

## Caracterización de la capacidad antagonista de bacterias rizosféricas frente a *Burkholderia glumae* en el cultivo de arroz en la República de Panamá.

Characterization of the antagonistic capacity of rhizospheric bacteria against *Burkholderia glumae* of rice in the Republic of Panama

Rito Herrera<sup>1</sup>; Martha de Von Chong<sup>2</sup>; Jhoel Tuñón<sup>3</sup>

1.Universidad de Panamá. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. Panamá. [rito.herrera@up.ac.pa](mailto:rito.herrera@up.ac.pa) <https://orcid.org/0000-0003-2509-0391>

2.Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de Coclé. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología. Panamá. [martha.chaves@up.ac.pa](mailto:martha.chaves@up.ac.pa) <https://orcid.org/0000-0002-1087-4196>

3.Ministerio de Ambiente. Dirección de Verificación del Desempeño Ambiental. Panamá. [jtunon@miambiente.gob.pa](mailto:jtunon@miambiente.gob.pa) <https://orcid.org/0000-0003-2644-3806>

Recibido: 15/7/2022 Aceptado: 30/7/2022 - Págs. 120-133

### ARTÍCULO EN EXTENSO

#### Resumen

El presente trabajo de investigación consistió en prospectar y caracterizar bacterias rizosféricas contra patógenos de cultivares de arroz en la República de Panamá. Para ello, se tomaron muestras de la rizósfera del arroz (*Oryza sativa*) de la variedad GAB 8, en una parcela bajo la modalidad de agricultura orgánica de subsistencia. Se aislaron bacterias rizosféricas determinando diferencias significativas en el total de aislamientos para las variables ciclos de cultivo (2016, 2017), secciones de la rizósfera (sección suelo, sección raíz, mezcla de suelo+raíz), fases fenológicas (vegetativa, floración, maduración) y diluciones ( $10^{-1}$  a  $10^{-7}$ ). Se evaluó la capacidad antagonista de las bacterias rizosféricas ante la bacteria fitopatógena *Burkholderia glumae*. La mayor capacidad inhibitoria frente a *B. glumae* fue presentada por 6 cepas identificadas como *Bacillus sp*, 2 cepas identificadas como *Bacillus cereus*, 1 cepa identificada como *Bacillus subtilis* y 1 cepa identificada como *Lactobacillus plantarum* (se utilizó el sistema API).

**Palabras clave:** arroz, rizósfera, *B. glumae*, bacterias antagonistas.

### Abstract

The objective of this research work was to prospect and characterize rhizospheric bacteria against pathogens of rice cultivars in Panamá Republic. To do this, samples were taken from the rhizosphere of rice (*Oryza sativa*) variety GAB 8, in a plot under the modality of organic subsistence agriculture. Rhizospheric bacteria were isolated, determining significant differences in total isolates for the crop cycle variables (2016, 2017), sections of the rhizosphere (soil section, root section, soil + root mixture), phenological phases (vegetative, flowering, ripening) and dilutions ( $10^{-1}$  to  $10^{-7}$ ). The antagonistic capacity of the rhizospheric bacteria against the phytopathogenic bacterium *Burkholderia glumae* was evaluated. The highest inhibitory power against *B. glumae* was found in 6 strains identified as *Bacillus* spp, 2 strains identified as *Bacillus cereus*, 1 strain identified as *Bacillus subtilis* and 1 strain identified as *Lactobacillus plantarum* (The API system).

**Keywords:** rice, rhizosphere, *B. glumae*, antagonist bacteria.

### Introducción

Panamá es el mayor consumidor de arroz en centroamericana (68 kg/persona) (FAO, 2018) siendo uno de los alimentos indispensables en la dieta del panameño. En consecuencia, su producción tiene una gran importancia a nivel social, político, económico y, sobre todo, en lo relacionado con la seguridad alimentaria del país (IICA, 2009).

En el cultivo del arroz las enfermedades de origen microbiano constituyen uno de los factores que inciden en la obtención de bajos rendimientos y manchado de los granos. Estas enfermedades pueden ser provocadas por diversos microorganismos como hongos, bacterias y virus (Acebo *et al.* 2011). El Añublo bacteriano de la panícula del arroz, provocado por *Burkholderia glumae* es una de ellas, adquiriendo gran importancia en los últimos años (Pedraza, 2012). Esto provoca la disminución en la calidad del grano y bajos rendimientos debido a la su agresividad y difícil manejo en campo, lo que se refleja en pérdidas económicas, perjudicando la producción de arroz, rubro básico para la población de nuestro país.

En las últimas décadas el control biológico de plagas y enfermedades en la agricultura ha adquirido gran importancia frente a los problemas fitosanitarios ocurridos

por el uso indiscriminado de plaguicidas químicos en la agricultura, lo cual ha traído como consecuencia severos problemas de contaminación al medio ambiente y ha generado la resistencia de plagas y enfermedades, así como la presencia de nuevas especies de microorganismos fitopatógenos con un grado de afectación más virulento (Quesada y García, 2014) (Villarreal, 2017).

## Materiales y Métodos

### 1. Colecta de campo

La colecta de las muestras se realizó en la localidad de Los Alvéos, corregimiento de Cabuya, distrito de Antón, provincia de Coclé, República de Panamá, próximo a las coordenadas UTM (Datum WGS84) 591361.06 m E; 943492.23 m N. La mayoría de los productores de arroz de esta zona, se dedican a la agricultura de subsistencia, bajo la modalidad de cultivos orgánicos. En el campo se tomarán muestras de suelo para su análisis fisicoquímico. El muestreo se efectuó en una parcela (10 m<sup>2</sup>) cultivada con arroz, variedad **Gab 8**, bajo el sistema de agricultura de subsistencia (sustento del dueño de la finca y su familia). El sitio de muestreo fue seleccionado para la bioprospección de microorganismos debido a que no estaba sometido a los efectos de los agroquímicos.

### 2. Procesamiento de muestras

En esta etapa se procesaron las muestras de la rizósfera de las plantas de arroz, aislando bacterias; se evaluó *in vitro* el potencial antagónico de los aislamientos bacterianos ante el fitopatógeno *Burkholderia glumae* (previamente aisladas e identificadas). Se identificaron las cepas con mayor potencial de inhibición y se realizó la conservación criogénica de estos microorganismos. Los ensayos se realizaron en el laboratorio de Microbiología del Centro Regional Universitario de Coclé-Universidad de Panamá.

De cada una de las plantas colectadas se separaron la parte aérea de la basal; la zona rizosférica fue dividida en tres secciones: **la exorrizosfera** o suelo rizosférico que representamos con la letra “S”, **la raíz** que involucra tanto la endorizosfera y rizoplano, representada con la letra “R” y **una mezcla de suelo rizosférico con raíces** “S+R”. A partir de cada sección (tres secciones) se pesaron 30 g de la muestra, para luego homogenizarlas en 100 ml de agua peptonada. Las suspensiones fueron colocadas en un

homogenizador seward® a 200 RPM por 1 min, luego de 5 min para luego ser inoculados 0.7 ml en platos Petri.

### **3. Aislamiento, pruebas de antagonismo *in vitro* e identificación de bacterias rizosféricas del cultivo de arroz (*Oryza sativa*).**

#### **3.1. Aislamiento de bacterias rizosféricas.**

Se aplicaron diluciones seriadas a partir de los 30 g tomados de cada una de las secciones de la rizósfera (homogenizadas en agua peptonada). Se agregaron 0.7 ml de cada dilución en platos Petri con agar tripticasa soya (TSA) Alpha Biosciences® y se esparcieron por agotamiento, incubándose a 28°C durante 24 h. Luego de la incubación, se realizó el recuento de las colonias bacterianas, seleccionándose entre 2 a 3 colonias por réplica en cada dilución.

#### **3.2. Pruebas de antagonismo *in vitro* de las bacterias rizosféricas ante el fitopatógeno *Burkholderia glumae*.**

Las pruebas de antagonismo se realizaron mediante la técnica de enfrentamientos duales entre los microorganismos autóctonos aislados de la rizósfera y la bacteria fitopatogénica *B. glumae*, con la finalidad de observar y cuantificar la posible inhibición del crecimiento de *B. glumae*, por efecto de la presencia de los microorganismos autóctonos aislados.

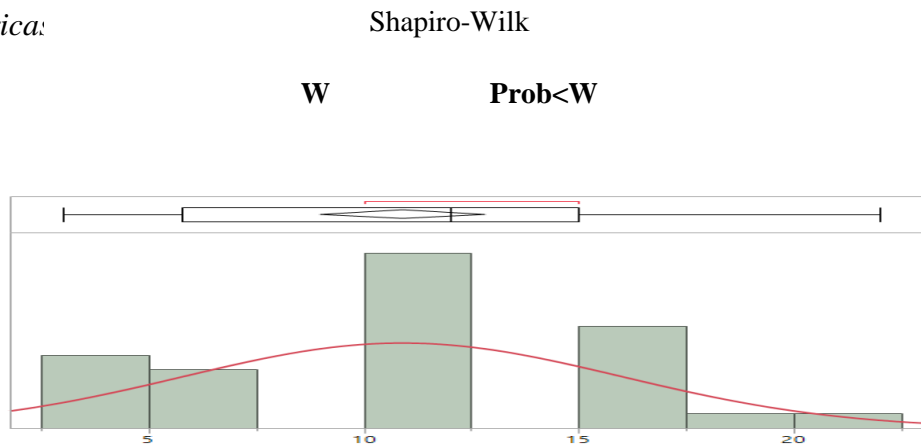
#### **3.3. Identificación de bacterias con actividad antagonica**

La identificación de las bacterias con capacidad antagonica frente a *B. glumae*, fue considerada a partir de la diferenciación, empleando la Tinción de Gram. Se utilizó el sistema de identificación bioquímica API Biomereux®. Se consideró como antagonistas significativas, aquellas cepas con halo de inhibición  $\geq$  a 4mm de diámetro.

## **Resultados y Discusión**

La prueba de Shapiro-Wilk para los diámetros de los halos de inhibición de las cepas bacterianas identificadas indica que los datos tienen igual frecuencia de distribución bajo la campana de Gauss (Figura 1), por lo que se utilizó pruebas paramétricas para el análisis de los resultados.

**Figura 1.** Histograma. Normalidad de los datos de enfrentamiento Bacterias rizosféricas



Del total de bacterias aisladas de la rizósfera del arroz (317), 31 presentaron halo de inhibición y a su vez 16 mostraron un halo de inhibición  $\geq$  a 4mm y 10 fueron identificadas taxonómicamente al mostrar halos de inhibición más significativos frente *B. glumae*.

Las diez cepas identificadas reunían las características de antagonistas al presentar un diámetro de halo de inhibición mayor o igual a 4 mm, las cuales fueron identificadas taxonómicamente dentro del género *Bacillus*, de alta presencia en la rizósfera de diversos cultivos debido a su capacidad de formación de esporas que le da ventaja de supervivencia en la rizósfera vegetal. A pesar de que el suelo muestreado presentó un pH ácido, no es un limitante para la presencia de este microorganismo. Como indican estudios previos, llevados a cabo con valores de pH bajos en suelo demostrando la presencia activa de especies de *Bacillus* (Benitez *et al.*, 2007).

Por su parte, Tejera, Rojas, y Heydrich (2011), reportaron que el género *Bacillus* comprende una amplia variedad de especies que se encuentran en muchas ocasiones asociadas a las plantas, ejerciendo un efecto positivo sobre el crecimiento a través de una serie de mecanismos que involucran la promoción del crecimiento vegetal y el control biológico de patógenos. Los miembros de este género se han aislado de numerosos cultivos de interés económico como la caña de azúcar, el algodón, el trigo, el maíz, la papa y el arroz. El mayor poder inhibitorio frente a *B. glumae*, lo presentaron seis cepas identificadas como *Bacillus spp* (porcentaje de identidad de 80 %), dos cepas identificadas como *Bacillus cereus*, una cepa identificada como *Bacillus subtilis* y una cepa identificada como *Lactobacillus plantarum* (Tabla 1).

**Tabla 1.**

*Cepas bacterianas con el mayor porcentaje de inhibición frente a B.glumae.*

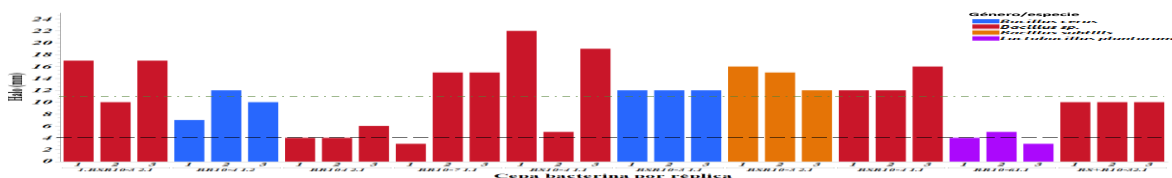
Género	Código De Cepas	Cantidad De Cepas
<i>Bacillus spp.</i>	1.BSR10-3 2.1 ; BR10-4 2.1; BR10-7 1.1; BS10-4 1.1 ; BSR10-4 1.1; RS+R10-32.1	6
<i>Bacillus cereus</i>	BR10-4 1.2 ; BSR10-3 1.1	2
<i>Bacillus subtilis</i>	BSR10-3 2.1	1
<i>Lactobacillus plantarum</i>	RR10-61.1	1

Badía *et al.* (2011), indica que las bacterias del género *Bacillus* son consideradas las más eficaces para controlar enfermedades foliares y de las raíces. Dada la diversidad genética en el género *Bacillus*, tanto en el suelo como en la rizósfera, se considera a estos microorganismos como colonizadores eficaces. Los miembros de este género tienen un gran potencial para su uso en la agricultura. Muchas cepas tienen la capacidad de producir metabolitos antimicrobianos para el control de patógenos.

En la Figura 2 se observa el tamaño de los halos de inhibición en cada una de las réplicas (3) de las cepas identificadas. La media en el tamaño de los halos de inhibición corresponde a 10.9 mm de diámetro.

**Figura 2**

*Tamaño de los halos de inhibición de las cepas identificadas (por réplica). La línea verde paralela al eje x separa las réplicas cuyo halo de inhibición es  $\geq$  a 4 mm de diámetro; la línea color negro paralela al eje x indica la media de los halos de inhibición.*



El análisis de varianza (Tabla 2) permite observar diferencias en el promedio del diámetro del halo de inhibición de cada cepa identificada. Los factores o variables involucradas en el modelo utilizado para las pruebas de enfrentamiento *in vitro* explican

o aportan en un 36% a la formación del halo de inhibición (Tabla 2). El ANOVA indica que hubo diferencia en el tamaño promedio del halo de inhibición de las cepas identificadas. Es decir que por lo menos una cepa tiene mayor poder de inhibición ante el patógeno, prevaleciendo la cepa  $BS10^{-4}$  1.1 (*Bacillus spp.*) con una media en el tamaño del halo de inhibición de 15.33 mm de diámetro.

**Tabla 2.**  
*Análisis de varianza para el halo de inhibición formado por las bacterias identificadas*

ANOVA					
R cuadrado	0.56274				
R cuadrado ajustado	0.365973				
Raíz del error cuadrático medio	4.062019				
Media de respuesta	10.9				
Observaciones (o suma de pesos)	30				

<i>Fuente</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Media de los cuadrados</i>	<i>Razón F</i>	<i>Prob &gt; F</i>
Cepa	9	424.7	47.1889	2.8599	0.0241
Error	20	330	16.5		
C. Total	29	754.7			

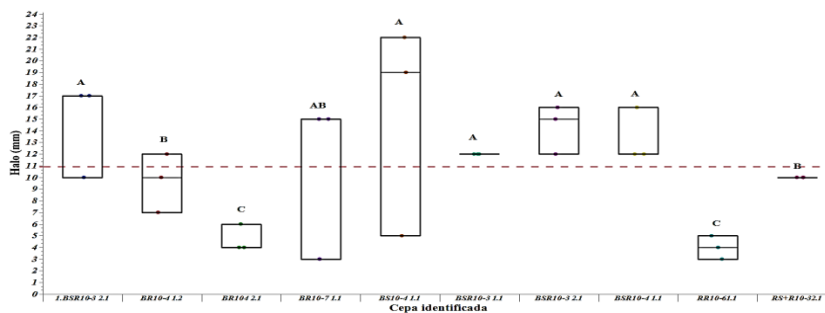
	<i>Nivel</i>	<i>Número</i>	<i>Media</i>	<i>Error estándar</i>	<i>Extremo inferior del IC al 95%</i>	<i>Extremo superior del IC al 95%</i>
<i>Bacillus spp.</i>	1.BSR10 <sup>-3</sup> 2.1	3	14.6667	2.3452	9.77	19.559
<i>Bacillus cereus</i>	BR10 <sup>-4</sup> 1.2	3	9.6667	2.3452	4.77	14.559
<i>Bacillus spp.</i>	BR10 <sup>-4</sup> 2.1	3	4.6667	2.3452	-0.23	9.559
<i>Bacillus spp.</i>	BR10 <sup>-7</sup> 1.1	3	11	2.3452	6.11	15.892
<i>Bacillus spp.</i>	BS10 <sup>-4</sup> 1.1	3	15.3333	2.3452	10.44	20.225
<i>Bacillus cereus</i>	BSR10 <sup>-3</sup> 1.1	3	12	2.3452	7.11	16.892
<i>Bacillus subtilis</i>	BSR10 <sup>-3</sup> 2.1	3	14.3333	2.3452	9.44	19.225
<i>Bacillus spp.</i>	BSR10 <sup>-4</sup> 1.1	3	13.3333	2.3452	8.44	18.225

<i>Lactobacillus plantarum</i>	RR10 <sup>-6</sup> 1.1	3	4	2.3452	-0.89	8.892
<i>Bacillus spp.</i>	RS+R10 <sup>-3</sup> 2.1	3	10	2.3452	5.11	14.892

En el gráfico de cajas de barra (Figura 3) muestra una línea que representa la media de los halos de inhibición (10.9 mm de diámetro), los valores por arriba de esta corresponden a las réplicas con mayor capacidad antagónica. La tendencia de los datos indica que las cepas identificadas con la letra A corresponden a cepas con mejor actividad biológica, seguida por la AB, B y por último la C. El mayor tamaño en el halo de inhibición corresponde a una réplica de la cepa BSR10<sup>-4</sup> 1.1 (*Bacillus spp.*), cepa que presenta mayor poder de inhibición del patógeno al contar con el mayor halo de inhibición promedio (15.33 mm).

**Figura 3**

Gráfico de Cajas. Diámetros del halo de inhibición de las cepas bacterianas identificadas. Valores con una letra común no son significativamente diferentes



Al analizar la diversidad de bacterias en aguas de irrigación de los campos sembrados con arroz en diferentes etapas del cultivo obtuvieron que el género *Bacillus* representaba el 39% de los 315 aislados, lo que denota la predominancia de éste en la población bacteriana total. Los miembros de este género tienen un gran potencial para su uso en la agricultura. Muchas cepas tienen la capacidad de producir metabolitos antimicrobianos para el control de patógenos, fijan nitrógeno, presentan una alta velocidad de crecimiento, forman endosporas resistentes a la desecación, el calor y las radiaciones ultravioletas y sobreviven en diversas condiciones. El estudio de esta capacidad de *Bacillus* se inició por el descubrimiento de la actividad insecticida de las proteínas Cry producidas por *B. thuringiensis*; en la actualidad diversas especies del género *Bacillus* (*B. subtilis*, *B. pumilus*, *B. amyloliquefaciens* y *B. licheniformis*) son ampliamente estudiadas para mitigar la incidencia de enfermedades de importancia agrícola (Villarreal *et al.* 2017).



Los géneros bacterianos identificados mediante API son similares a los reportados por Badía *et al.* (2011), en su trabajo sobre *Aislamiento y caracterización de cepas de Bacillus asociadas al cultivo del arroz (Oryza sativa L)* señalando que los resultados obtenidos mediante la secuenciación del ADNr de las cepas aisladas para la determinación del nivel de especie se identificaron como *Bacillus subtilis*, *B. cereus* y *Bacillus spp.*

Las bacterias identificadas como antagonistas de *B. glumae*, han sido reportadas como controladores biológicos de diversos fitopatógenos, indican que la especie *Bacillus subtilis* se caracteriza por poseer propiedades que ayudan al crecimiento y desarrollo óptimo de las plantas, además de que actúan como control biológico de algunas enfermedades, entre ellas, al control de *B. glumae*. Entre el grupo de bacterias utilizadas como agentes de control biológico, quizás una de las especies más estudiadas sea *Bacillus subtilis*. Existen bioproductos comercializables que contienen esta especie como componente biológico activo y se utilizan en campo para el control de enfermedades causadas fundamentalmente por hongos del suelo que atacan la raíz de las plantas (Pérez y Chamorro, 2012).

Cabra *et al.*, (2014) indica que la quitinasa purificada de *Bacillus cereus* inhibe el crecimiento de los hongos fitopatógenos *Fusarium oxysporum* y *Pythium ultimum*, según lo demostraron Chang, Chen, y Wang en su investigación. Por su parte Alvarado (2009), determinó que la capacidad antagonica de cinco cepas de *Lactobacillus plantarum*, aisladas de un pastizal de finca lechera, ante *Salmonella typhi* y *Listeria monocytogenes* de las cuales, cuatro fueron por la producción de ácidos orgánicos. Mencionan a su vez el antagonismo de *Lactobacillus plantarum* en bioconservación de los alimentos y en la terapia probiótica. Esta especie ha sido objeto de interés durante las últimas décadas por producir una amplia gama de compuestos activos contra bacterias patógenas y hongos que pueden ser utilizados como bioconservantes muy efectivos en la industria alimentaria y adicionalmente estas cepas pudieran ejercer antibiosis contra bacterias indeseables en el tracto intestinal del consumidor de estos alimentos. Sin embargo, a pesar de que *Lactobacillus Plantarum* como *Bacillus cereus* ha sido aislado de suelos, sus posibles aplicaciones como agente de control biológico de microorganismos fitopatógenos no se han estudiado con intensidad.

### -Cinética De Crecimiento Bacteriano

Para abordar el aspecto cuantitativo de la interacción antagónica *bacteria rizosféricas-B.glumae*, se tomaron al azar 2 de las 10 cepas identificadas y se realizó una prueba de cinética de crecimiento. Las cepas rizosféricas sometidas a esta prueba corresponden al género *Bacillus spp.* (Cepa RS+R10-32.1) y *Lactobacillus plantarum* (Cepa RR10-61.1) (Tabla 3). En las Tablas 4 y 5 se muestran las lecturas de absorbancia mientras que en las Figuras 4 y 5 se aprecian las curvas de crecimiento de las bacterias rizosféricas y de la *B. glumae*.

**Tabla 3**

*Cepas seleccionadas para la cinética de crecimiento bacteriano*

Ciclo de Cultivo	Fase Fenológica	Sección de la Rizósfera	Dilución	Microorganismo	Código de la cepa
Primer ciclo	floración	Suelo+raíz	10 <sup>-3</sup>	<i>Bacillus spp.</i>	RS+R10 <sup>-3</sup> 2.1 (R14)
Primer ciclo	floración	Raíz	10 <sup>-6</sup>	<i>Lactobacillus plantarum</i>	RR10 <sup>-6</sup> 1.1 (R6)

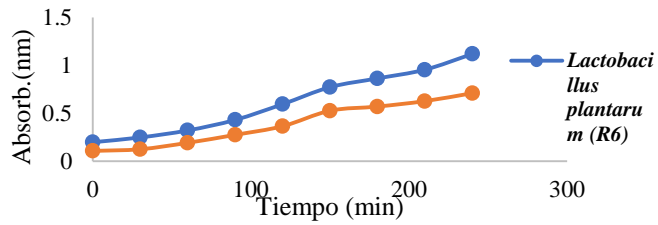
La cinética de crecimiento permite conocer la velocidad de multiplicación de las células bacterianas aisladas de la rizósfera del arroz en contraste a la cepa de *B. glumae*. Observamos que las células de ambas cepas rizosféricas se multiplicaron mas rapido que las de el patógeno *B. glumae*, durante el período evaluado.

**Tabla 4**

*Datos de la absorbancia Cepa R6 vs B.glumae*

TIEMPO (min)	Absorbancia	Absorbancia
	<i>L. plantarum</i> (R6)	<i>B. glumae</i>
0	0.108	0.108
30	0.249	0.126
60	0.322	0.193
90	0.432	0.276
120	0.596	0.366
150	0.774	0.528
180	0.865	0.571
210	0.956	0.628
240	1.120	0.711

**Figura 4.**  
 Cinética de crecimiento *B.glumae* vs *L. plantarum*

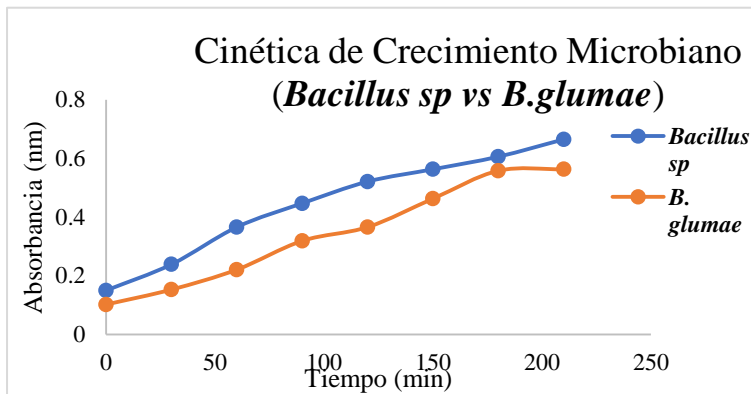


Fue notable la diferencia en la velocidad de multiplicación celular de la cepa de *Lactobacillus. plantarum* en función de la *B.glumae* a partir de las 2 h (120 min), a las 4 h (240 min) de ensayo continuaba la tendencia a aumentar su crecimiento.

**Tabla 5.**  
 Datos de la absorbancia Cepa R14 vs *B.glumae*

<b>TIEMPO</b> (min)	<b>Absorbancia <i>Bacillus</i> sp</b>	<b>Absorbancia <i>B. glumae</i></b>
0	0.15	0.102
30	0.239	0.153
60	0.366	0.221
90	0.447	0.319
120	0.521	0.366
150	0.563	0.463
180	0.606	0.558
210	0.665	0.563

**Figura 5.**  
 Cinética de crecimiento *B. glumae* vs *Bacillus spp.*



Por su parte, para la cepa de *Bacillus spp* se observó un mayor crecimiento en función de *B. glumae* a partir de 0.5 h (30 min) hasta 2.5 h (150 min), en donde *B.glumae* aumentó su crecimiento acercándose a una velocidad de mutiplicación celular similar a la cepa rizosférica, sin embargo, a partir de las 3 h *B.glumae* entra en fase estacionaria y pocos minutos más tarde inicia su fase de declinación o muerte, mientras que *B. subtilis* continua en fase exponencial.

Esto pudiera sugerir, que la inhibición producida por las cepas evaluadas estaría relacionada con la competencia por los nutrientes entre el patógeno y la cepa, ya que, al mostrar una tasa metabólica más alta, este asimila más rápidamente los nutrientes, logrando un tiempo de duplicación más rápido que el patógeno, generándose los correspondientes metabolitos secundarios que pudieran explicar el efecto inhibitorio en el crecimiento del patógeno (halo de inhibición).

### Conclusiones

- Las cepas bacterianas con actividad antagónica obtenidas pertenecen todas al género *Bacillus* (*Bacillus spp*, *B. subtilis*, *B. cereus*) y a la especie *L. plantarum*).
- En la cinética de crecimiento pudo observarse que la cepa antagónica presenta una densidad óptica (absorbancia) mayor que la cepa patógena de *B. glumae*.
- No se presentaron diferencias entre las secciones de la rizósfera estudiadas en relación con la capacidad antagonista de las cepas aisladas frente al patógeno *B. glumae*

## Referencias

- Acebo, E. (2011). Perspectivas del uso de bacterias rizosféricas en el control de *Pyricularia grisea* (Cooke Sacc.) en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). *Revista Colombiana de Biotecnología*, 13(1), 16-22.
- Alvarado R. (2009). Efecto antagónico de *Lactobacillus plantarum* aislado de pastizal de Finca lechera. *Salud Pública y Nutrición*.
- Badía, M., Hernández, B., Murrel, J., Mahillon, J., Pérez, M. (2011). Aislamiento y caracterización de cepas de *Bacillus* asociadas al cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). *Revista Brasileira de Agroecología*, 90-99.
- Benitez, S., Bentley, J., Bustamante, P., Sánchez, L., Corrales, L. (2007). Aislamiento de los microorganismos cultivables de la rizósfera de *Ornithogalum umbellatum* y evaluación del posible efecto biocontrolador en dos patógenos del suelo. *NOVA*, 5(8), 147-153.
- Cabra, T., Rodríguez, C., Villota, C. (2014). Capacidad antagónica y quitinolítica de microorganismos aislados de residuos de higuera (*Ricinus communis*). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(1), 56-61.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2018). Portal de suelos de la FAO.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2009). Plan de acción para la competitividad de la cadena de arroz de Panamá: Hacia un mecanismo de reconocimiento de la calidad. Plan de acción para la competitividad de la cadena de arroz de Panamá. San José, Costa Rica.
- Jaramillo, D. (2002). Introducción a la ciencia del suelo. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- López, L., Torres, C. (2006). Estudio cuantitativo de bacterias, Recuento de Colonias en Placa. Obtenido de Universidad Nacional del Nordeste: Universidad Nacional del Nordeste.
- Pedraza, D. (2012). Estado del arte de *Burkholderia glumae* como patógeno de cultivos de arroz (*Oryza sativa* L.). Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.

- Perez, C. A., Chamorro, A. L. (2012). Bacterial Endophytes: An Alternative Biological Control In *Burkholderia glumae* Rice In Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-REICA*, 4(1), 172-184.
- Poveda, I., Cruz, M. (2010). Caracterización de cepas bacterianas aisladas de la filósfera de *Musa spp.* con actividad antifúngica *in vitro* frente a *Mycosphaerella fijiensis*. *Revista Biotecnología Vegetal*, 10(1), 57-61.
- Quesada, A., García., F. (2014). *Burkholderia glumae* In The Rice Crop In Costa Rica. 25(2), 371-381.
- Rodríguez, J. (2016). *Magnaporthe oryzae*, un hongo de difícil control y de efectos devastadores en nuestros cultivos de arroz. Centro de Biotecnología y Genómica de Plantas UPM-INIA. Parque Científico y Tecnológico de la UPM.
- Tejera, B., Rojas, M., Heydrich, M. (2011). Potencialidades del género *Bacillus* en la promoción del crecimiento vegetal y el control biológico de hongos fitopatógenos. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 131-138.
- Villarreal, M. (2017). El género *Bacillus* como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 95- 130.