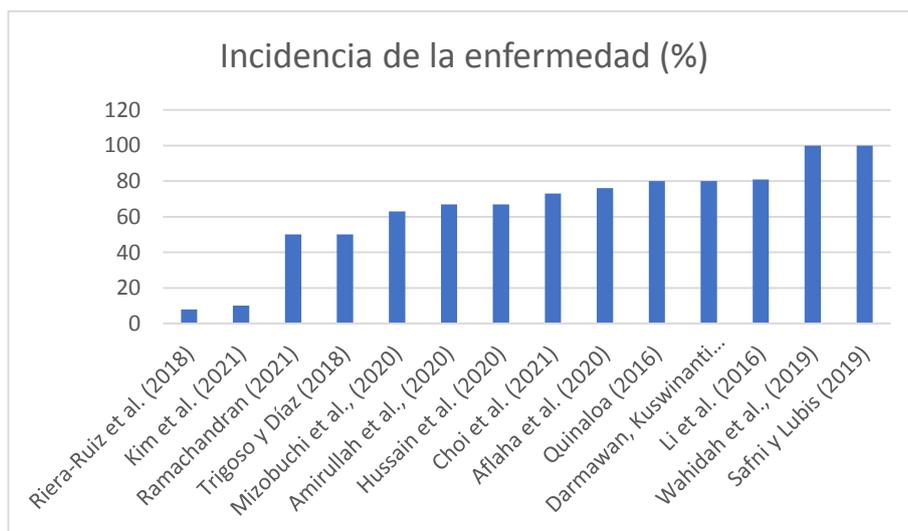


Figura 10. Incidencia de la enfermedad causada por bacteria *Burkholderia glumae*.

Fuente: Elaboración propia.

## 4.2. Discusión

Los resultados sobre los métodos de control de *Burkholderia glumae* como agente causal del añublo bacterial en la panícula de arroz indican que mayormente se emplea agentes biológicos, representado por el 79% de los cuales predominan los ingredientes activos de *Pseudomonas* y *Bacillus* como es el caso de la investigación de Ríos (2016) donde se reportó que 9 cepas con respecto a los 34 endófitos bacterianos procedentes de la selección primaria (26,5%) y a las cepas totales aisladas 20 (4,8%), fueron confirmadas con una actividad inhibitoria mayor a 150 mm<sup>2</sup> por *Bacillus* que favorecen el crecimiento de la planta, contribuye a proteger a la planta contra infecciones fitopatogénicas por acomplejamiento de Fe haciéndolo menos viable a los patógenos bajo condiciones “in vitro” en Perú.

Similarmente, en la investigación de Peláez y Londoño (2017) se obtuvieron 24 aislamientos en total de bacterias endófitas que fueron evaluadas mediante la técnica de enfrentamiento de cultivos duales, de las cuales sólo dos cepas bacterianas presentaron actividad antagónica contra *Burkholderia glumae*. Mientras que en Valdez-Nuñez et al. (2020) se aislaron 189 bacterias endofíticas, de las cuales solo 9 presentaron actividad antimicrobiana contra *Burkholderia glumae* THT, sobresaliendo *Burkholderia vietnamiensis* TUR04-01, *B. vietnamiensis* TUR04-03 y *Bacillus aryabhatai* AMH12-02. En cambio, Suárez-Moreno et al (2019), encontró que de tres cepas, solamente *Streptomyces* cepa A20 fue capaz de inhibir el crecimiento “in vitro” de distintas cepas de *Burkholderia glumae* en Colombia.

Además, en el caso de Pedraza-Herrera et al. (2021), la cepa de *Bacillus velezensis* IBUN 2755 fue aislada de la rizósfera de papa criolla, la cual posee capacidad de control biológico contra *Burkholderia gluma* IBUN 2755 es capaz de desarrollarse en la superficie y como endófito de plantas de arroz F2000 bajo condiciones controladas hasta el día 28 después de inoculado en semilla (Perea, 2019). La cepa *Bacillus* induce resistencia sistémica hasta 30 días después de la inoculación del patógeno, demostró por una disminución de los síntomas en las hojas con 473 una eficiencia de control de hasta el 70,8%.

Por otro lado, el control químico es el segundo utilizado según los artículos y tesis revisadas, donde el mayor control resultó el tratamiento T3 (1.5kgO/ha) logrando

hasta 96%, el T2 (1KgO/ha) controlando 82%, y el T1 (1/2KgO/ha) control de 65%. Como vemos aparentemente el T3 con mayor control, pero se observó que este tratamiento altera la fisiología de la planta sobretodo el desarrollo del hipocotilo, por lo que se le considera como mejor tratamiento al T2 (1KgO/ha) con un 82% de control (Martínez, 2016).

Asimismo, los resultados encontrados de Trigoso (2018) presentaron al ácido oxolínico inhibiendo significativamente el crecimiento de la bacteria, mientras que, el testigo sin aplicación presentó el 5.8 % de granos manchados, debido a que no tuvo ningún producto bactericida protector. Se encontró que el tratamiento con Starner 20 WP (250 g/ha), con dos y tres aplicaciones, mostró la mejor eficacia de control para el porcentaje de granos vanos, con 48 y 47 %, respectivamente, sin existir diferencias significativas entre ambos.

Por lo tanto, de acuerdo con las investigaciones realizadas, es necesario hacer evaluaciones oportunas, utilizar semilla certificada y tener una buena fertilización de forma balanceada. Así se podrán obtener mejores resultados en rendimientos y calidad del grano. Además a partir de diferentes métodos según el ingrediente activo, donde para un completo control en las condiciones de experimentación la mayoría de los autores optan por obtener una infestación artificial, por ejemplo Pedraza-Herrera et al., (2021) inoculó las semillas durante 30 min en agitación a 150 rpm y  $28 \pm 2$  ° C para ser bacterizadas, luego se colocaron en la superficie del agar semisólido con *B. glumas* incorporado en él, se sellaron mantener la humedad  $30$  ° C  $\pm$   $2$  ° C en condiciones de oscuridad durante 7 días. Similarmente Sasaki et al., (2021) contaminó las semillas en una incubación durante 24 h a 28 °C en la oscuridad.

Sin embargo, el estudio para la eficiencia se realiza principalmente en campo con la finalidad de evaluar las condiciones naturales del crecimiento de la planta de arroz, considerando que diversos factores pueden afectar el control, en este contexto Suárez-Moreno et al., (2019) incluyó dos réplicas biológicas de *Streptomyces* en diez plantas, las cuales se analizaron sus propiedades biométricas como peso fresco de raíces y brotes, peso seco y longitud de la planta después de 31 días de la inoculación, consiguiendo que la cepa A20 sea capaz de promover el crecimiento del arroz en comparación con las plantas no inoculadas, ya que generó aumentos en la

longitud de los brotes y el peso fresco en las raíces y plantas de dos cultivares diferentes.

Asimismo Shrestha et al., (2016) trató semillas de arroz con cinco RAB con altas actividades antimicrobianas (RAB6, Rab9, RAB16, RAB17S, y RAB18) y luego cultivó en el invernadero durante cuatro semanas para posteriormente medir el tamaño de las plántulas de arroz y comparar en función de la longitud de los brotes y las raíces, de esta manera sus resultados demostraron un desarrollo reducido de los síntomas del tizón de las panículas bacterianas en las panículas de arroz, mientras que RAB9 y RAB18 mostraron una actividad promotora del crecimiento significativa para raíces y brotes respectivamente.

Por otro lado, se ha estudiado la modificación de genes de las plantas como en el caso de Mizobuchi et al., (2016), donde se utilizó un conjunto de líneas endogámicas recombinantes (RIL) derivadas de un cruce entre 'Tadukan' (resistente) y 'Hinohikari' (susceptible) para identificar los QTL que confieren resistencia a BS en la etapa de plántula en una pantalla de invernadero. Asimismo, años posteriores Mizobuchi et al., (2020) se evaluó la resistencia a la pudrición bacteriana de las plántulas, para lo ello las semillas de arroz se esterilizaron sumergiéndolas en blanqueador con cloro (cloro disponible al 2,5%) durante 30 minutos y se enjuagaron cuidadosamente con agua esterilizada. Las semillas esterilizadas se colocaron en una suspensión bacteriana recién preparada y se mantuvieron al vacío (-0,02 MPa) durante 3 min. Las semillas inoculadas se secaron durante la noche y luego se remojaron en agua esterilizada durante 2 días en una cámara de crecimiento de plantas a 27 ° C.

Luego, las semillas se sembraron en suelo esterilizado en Japón y se incubaron en una cámara de crecimiento a 27 ° C con 80% de humedad bajo un fotoperíodo de 14 h. Los fenotipos de las plantas se clasificaron como "sanas" o "enfermas" a los 7-10 días después de la inoculación, y la tasa de incidencia de BSR se calculó como el porcentaje de plantas enfermas, incluidas las semillas no germinadas, entre el total (15) semillas utilizadas para la inoculación. Hubo tres repeticiones por inoculación. De esta manera, el conocimiento de los impactos potenciales del cambio climático en las variables ambientales y económicas, como la eficiencia de la producción, la ecotoxicidad y los cambios en el comercio internacional debido a los efectos del precio y el volumen, proporciona un argumento doble para un apoyo renovado y

mayor para la investigación de la resistencia a *Burkholderia glumae* en los programas de reproducción.

Por otro lado, respecto a la incidencia de la enfermedad, se ha evidenciado que Riera-Ruiz et al. (2018) identificó una mayor incidencia de *Burkholderia glumae* de 8 % en Ecuador, mientras que 80% en Quinaloa (2016), los cuales son diferentes de las de otros lugares, pues en Indonesia se obtuvieron valores de 67% en Amirullah et al., (2020) y Hussain et al. (2020), de 100% en Wahidah et al., (2019) y Safni y Lubis, (2019), 76% en Aflaha et al. (2020), 80% en Darmawan, Kuswinanti y Asman (2021). Mientras que en Malasia se observó de 50% en Ramachandran (2021) la cual es similar a Perú según la investigación de Trigos y Díaz (2018). Además, en Japón de 63% Mizobuchi et al., (2020) y de 10% en Kim et al. (2021), en China de 81% en Li et al. (2016) y en Korea de 73% en Choi et al. (2021).

Los impactos de la presencia de *Burkholderia glumae* en el cultivo de arroz son similares en todos los artículos revisados, como la formación de una lesión lineal que se extiende hacia abajo desde el cuello de la lámina de la hoja en la vaina de la hoja bandera y puede tener varias pulgadas de largo; esta lesión se caracteriza por un borde marrón rojizo y un centro que se vuelve gris y los granos necróticos que más tarde tienen hacia una decoloración marrón claro a medio en el tercio inferior a la mitad de las cáscaras (Safni y Lubis, 2019).

Además, es importante recalcar que el principal factor de daño es la síntesis de toxoflavina, una toxina que transporta electrones entre el NADH y el oxígeno, sin intermediación de citocromos, y genera peróxido de hidrógeno, un compuesto altamente tóxico para los tejidos vegetales y los microorganismos, que también obstruye los haces vasculares del arroz (Gnanasekaran, Lim y Hwang, 2020). Por otro lado, los factores de dispersión generalmente se incluyen por salpicaduras, pero también por viento y lluvia, y por contacto entre panículas, sin embargo, hay mayor riesgo de enfermedad cuando la temperatura oscila entre 30-35 ° C, especialmente por la noche, cuando hay lluvias frecuentes (Amirullah et al., 2020).

## V. CONCLUSIONES

1. Los sistemas de control de *Burkholderia glumae*, agente causal del añublo, en la panícula de arroz se llevan a cabo mayormente con agentes biológicos, representado por el 79% de los cuales predominan los ingredientes activos de *Pseudomonas* y *Bacillus*, mientras que los agentes químicos y bioquímicos incluyen el 11% cada uno respecto al total de los artículos y tesis revisadas. Además, con diseños experimentales completamente al azar y réplicas de tratamientos en un rango de 1 a 5 repeticiones.
2. Los autores de los estudios revisados coinciden en las características morfológicas de *Burkholderia glumae* como agente causal del añublo bacterial, presentando formas circulares, planas, convexas y lisas con pigmentación desde blanco, crema, amarillo hasta rojo, lo cual depende de la producción de toxoflavina.
3. Los factores de incidencia incluyen valores desde 8% hasta 100%, donde en indonesia se obtuvieron valores de 67%, 100, 76%, 80%, mientras que en Malasia y Perú se observó de 50%, además, en Japón de 63% y 10%, en China de 81% y en Korea de 73%, en condiciones de temperaturas de 25 a 41 °C con infestación natural y artificial a nivel de campo y laboratorio en relaciones de 36% y 57% respectivamente, sin embargo, algunos autores optaron por estudiar ambas situaciones representando el 7%.
4. El tiempo de manifestación varía de 6 a 93 días, de los cuales generalmente sucede en la primera semana con síntomas en las panículas de color pajizo y marrón negruzco, floretes descoloridos con una porción basal más oscura de las glumas y hasta pudrición.

## VI. RECOMENDACIONES

1. Propiciar estudios en condiciones de campo mayormente para conocer el impacto de la temperatura sobre los sistemas de control de *Burkholderia glumae*, agente causal del añublo, en la panícula de arroz.
2. Realizar el aislamiento de los agentes biológicos contra bacteria *Burkholderia glumae* con la finalidad de llevar a cabo una bioestimulación y potenciar su capacidad controladora.
3. Desarrollar pruebas bioquímicas posterior a la recuperación del microorganismo de control, ya que, para un diagnóstico definitivo se requiere realizar un aislamiento y asegurarse que el patógeno está presente y viable, básico en la identificación bacteriana.
4. Se recomienda que se investigue los mecanismos moleculares de virulencia en *Burkholderia glumae* y su interacción con el arroz contribuirá en gran medida al desarrollo de métodos eficientes para controlar la *Burkholderia glumae*.

## REFERENCIAS

- AFLAHA, I., CHAIRUL, A.J., BAHARUDDIN y KUSWINANTI, T., 2020. Molecular identification of bacteria causing grain rot disease on rice. , vol. 486, pp. 012165. ISSN 1755-1315. DOI 10.1088/1755-1315/486/1/012165.
- AHMED, T., WU, Z., JIANG, H., LUO, J., NOMAN, M., SHAHID, M., MANZOOR, I., ALLEMAILEM, K.S., ALRUMAIHI, F. y LI, B., 2021. Bioinspired Green Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles from a Native *Bacillus cereus* Strain RNT6: Characterization and Antibacterial Activity against Rice Panicle Blight Pathogens *Burkholderia glumae* and *B. gladioli*. *Nanomaterials (Basel, Switzerland)*, vol. 11, no. 4, pp. 884. ISSN 2079-4991. DOI 10.3390/nano11040884.
- AKIMOTO-TOMIYAMA, C., 2021. Multiple endogenous seed-born bacteria recovered rice growth disruption caused by *Burkholderia glumae*. En: Bandiera\_abtest: aCc\_license\_type: cc\_byCg\_type: Nature Research Journalsnumber: 1Primary\_atype: Researchpublisher: Nature Publishing GroupSubject\_term: Biological techniques;Biotechnology;Microbiology;Plant sciencesSubject\_term\_id: biological-techniques;biotechnology;microbiology;plant-sciences, *Scientific Reports*, vol. 11, no. 1, pp. 4177. ISSN 2045-2322. DOI 10.1038/s41598-021-83794-w.
- BERMÚDEZ, C.I.M., 2016. Paradigmas de la investigación sobre lo cuantitativo y lo cualitativo. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, vol. 10, pp. 79-84. ISSN 1909-7735. DOI 10.18359/rcin.1382.
- CAMARGO, I., 2014. *INNOVACIÓN TECNOLÓGICA PARA EL MANEJO INTEGRADO DEL CULTIVO DE ARROZ EN PANAMA*. S.l.: s.n. ISBN 978-9962-677-39-0.
- CHAERUL AMIRULLAH, J., BAHARUDDIN y KUSWINANTI, T., 2020. Test of resistance in some of rice varieties to pathogenic bacteria *Burkholderia*

- glumae. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 484, no. 1, pp. 012102. ISSN 1755-1315. DOI 10.1088/1755-1315/484/1/012102.
- CHOI, O., KIM, S., KANG, B., LEE, Y., BAE, J. y KIM, J., 2021. Genetic Diversity and Distribution of Korean Isolates of *Burkholderia glumae*. *Plant Disease*, vol. 105, no. 5, pp. 1398-1407. ISSN 0191-2917. DOI 10.1094/PDIS-08-20-1795-RE.
- DARMAWAN, A.A., KUSWINANTI, T. y ASMAN, A., 2021. Rapid detection of *Burkholderia glumae* causal agent of grain rot disease in rice seed from Gowa Regency, South Sulawesi using ELISA. , vol. 807, no. 2, pp. 022097. ISSN 1755-1315. DOI 10.1088/1755-1315/807/2/022097.
- ESCUADERO, C. y CORTEZ, L., 2018. *Técnicas y métodos cualitativos para la investigación científica* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12501/1/Tecnicas-y-MetodoscualitativosParaInvestigacionCientifica.pdf>.
- FERNANDEZ-CHINGUEL, J.E., ZAFRA-TANAKA, J.H., GOICOCHEA-LUGO, S., PERALTA, C.I. y TAYPE-RONDAN, A., 2019. Aspectos básicos sobre la lectura de revisiones sistemáticas y la interpretación de meta-análisis. *Acta Médica Peruana*, vol. 36, pp. 157-169. ISSN 1728-5917.
- GARCÍA-PERDOMO, H.A., 2018. Network meta-analysis, a new statistical technique at urologists' disposal to improve decision making. *International braz j urol*, vol. 44, pp. 422-428. ISSN 1677-5538, 1677-6119. DOI 10.1590/S1677-5538.IBJU.2018.03.02.
- HASIBUAN, M., SAFNI, I., LISNAWITA y LUBIS, K., 2018. Morphological characterization of several strains of the rice-pathogenic bacterium *Burkholderia glumae* in North Sumatra. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 122, pp. 012044. ISSN 1755-1315. DOI 10.1088/1755-1315/122/1/012044.
- HUSSAIN, A., SHAHBAZ, M., TARIQ, M., IBRAHIM, M., HONG, X., NAEEM, F., KHALID, Z., RAZA, H.M.Z., BO, Z. y BIN, L., 2020. Genome re-sequencing

and analysis of *Burkholderia glumae* strain AU6208 and evidence of toxoflavin: A potential bacterial toxin. *Computational Biology and Chemistry*, vol. 86, pp. 107245. ISSN 1476-9271. DOI 10.1016/j.compbiolchem.2020.107245.

JUNG, B., LI, T., JI, S. y LEE, J., 2019. Efficacy of Diphenyleneiodonium Chloride (DPIC) Against Diverse Plant Pathogens. *Mycobiology*, vol. 47, no. 1, pp. 105-111. ISSN 1229-8093. DOI 10.1080/12298093.2018.1559122.

KIM, N., MANNAA, M., KIM, J., RA, J.-E., KIM, S.-M., LEE, C., LEE, H.-H. y SEO, Y.-S., 2021. The In Vitro and In Planta Interspecies Interactions Among Rice-Pathogenic *Burkholderia* Species. *Plant Disease*, vol. 105, no. 1, pp. 134-143. ISSN 0191-2917. DOI 10.1094/PDIS-06-20-1252-RE.

LARA, G.T., 2017. La investigación cualitativa y el estudio de casos: una revisión teórica para su discusión. *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores* [en línea], [Consulta: 30 septiembre 2021]. ISSN 2007-7890. Disponible en: <https://www.dilemascontemporaneoseducacionpoliticyvalores.com/index.php/dilemas/article/view/125>.

LEE, H.-H., PARK, J., KIM, J., PARK, I. y SEO, Y.-S., 2016. Understanding the direction of evolution in *Burkholderia glumae* through comparative genomics. *Current Genetics*, vol. 62, no. 1, pp. 115-123. ISSN 1432-0983. DOI 10.1007/s00294-015-0523-9.

LI, L., WANG, L., LIU, L.-M., HOU, Y.-X., LI, Q.-Q. y HUANG, S.-W., 2016. Infection Process of *Burkholderia glumae* Before Booting Stage of Rice. *Journal of Phytopathology*, vol. 164, no. 10, pp. 825-832. ISSN 1439-0434. DOI 10.1111/jph.12502.

LU, L., YIHUA, X., MENGQI, L., LING, W., LIANMENG, L., YUXUAN, H., QIQIN, L. y SHIWEN, H., 2017. A primary study on the mechanism behind resistance to bacterial panicle blight of rice. *Chinese Journal of Rice Science*, vol. 31, no. 5, pp. 551-558. ISSN 1001-7216.

- MARTÍNEZ GUEVARA, N., 2016. Control de *Burkholderia glumae* en el cultivo de Arroz (*Oryza sativa* L.) utilizando 02 productos de acción Bactericida, en la E.E.A El Porvenir – San Martín. En: Accepted: 2017-06-15T02:17:27Z, *Repositorio de Tesis - UNSM-T* [en línea], [Consulta: 5 octubre 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2172>.
- MIZOBUCHI, R., FUKUOKA, S., TSUIKI, C., TSUSHIMA, S. y SATO, H., 2020. Evaluation of major rice cultivars for resistance to bacterial seedling rot caused by *Burkholderia glumae* and identification of Japanese standard cultivars for resistance assessments. *Breeding Science*, vol. 70, no. 2, pp. 221-230. ISSN 1344-7610. DOI 10.1270/jsbbs.19117.
- ORTEGA, L. y ROJAS, C.M., 2021. Bacterial Panicle Blight and *Burkholderia glumae*: From Pathogen Biology to Disease Control. *Phytopathology*®, vol. 111, no. 5, pp. 772-778. ISSN 0031-949X. DOI 10.1094/PHYTO-09-20-0401-RVW.
- ORTEGA, L., WALKER, K.A., PATRICK, C., WAMISHE, Y., ROJAS, A. y ROJAS, C.M., 2020. Harnessing *Pseudomonas protegens* to Control Bacterial Panicle Blight of Rice. *Phytopathology*, vol. 110, no. 10, pp. 1657-1667. ISSN 0031-949X. DOI 10.1094/PHYTO-02-20-0045-R.
- PEDRAZA-HERRERA, L.A., BAUTISTA, J.P., CRUZ-RAMÍREZ, C.A. y URIBE-VÉLEZ, D., 2021. IBUN2755 *Bacillus* strain controls seedling root and bacterial panicle blight caused by *Burkholderia glumae*. *Biological Control*, vol. 153, pp. 104494. ISSN 1049-9644. DOI 10.1016/j.biocontrol.2020.104494.
- PELÁEZ, M.J.P. y LONDOÑO, S.X.V., 2017. Resistencia inducida a la enfermedad del añublo de la panícula del arroz inoculando bacterias endofíticas. *RIAA*, vol. 8, no. 2, pp. 51-59. ISSN 2145-6453.
- PEÑA GIRÓN, N.J., 2017. Aislamiento y determinación de *Burkholderia* spp., agente causal del añublo bacteriano del arroz en el Bajo Piura – Perú. En: Accepted: 2019-03-14T23:51:13Z, *Universidad Nacional de Piura / UNP* [en

línea], [Consulta: 30 octubre 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1557>.

PEÑALOZA ATUESTA, G.C., MURILLO ARANGO, W., ERAS, J., OLIVEROS, D.F. y MÉNDEZ ARTEAGA, J.J., 2020. Rice-Associated Rhizobacteria as a Source of Secondary Metabolites against *Burkholderia glumae*. *Molecules*, vol. 25, no. 11, pp. 2567. ISSN 1420-3049. DOI 10.3390/molecules25112567.

PEREA MOLINA, P.A., 2019. Efecto de la cepa biocontroladora IBUN 2755 sobre la población de *Burkholderia glumae* en plantas de arroz (*Oryza sativa* L.). En: Accepted: 2020-08-15T02:25:39Z [en línea], [Consulta: 30 octubre 2021]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/78052>.

QUINALOA RAMÍREZ, J.A., 2016. Evaluación de la patogenicidad de *Burkholderia glumae* y *Burkholderia gladioli*, en semilla plántula y planta de tres variedades de arroz (*Oryza sativa*). En: Accepted: 2017-04-10T17:02:32Z [en línea], [Consulta: 30 octubre 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/9270>.

RAHMAN, M., 2016. Weed management strategy for dry direct seeded rice. *Adv Plants Agric Res*, vol. 3, no. 5, pp. 170-171. ISSN 2016.03.00114.

RAMACHANDRAN, K., VIJAYA, S.I., AHMAD, F.N., AMZAH, B. y ZAKARIA, L., 2021. Characterization and identification of *Burkholderia glumae* as the causal pathogen of bacterial panicle blight of rice (*Oryza sativa* L.) in Malaysian rice granaries. *Journal of General Plant Pathology*, vol. 87, no. 3, pp. 164-169. ISSN 1610-739X. DOI 10.1007/s10327-021-00991-1.

RAO, A.N., JOHNSON, D.E., SIVAPRASAD, B., LADHA, J.K. y MORTIMER, A.M., 2017. Weed Management in Direct-Seeded Rice. En: D.L. SPARKS (ed.), *Advances in Agronomy* [en línea]. S.I.: Academic Press, pp. 153-255. [Consulta: 24 septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065211306930041>.

- RATHNA, P., NELSON, E., RAVICHANDRAN, Kavitha y ANTONY, U., 2019. Nutritional and functional properties of coloured rice varieties of South India: a review. *Journal of Ethnic Foods* [en línea], vol. 6, no. 11. [Consulta: 24 septiembre 2021]. Disponible en: <https://journalofethnicfoods.biomedcentral.com/articles/10.1186/s42779-019-0017-3>.
- RIERA-RUIZ, C., CASTRO-LARA, J., JIMENEZ-FEIJÓO, M.I. y CEVALLOS-CEVALLOS, J.M., 2018. Interactions of *Burkholderia glumae* and *B. gladioli* in symptom development in rice seeds and seedlings. *Canadian Journal of Plant Pathology*, vol. 40, no. 3, pp. 347-357. ISSN 0706-0661. DOI 10.1080/07060661.2018.1478884.
- RÍOS RUIZ, W.F., TORRES DELGADO, J. y VALDEZ NUÑEZ, R.A., 2019. Selección de microorganismos endofíticos de arroz (*Oryza sativa* L.) con actividad inhibitoria “in vitro” frente a *Burkholderia glumae* en la zona norte del Perú. En: Accepted: 2020-02-21T15:02:23Z, *Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto* [en línea], [Consulta: 1 diciembre 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3677>.
- RODRÍGUEZ, M.B., TRISTANCHO, S.L.Z. y ORTEGA, S.P.Q., 2015. La revisión sistemática de la literatura científica y la necesidad de visualizar los resultados de las investigaciones. *Revista logos ciencia y tecnología*, vol. 7, no. 1, pp. 101-103. ISSN 2145-549X.
- SAFNI, W. y LUBIS, L., 2019. Screening for disease resistance in rice varieties against bacterial panicle blight disease (*Burkholderia glumae*) in Northern Sumatra of Indonesia. *undefined* [en línea], [Consulta: 1 diciembre 2021]. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Screening-for-disease-resistance-in-rice-varieties-Weny-Safni/23a221af0559a88f3b45c363c3855fcb253fe3e3>.
- SÁNCHEZ CARLESSI, H., REYES ROMERO, C. y MEJÍA SÁENZ, K., 2018. Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística. En: Accepted: 2018-07-20T15:46:00Z, *Universidad Ricardo Palma* [en línea],

[Consulta: 26 septiembre 2021]. Disponible en:  
<http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/1480>.

- SASAKI, R., MIYASHITA, S., ANDO, S., ITO, K., FUKUHARA, T. y TAKAHASHI, H., 2021. Isolation and Characterization of a Novel Jumbo Phage from Leaf Litter Compost and Its Suppressive Effect on Rice Seedling Rot Diseases. *Viruses*, vol. 13, no. 4, pp. 591. ISSN 1999-4915. DOI 10.3390/v13040591.
- SEO, Y.-S., LIM, J.Y., PARK, J., KIM, S., LEE, H.-H., CHEONG, H., KIM, S.-M., MOON, J.S. y HWANG, I., 2015. Comparative genome analysis of rice-pathogenic Burkholderia provides insight into capacity to adapt to different environments and hosts. *BMC Genomics*, vol. 16, no. 1, pp. 349. ISSN 1471-2164. DOI 10.1186/s12864-015-1558-5.
- SHEW, A.M., DURAND-MORAT, A., NALLEY, L.L., ZHOU, X.-G., ROJAS, C. y THOMA, G., 2019. Warming increases Bacterial Panicle Blight (*Burkholderia glumae*) occurrences and impacts on USA rice production. *PLOS ONE*, vol. 14, no. 7, pp. e0219199. ISSN 1932-6203. DOI 10.1371/journal.pone.0219199.
- SHRESTHA, B.K., KARKI, H.S., GROTH, D.E., JUNGKHUN, N. y HAM, J.H., 2016. Biological Control Activities of Rice-Associated *Bacillus* sp. Strains against Sheath Blight and Bacterial Panicle Blight of Rice. *PLoS ONE*, vol. 11, no. 1, pp. e0146764. ISSN 1932-6203. DOI 10.1371/journal.pone.0146764.
- SINGH, Vijay, JAT, M.L., GANIE, Z.A., CHAUHAN, B.S. y GUPTA, R.K., 2016. Herbicide options for effective weed management in dry direct-seeded rice under scented rice-wheat rotation of western Indo-Gangetic Plains. *Crop Protection (Guildford, Surrey)*, vol. 81, pp. 168-176. ISSN 0261-2194. DOI 10.1016/j.cropro.2015.12.021.
- SINGH, V., SINGH, S., DHYANI, V., BANGA, A., KUMAR, A., SATYAWALI, K. y BISHT, N., 2016. Weed management in direct-seeded rice. *Indian Journal of Weed Science*, vol. 48, pp. 233. DOI 10.5958/0974-8164.2016.00059.9.

- SUÁREZ-MORENO, Z.R., VINCHIRA-VILLARRAGA, D.M., VERGARA-MORALES, D.I., CASTELLANOS, L., RAMOS, F.A., GUARNACCIA, C., DEGRASSI, G., VENTURI, V. y MORENO-SARMIENTO, N., 2019. Plant-Growth Promotion and Biocontrol Properties of Three Streptomyces spp. Isolates to Control Bacterial Rice Pathogens. *Frontiers in Microbiology*, vol. 10, pp. 290. ISSN 1664-302X. DOI 10.3389/fmicb.2019.00290.
- SUDIRJO, E., BUISMAN, C.J.N. y STRIK, D.P.B.T.B., 2019. Activated Carbon Mixed with Marine Sediment is Suitable as Bioanode Material for *Spartina anglica* Sediment/Plant Microbial Fuel Cell: Plant Growth, Electricity Generation, and Spatial Microbial Community Diversity. *Water*, vol. 11, no. 9, pp. 1810. DOI 10.3390/w11091810.
- SYAHRI, S., SOMANTRI, R.U. y SASMITA, P., 2019. Detection and Control Bacteria Cause Grain Rot *Burkholderia glumae* on Rice. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, vol. 23, no. 2, pp. 163-170. ISSN 2548-4788. DOI 10.22146/jpti.37755.
- TRIGOSO GUEVARA, J.L. y DÍAZ GIL, W., 2018. Eficacia de bactericidas biológicos y químicos sobre el control preventivo del añublo bacterial de la panícula de arroz y el complejo fungoso del manchado del grano en el Valle Alto Mayo, Distrito de Nueva Cajamarca, Región San Martín. En: Accepted: 2018-11-07T17:59:22Z [en línea], [Consulta: 30 octubre 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/2688>.
- VALDEZ-NUÑEZ, R.A., RÍOS-RUIZ, W.F., ORMEÑO-ORRILLO, E., TORRES-CHÁVEZ, E.E. y TORRES-DELGADO, J., 2020. Caracterización genética de bacterias endofíticas de arroz (*Oryza sativa* L.) con actividad antimicrobiana contra *Burkholderia glumae*. *Revista Argentina de Microbiología*, vol. 52, no. 4, pp. 315-327. ISSN 03257541. DOI 10.1016/j.ram.2019.12.002.
- VIORATO ROMERO, N.S. y REYES GARCÍA, V., 2019. La ética en la investigación cualitativa. *Revista CuidArte* [en línea], vol. 8, no. 16. [Consulta: 30 septiembre 2021]. ISSN 2395-8979. Disponible en: <http://revistas.unam.mx/index.php/cuidarte/article/view/70389>.

- WAHIDAH, N., SAFNI, I., HASANUDDIN, H. y LISNAWITA, L., 2019. RESISTANCE OF SEVERAL RICE VARIETIES AGAINST THE BACTERIAL PANICLE BLIGHT DISEASE (*Burkholderia glumae*). *JURNAL HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN TROPIKA*, vol. 19, no. 1, pp. 15-22. ISSN 2461-0399. DOI 10.23960/j.hptt.11915-22.
- WENY, SAFNI, I., LISNAWITA y LUBIS, K., 2019. Screening for disease resistance in rice varieties against bacterial panicle blight disease (*Burkholderia glumae*) in Northern Sumatra of Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 260, pp. 012118. ISSN 1755-1315. DOI 10.1088/1755-1315/260/1/012118.
- WILKINSON, K., 2019. Mining for Biological Control Agents against *B. glumae*, the Causal Agent of Bacterial Panicle Blight of Rice. *Graduate Theses and Dissertations* [en línea], Disponible en: <https://scholarworks.uark.edu/etd/3226>.
- ZHOU, X.-G., 2019. *Sustainable Strategies for Managing Bacterial Panicle Blight in Rice* [en línea]. S.l.: IntechOpen. [Consulta: 5 octubre 2021]. ISBN 978-1-78984-388-0. Disponible en: <https://www.intechopen.com/chapters/65866>.
- ZHOU-QI, C., BO, Z., GUAN-LIN, X., BIN, L. y SHI-WEN, H., 2016. Research Status and Prospect of *Burkholderia glumae*, the Pathogen Causing Bacterial Panicle Blight. *Rice Science*, vol. 23, no. 3, pp. 111-118. ISSN 1672-6308. DOI 10.1016/j.rsci.2016.01.007.

## ANEXOS

### Anexo 1. Ficha de recolección de datos

N.º	Referencia	Objetivos	Resultados	Conclusiones
1.	Akimoto-Tomiyama (2021)	Identificar múltiples bacterias nacidas de semillas de arroz con capacidad para suprimir la virulencia de <i>B. glumas</i>	Las primeras cepas suprimieron la interrupción del crecimiento causada por <i>B. glumas</i> , mientras que RSB2 no tuvo ningún efecto.	Se concluye que el tratamiento previo con microorganismos benéficos endógenos es efectivo.
2.	Pedraza-Herrera et al., (2021)	Evaluó 26 cepas de <i>Bacillus</i> aisladas de la rizosfera de plantas en condiciones in vitro.	Los resultados mostraron una reducción de la infección de hasta un 63,5% en 11 cepas, de las cuales 4 cepas (IBUN12A04, IBUN16A08, IBUN2755 e IBUN15A09) mostraron un 62,4% de reducción de la enfermedad. Estas se evaluaron nuevamente en condiciones de invernadero durante 10 y 30 días después de la germinación	Se concluye la cepa IBUN 2755, que mostró la mayor actividad de biocontrol y fue evaluada en condiciones de campo, mostrando una reducción significativa en los síntomas de la enfermedad y un aumento en el rendimiento del cultivo de hasta dos toneladas por hectárea.
3.	Sasaki et al., (2021)	Identificar un nuevo fago en una suspensión de abono de hojarasca enriquecida con filtrado	El análisis reveló que el fago pertenece al mismo lado que dos fagos gigantes de <i>Ralstonia</i> , a saber, RSF1 y RSL2, que son miembros del género <i>Chiangmaivirus</i> (familia: Myoviridae; orden: Caudovirales).	Se concluye que el fango tiene una amplia gama de huéspedes que puede hacerlo especialmente ventajoso como agente de biocontrol para varias enfermedades bacterianas en cultivos de importancia económica.
4.	Ahmed et al., (2021)	sintetizó biológicamente nanopartículas de óxido de zinc (ZnONP) a partir de un <i>Bacillus cereus</i> nativo Cepa RNT6.	Los resultados mostraron una actividad antibacteriana significativa a 50 µg/mL contra <i>Burkholderia glumae</i> y <i>B. gladioli</i> , mientras que el número de células de los patógenos fue reducido en	En este contexto, los estudios de ultraestructura revelaron el daño morfológico en las nanopartículas de óxido de zinc tratados con células de <i>Burkholderia</i>

			71,2% y 68,1%, respectivamente.	<i>glumae</i> y <i>Burkholderia gladioli</i> en comparación con el control podrían considerarse nanoplaguicidas prometedores para controlar la enfermedad de BPB en el arroz.
5.	Ortega et al., (2020)	identificó una cepa de <i>Pseudomonas protegens</i> y una cepa de <i>B. cepacia</i> con actividad antimicrobiana contra <i>Burkholderia glumae</i> in vitro en la planta.	Los resultados demostraron que la actividad antimicrobiana está asociada con secreciones bacterianas que inhibieron el crecimiento de <i>Burkholderia glumae</i> in vitro y también impidieron que <i>Burkholderia glumae</i> causara enfermedades en el arroz.	Aunque no se han identificado las moléculas específicas asociadas con estas actividades, estos hallazgos sugieren que las fracciones secretadas podrían aprovecharse como bioplaguicidas para controlar el tizón bacteriano de las panículas del arroz.
6.	Peñaloza et al., (2020)	evaluó la actividad antagonista, la promoción del crecimiento y los perfiles de metabolitos de dos rizobacterias, aisladas en diferentes arrozales	El análisis mostró que el ácido 3-fenilpropanoico (3-PPA) es el compuesto principal tanto en esta fracción (46,7%) como en el extracto de BSB1 (28,6%). Este compuesto mostró actividad antibacteriana contra las cinco cepas de <i>Burkholderia glumae</i> con una concentración inhibitoria mínima (MIC) de 1000 mg / L hacia todas ellas.	se concluye que los microorganismos de la rizosfera del arroz son una fuente de compuestos que inhiben el crecimiento de <i>Burkholderia glumae</i> .
7.	Suárez-Moreno et al., (2019)	evaluó tres aislados de <i>Streptomyces</i> como agentes de control biológico de <i>Burkholderia glumae</i> .	Los resultados demuestran que dos cepas (A20 y 5.1) inhibieron el crecimiento de cepas virulentas de <i>Burkholderia glumae</i> , así como una amplia gama de especies bacterianas y fúngicas, mientras que la tercera cepa (7.1) mostró solo actividad antifúngica. Los experimentos de invernadero con dos cultivares de arroz indicaron que A20 es capaz de colonizar plantas de arroz y promover el crecimiento de plantas en ambos cultivares.	Estos hallazgos indican el potencial de <i>Streptomyces</i> A20 como inoculante de control biológico para proteger las plantas de arroz contra enfermedades bacterianas.

8.	Shrestha et al., (2016)	Analizó las bacterias asociadas al arroz para determinar sus actividades antagonistas contra los patógenos <i>Rhizoctonia solani</i> y <i>Burkholderia glumae</i>	Los resultados demuestran que estos RAB antagonistas suprimieron significativamente el desarrollo de la enfermedad del tizón de la vaina y la panícula bacteriana en una condición de campo, sin embargo, también mostraron una disminución de las actividades de supresión de la enfermedad en el ensayo de campo repetido realizado en el año siguiente, probablemente debido a sus actividades antagonistas reducidas durante el almacenamiento a largo plazo en - 70 ° C.	Se concluye que el desarrollo de métodos es adecuado para mantener antagonistas.
9.	Li et al., (2016)	realizó un seguimiento del proceso de infección de <i>Burkholderia glumae</i> en plantas de arroz en diferentes etapas de crecimiento, así la población de patógenos disminuyó significativamente y se recuperaron con éxito en la etapa de arranque y se dividieron en panículas.	la aplicación por aspersión de una suspensión bacteriana, los patógenos aterrizaron en las vainas de las hojas y las hojas, colonizaron los pelos epidérmicos y los pelos de las hojas, o invadieron las células a través de las estomas.	Los patógenos del haz vascular de las raíces se diseminaron hacia el haz vascular de las vainas foliares y las hojas, lo que provocó que las hojas se rizaran y se marchitaran, comenzando desde la punta.
10.	Trigoso y Díaz (2018)	Determinar la viabilidad económica y la eficacia de bactericidas como Starner 20WP, BC 100, Kopper Plus, Bio-splent 70WP y Tricox, los cuales mediante una metodología experimental fueron dosificados en siete tratamientos.	Los resultados demostraron que Starner 20WP con dos aplicaciones obtuvo mayor viabilidad económica con un rendimiento de 5775 kg/ha y valor de S/.604.5 por hectárea, mientras que su eficacia demostró un control en las vanas y granos vanos de 14.6 y 48% respectivamente.	Se concluye que Starner 20 WP presenta los mejores beneficios para la inhibición de <i>Burkholderia glumae</i> en condiciones in situ, sin embargo, en escenarios ex situ, todos los productos lograron el mismo resultado a excepción de Tricox.

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 2. Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Escala	Dimensión	Indicadores
Variable independiente sistemas de control de <i>Burkholderia glumae</i>	El método convencional de establecimiento de cultivos de arroz permite asegurar un buen establecimiento, control de malezas con agua estancada y reduce las pérdidas por percolación profunda (Singh et al. 2016).	La utilidad de los resultados de la revisión sirve de referencia para comenzar investigaciones en el Perú con respecto a la posible aplicación de los sistemas de control de <i>Burkholderia glumae</i> .	Nominal	Caracterización morfológica	Morfología
			Nominal		Pigmentación
			Nominal		Prueba
			Razón	Factores de incidencia	Lugar de experimentación
					Temperatura
					Método de infestación
					Incidencia de la enfermedad
Variable dependiente Panícula de arroz	El arroz es una planta con tallos cilíndricos y huecos formados por varios nudos y entrenudos, con hojas largas y angostas, formadas por vaina, limbo y cuello (Ruiz-Sánchez et al., 2016).	Los impactos en la panícula se sintetizan en la investigación con la finalidad de conocer el tiempo de manifestación y los síntomas.	Razón	Impactos en el cultivo de arroz	Tiempo de manifestación
			Nominal		Síntomas
			Nominal		Lugar de cultivo

Fuente: Elaboración propia.