



12^{do}. Congreso Internacional de
Educación Superior Universidad 2022

BACTERIAS ASOCIADAS A ARROZ
(*Oryza sativa* L.) PROMISORIAS PARA LA
INOCULACIÓN DEL CULTIVO

Mayabeque, 2021

Título: BACTERIAS ASOCIADAS A ARROZ (*Oryza sativa* L.) PROMISORIAS PARA LA INOCULACIÓN DEL CULTIVO

RICE (*Oryza sativa* L.) ASSOCIATED BACTERIA PROMISING TO CROP INOCULATION

Autor: Ionel Hernández Forte, ionel.hdez09@gmail.com

Coautores: María Caridad Nápoles García, mariacaridad.napoles@gmail.com; Lázaro Alberto Maqueira López, laiberto@inca.edu.cu

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Cuba. Doctores en Ciencias

Resumen

El desarrollo de bioproductos para beneficiar cultivos de importancia económica como el arroz tributa a la soberanía alimentaria en Cuba. El objetivo del trabajo fue: Obtener y caracterizar cepas bacterianas asociadas a dos cultivares de arroz de amplia distribución en Cuba, en cuanto a sus potencialidades como Bacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal. El aislamiento de bacterias asociadas a los cultivares Cubanos de arroz INCA LP-5 e INCA LP-7 permitió obtener 43 cepas; 24 de la rizosfera y 19 de semillas. La secuenciación parcial del *ARNr16S* reveló ocho géneros asociados a estas plantas: *Rhizobium*, *Pantoea*, *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Mitsuaria*, *Enterobacter*, *Bacillus* y *Paenibacillus*. La caracterización de las cepas como Bacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal permitió identificar potencialidades en la solubilización de fosfatos de calcio y potasio; fijación biológica de nitrógeno; producción de sideróforos, compuestos indólicos, enzimas hidrolíticas, formación de biopelículas, inhibición del crecimiento del fitopatógeno *Pyricularia oryzae* y un comportamiento endofítico de *Rhizobium* en plántulas de arroz. La inoculación de algunas cepas incrementó el contenido de nutrientes y algunas biomoléculas, el crecimiento y el rendimiento en las plantas de arroz. La investigación constituye un aporte a la identificación, caracterización y selección de cepas bacterianas con potencialidades para el desarrollo de bioproductos que impacten positivamente en el medio ambiente, la economía y la sociedad.

Palabras clave: identificación, Bacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal, caracterización, gramínea, crecimiento, endófitos.

Abstract

The bioproducts development to beneficiate economic importance crops such as rice directly contributes to food sovereignty in Cuba. The objective of the work was: To obtain and characterize bacterial strains associated with two rice cultivars widely distributed in Cuba, in terms of their potential as Plant Growth Promoting Bacteria. The isolation of bacteria associated to Cuban rice cultivars INCA LP-5 and INCA LP-7 allowed 43 strains; 24 from rhizosphere and 19 from seeds. The partial *16SrRNA*

sequencing showed eight genera associated to these plants: *Rhizobium*, *Pantoea*, *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Mitsuaria*, *Enterobacter*, *Bacillus* and *Paenibacillus*. The strains characterization as Plant Growth Promoting Bacteria allowed to identifier potentialities in calcium and potassium phosphate solubilizing; biological nitrogen fixation; production of siderophores, indole compounds, hydrolytic enzymes; inhibition of the phytopathogen *Pyricularia oryzae* growth and endophytic behavior of *Rhizobium* in rice seedlings. The inoculation of some strains increased the content of nutrients and some biomolecules, growth and yield in rice plants. The research constitutes a report on the identification, characterization and selection of bacterial strains with potential for the development of bioproducts that positively impact the environment, the economy and society

Keys words: identification, Plant Growth Promoting Bacteria, characterization, grass, growth, endophytes

Introducción

Cuba es uno de los países de mayor consumo de arroz (*Oryza sativa* L.). Sin embargo, las importaciones constituyen la mayor fuente de suministro para el mercado interno cubano (FAO, 2019). La introducción y generalización de los cultivares cubanos de arroz INCA LP-5 e INCA LP-7 ha tenido un fuerte impacto en la agricultura y economía cubanas, pues permiten obtener rendimientos superiores a 5 t ha⁻¹ y constituyen el 12 % del área que se destina al cultivo en Cuba (MINAG, 2019).

La aplicación de fertilizantes minerales suple parte de las necesidades nutricionales del cultivo. Sin embargo, su empleo irracional encarece el proceso productivo e impacta negativamente en los ecosistemas (MINAG, 2005). El aislamiento, caracterización y empleo de Bacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal (BPCV) rizosféricas y endófitas, constituye una alternativa a la fertilización mineral (Zaidi *et al.*, 2009).

El empleo de bioproductos a base de estas bacterias contribuye al desarrollo de tecnologías más integrales que tributan a la soberanía alimentaria en el país. Estos aspectos forman parte de la agenda de desarrollo de 2030 y de los lineamientos de la política económica y social de Cuba. La investigación tuvo como objetivo: Obtener y caracterizar cepas bacterianas asociadas a dos cultivares de arroz de amplia distribución en Cuba, en cuanto a sus potencialidades como Bacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal.

Diversos géneros bacterianos colonizan la rizosfera y el interior de semillas de plantas de arroz cultivares INCA LP-5 e INCA LP-7

Se realizó el aislamiento de bacterias asociadas a la rizosfera y del interior de semillas de los cultivares cubanos de arroz INCA LP-5 e INCA LP-7, cultivados en

monocultivo intensivo y sin antecedentes de inoculación, ni de rotación con leguminosas. Se obtuvieron un total de 43 aislados bacterianos, 21 provinieron del cultivar INCA LP-5 y 22 de INCA LP-7.

La secuenciación parcial del gen *ARNr16S* reveló ocho géneros asociados a la rizosfera y semillas de ambos cultivares de arroz: *Rhizobium*, *Pantoea*, *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Mitsuaria*, *Enterobacter*, *Bacillus* y *Paenibacillus* (Tabla 1). Por primera vez, se identifica el género *Rhizobium* asociado a la especie *Oryza sativa* L. en monocultivo intensivo por más de 40 años. Además, *Enterobacter*, *Mitsuaria* y *Acinetobacter* se identifican por vez primera asociados a un cultivar cubano de arroz (Tabla 1).

Bacterias asociadas a arroz tienen atributos como BPCV y capacidad endofítica.

La caracterización de las cepas bacterianas permitió identificar potencialidades biofertilizantes, fitoestimulantes y biocontroladoras. Algunas de las cepas solubilizaron el fosfato de calcio y de potasio, crecieron en medios semisólidos libre de nitrógeno, produjeron sideróforos (estructuras quelatantes de hierro) y compuestos indólicos (Tabla 1).

Los resultados mostraron además, que algunas cepas excretaron enzimas con actividad hemicelulasa, exocelulasa, proteasa y formaron biopelículas. Estos atributos facilitan la infección y colonización de las plantas (Monteiro *et al.*, 2012). En este trabajo, se demuestra por primera vez la actividad antagónica de cepas de *Rhizobium* frente a *P. oryzae* (Tabla 1). Este hongo puede causar pérdidas de hasta el 80 % de los rendimientos del arroz en Cuba (Acebo *et al.*, 2011).

Por otra parte, se evaluó la capacidad endofítica de algunas de las cepas de *Rhizobium* en plántulas de arroz. Para ello, se obtuvieron transconjugantes bacterianos portadores de un gen de proteína verde fluorescente (*gfp*), los cuales se inocularon en plántulas de arroz y se visualizaron los tejidos vegetales mediante microscopía confocal de fluorescencia. El estudio de colonización se realizó en plántulas de arroz jóvenes en condiciones *in vitro*. Se obtuvieron cortes longitudinales y transversales de la raíz y vaina de la hoja de las plantas inoculadas y se visualizaron en un microscopio laser confocal.

Las imágenes mostraron a la bacteria colonizando el parénquima de la raíz y de la vaina de la hoja (Figura 1). Los resultados sugieren una colonización sistémica de las cepas bacterianas en las plántulas de arroz, durante los primeros estadios del desarrollo del cultivo. Estas evidencias demuestran el carácter endofítico de ambas cepas de *Rhizobium* y constituye la primera de su tipo en Cuba que demuestra la capacidad endofítica de este género bacteriano en gramíneas, a partir de una colonización sistémica.

Se conoce que la estimulación del crecimiento vegetal es el resultado de la acción de múltiples mecanismos actuando simultáneamente (Glick *et al.*, 2012). Por lo

tanto, una de los aspectos novedosos de este estudio no solo fue conformar un cepario con bacterias que de manera natural se asocian al arroz tanto en la rizosfera como en la endosfera, lo que necesariamente implica un alto nivel de adaptación e interacción con la planta, sino también que se cuenta con información relevante de las potencialidades de cada cepa para promover el crecimiento vegetal.

La inoculación de bacterias asociadas a la rizosfera de plantas de arroz promueve el crecimiento del cultivo

Se desarrollaron un grupo de experimentos en diferentes condiciones experimentales: controladas, semicontroladas y de campo en los que se inocularon las cepas rizosféricas en plantas de arroz provenientes de ambos cultivares. El empleo de cepas rizosféricas *Rhizobium* provocó incrementos en el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en condiciones semicontroladas (Figura 2). La inoculación de cepas de *Pseudomonas*, *Pantoea* y *Rhizobium* incrementó la altura, masa seca y fresca de la parte aérea y radical de las plantas de arroz en condiciones controladas de cultivo (Tabla 2). Además, el empleo de cepas de *Rhizobium* incrementó el contenido relativo de clorofilas totales y de carbohidratos así como de proteínas solubles totales en las plantas de arroz de ambos cultivares, en condiciones semicontroladas (Tabla 3). Las investigaciones que abordan la interacción rizobio-arroz refieren la fitoestimulación y la estimulación de la fotosíntesis como principales mecanismos de promoción del crecimiento de estas plantas (Chaintreuil *et al.*, 2000).

En los experimentos en campo se establecieron tres tratamientos: (1) Control con 100 % de la fertilización mineral según el instructivo técnico del arroz (MINAG, 2005), (2) Control sin inocular ni fertilizar y (3) Posturas de arroz de 28 días de edad cuyas raíces se embebieron 15 min en inoculantes de la cepa *Rhizobium* sp. 5P1 (5×10^9 UFC mL⁻¹), antes del trasplante. El riego, la fertilización mineral y el diseño experimental se realizaron según descrito previamente (Hernández *et al.*, 2021). A los 105 días del trasplante, se evaluó el número de granos por panícula, el peso de 1000 granos y el rendimiento (t ha⁻¹) (14 % humedad del grano).

Experimentos en campo muestran beneficios de la aplicación de rizobios en el rendimiento del arroz (Lemes *et al.*, 2019). Sin embargo, los resultados de esta investigación constituyen los primeros en Cuba que demuestran que la aplicación de *Rhizobium* incrementa el número de granos llenos por panícula, el peso de 1000 granos y el rendimiento del arroz (t ha⁻¹) a más de un 80 %, respecto al control si inocular y fertilizar (Tabla 4). Estos resultados tienen un valor agregado importante pues se contextualizan en un esquema de fertilización mineral que propone disminuir la aplicación de fertilizantes a un 20 %, lo que supone un impacto positivo en el ambiente y la economía.

Conclusiones

La propuesta constituye un aporte al conocimiento sobre la identificación, caracterización y selección de Bacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal asociadas a dos de los cultivares de arroz más introducidos en el país. Los resultados sugieren que es posible incrementar el desarrollo y el rendimiento del arroz, con el consiguiente impacto económico, medio ambiental y social; contribuyendo así a la soberanía alimentaria en Cuba.

Referencias Bibliográficas

1. Acebo Y, Hernández A, Rive N, Velázquez del Valle MG, Hernández AN. Perspectivas del uso de bacterias rizosféricas en el control de *Pyricularia grisea* (CookeSacc.) en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). *Revista Colombiana de Biotecnología*. 2011; 13(1): 16-22.
2. Chaintreuil C, Giraud E, Prin Y, Lorquin J, Gills M, De Lajudie P, Dreyfus B. Photosynthetic bradyrhizobia are natural endophytes of the African Wild Rice *Oryza breviligulata*. *Applied Environmental of Microbiology*. 2000; 66(12): 5437-5447. <https://doi.org/10.1128/AEM.66.12.5437-5447.2000>
3. FAO. 2019. Food Outlook Biannual Report On Global Food Markets. URL: <http://www.fao.org/economic/est/est-commodities/oilcrops/oilcrop-policies> (accessed June 6, 2019)
4. Glick BR. Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications. *Scientifica*. 2012; 1: 1-15. <http://dx.doi.org/10.6064/2012/963401>
5. Hernández I, Pérez-Pérez R, Nápoles MC, Maqueira LA, Rojan O. Rhizospheric rhizobia with potential as biofertilizers from Cuban rice cultivars. *Agronomía Colombiana*. 2021; 39(1): 26-37. <http://dx.doi.org/10.15446/agron.colomb.v39n1.88907>
6. Lemes F, Bonilha F, Saccol EL, Vian AL, Westphal A, Nunes R. Inoculation and co-inoculation of growth promoting rhizobacteria in irrigated rice plants. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. 2019; 4(3), 1-5. <https://doi.org/10.5039/agraria.v14i3a5665>
7. MINAG. 2005. Modificaciones al Instructivo Técnico para el cultivo del arroz. 14ta ed. Instituto de Investigaciones del Arroz, Ministerio de la Agricultura, Cuba. ISBN: 959-246-037-X
8. MINAG. 2019. Plan 2018-2019 de Producción de semilla de arroz en Cuba. URL: <https://www.minag.gob.cu/node/167> (accessed April 17, 2019)
9. Monteiro RA, Balsanelli E, Wassem R, Marin AM, Brusamarello-Santos LCC, Schmidt MA, TadraSfeir MZ, Pankiewicz VCS, Cruz LM, Chubatsu LS, Pedrosa FO, Souza EM. *Herbaspirillum*-plant interactions: Microscopical, histological and molecular aspects. *Plant Soil*. 2012; 356(1-2): 175-196. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-012-1125-7>
10. Zaidi A, Khan MS, Ahemad M, Oves M, Wani PA. Recent advances in plant growth promotion by phosphate-solubilizing microbes. In: Khan MS, editor. *Microbial Strategies for Crop Improvement*. Berlin Heidelberg; 2009, p. 23-50

ANEXOS

Tabla 1. Identificación y caracterización como Bacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal de las cepas provenientes de la rizosfera y del interior de semillas de plantas de arroz cultivares INCA LP-5 e INCA LP-7

Cultivar de arroz	Cepas	Sitio de aislamiento	Identidad ^a	Biofertilización y Fitoestimulación ^b							Infección y colonización ^c				Biocontrol ^d
				NBRIP	GL	K	JMV	Rennie	SID	Comp. Ind	HC	EC	Prot	Biop	
INCA LP-5	Rf1	Suelo rizosférico	<i>Rhizobium</i>	-	-	-	+	+	-	+	-	+	-	-	nd
	Rpd3	Rizoplano		+	-	-	+	+	+	+	-	+	-	±	nd
	Rpd16			+	-	-	+	+	+	+	-	-	-	+	+
	Rpr3			-	-	-	+	+	-	+	-	+	-	-	nd
	Rpr11			-	-	-	+	+	+	+	-	+	-	±	+
	Rpd8			-	-	-	+	+	-	+	-	+	-	±	nd
	Rpr2			+	-	-	+	+	+	+	-	-	-	±	+
	Rf7	Suelo rizosférico	<i>Pseudomonas</i>	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	±	nd
	Rpr1-1	Rizoplano		-	+	-	+	+	+	-	-	-	+	±	nd
	Rpr1-2			-	+	-	+	+	+	-	-	-	+	±	nd
	Rpd7			-	+	-	+	+	+	-	-	-	+	±	nd
	Rpd38			-	-	-	+	+	+	-	-	+	-	±	nd
	S5-1	Interior de semilla	<i>Pantoea</i>	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+
	S5-2		<i>Bacillus</i>	-	-	-	+	+	-	+	-	-	+	-	nd
	S5-3			-	-	-	+	+	nc	-	-	-	+	±	nd
	S5-4			-	-	-	+	+	nc	-	-	-	+	+	nd
S5-30	+			-	-	+	+	nc	+	-	-	+	-	nd	
S5-32	-			-	-	-	-	nc	-	-	-	+	±	nd	
S5-40	-			-	-	+	+	nc	-	-	-	+	±	nd	

	S5-31		<i>Paenibacillus</i>	+	-	-	+	+	nc	+	-	+	+	-	nd
	S5-38		<i>Pseudomonas</i>	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+
INCA LP-7	1AA	Suelo rizosférico	<i>Rhizobium</i>	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	<u>±</u>	+
	5P1			-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	+
	1DD1		<i>Pantoea</i>	+	-	-	+	+	+	+	-	-	+	<u>±</u>	nd
	1DD2			+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	+	nd
	4S			-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	nd
	5O			+	-	-	+	+	+	+	-	-	-	+	nd
	GG1			+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	+	nd
	GG2			+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	+	nd
	II2			-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	<u>±</u>	nd
	5FF1		<i>Enterobacter</i>	+	-	-	+	+	+	+	-	-	-	<u>±</u>	nd
	3W		<i>Acinetobacter</i>	-	-	+	+	+	-	+	-	-	-	-	nd
	II3		<i>Mitsuaria</i>	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	<u>±</u>	nd
	S7-1	Interior de semilla	<i>Pseudomonas</i>	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	nd
	S7-4			+	+	-	-	-	+	+	-	+	-	-	nd
	S7-5			-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	<u>±</u>	nd
	S7-23			-	+	-	-	-	+	-	-	+	-	<u>±</u>	nd
	S7-2		<i>Pantoea</i>	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	nd
	S7-3			+	-	+	-	-	+	+	-	+	-	-	+
	S7-6			+	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	nd
	S7-7		<i>Bacillus</i>	-	-	-	-	-	nc	+	-	-	+	+	nd
	S7-8			-	-	-	+	+	nc	+	-	-	+	<u>±</u>	nd
	S7-22		<i>Paenibacillus</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	nd

^aSecuenciación parcial del gen *ARNr16S*

^bNBRIP, GL, solubilización de fosfato de calcio inorgánico en dos medios diferentes; K, solubilización de potasio; JMV, Rennie, crecimiento en medios semisólidos libre de nitrógeno; SID, producción de sideróforos; Comp. Ind., Producción de compuestos indólicos

^cHC, actividad Hemicelulasa; EC, actividad exocelulasa; Prot, actividad proteasa; Bio, producción de biopelículas

^dActividad antagonista frente a *Pyricularia oryzae* a los 16 días de incubación. Método del crecimiento dual.

nd, no determinado; nc, no crecimiento; (+), positivo; (-), negativo; (±), intermedio

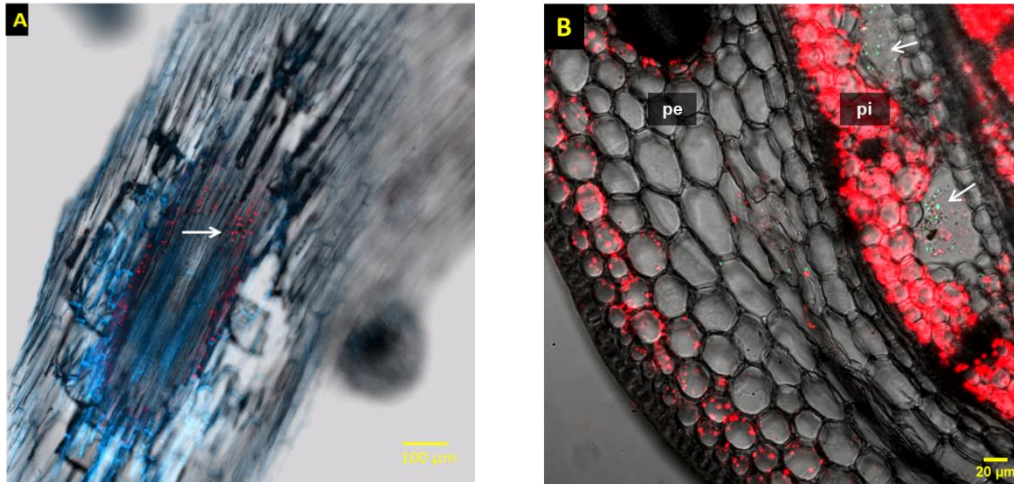


Figura 1. A, sección longitudinal de la raíz de plántulas de arroz cultivar INCA LP-7 a los 10 días después de la inoculación con *Rhizobium* sp. 5P1 portadora del gen *gfp*. Las células del transconjugante se visualizan de color rojo. B, sección trasversal de la vaina de la hoja de plántulas de arroz cultivar INCA LP-5, a las 48 h después de la inoculación con *Rhizobium* sp. Rpd16 portadora del gen *gfp*. pe, parénquima exterior; pi, parénquima interior. Las células del transconjugante se visualizan de color verde. Las flechas blancas señalan la presencia de los transconjugantes bacterianos.

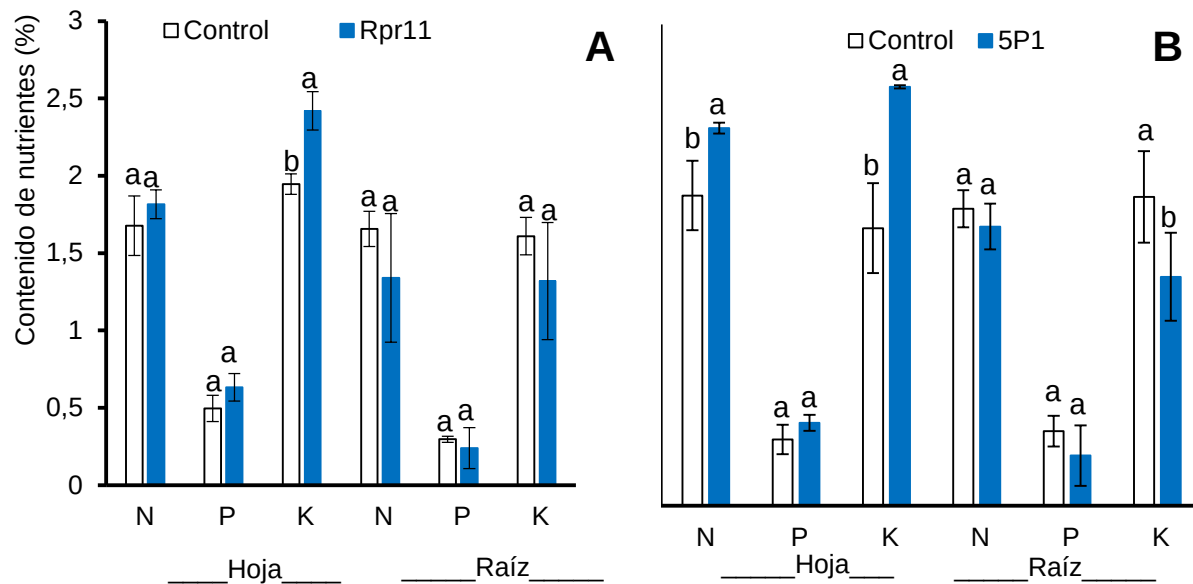


Figura 2. Efecto de la inoculación de las cepas *Rhizobium* sp. Rpr11 y *Rhizobium* sp. 5P1 en el contenido de nutrientes de plantas de arroz cultivares INCA LP-5 (A) e INCA LP-7 (B) respectivamente, a los 50 días después de la inoculación en condiciones controladas. Los datos muestran las medias $\pm$ error estándar de la media. Letras iguales sobre las barras representan que no hay diferencias significativas entre los tratamientos (Tukey HSD, $P < 0.05$, $n = 9$).

Tabla 2. Efecto de la inoculación de cepas bacterianas rizosféricas de plantas de arroz cultivar INCA LP-5 e INCA LP-7 en el crecimiento del cultivo, a los 50 después de la inoculación en condiciones controladas. Letras iguales en la misma columna muestran que no hay diferencias significativas entre los tratamientos (Tukey HSD $p < 0.05$, $n = 10$).

Tratamientos	Altura (cm)	Masa seca parte aérea (g)	Masa seca raíces (g)
INCA LP-5			
Control	24.83 d	0.091 f	0.164 b
<i>Rhizobium</i> sp. Rf1	25.06 d	0.088 f	0.201 a
<i>Pseudomonas</i> sp. Rf7	31.76 a	0.432 a	0.126 cd
<i>Rhizobium</i> sp. Rpd3	26.42 bcd	0.101 f	0.081 ghi
<i>Rhizobium</i> sp. Rpd7	26.52 bcd	0.114 ef	0.064 i
<i>Rhizobium</i> sp. Rpd8	24.75 d	0.098 f	0.096 ef
<i>Rhizobium</i> sp. Rpd16	27.74 b	0.124 cde	0.078 hi
<i>Pseudomonas</i> sp. Rpd38	26.19 bcd	0.125 cde	0.110 de
<i>Pseudomonas</i> sp. Rpr1-1	27.09 bcd	0.136 bcd	0.09 efg
<i>Pseudomonas</i> sp. Rpr1-2	27.58 bc	0.148 b	0.097ef
<i>Rhizobium</i> sp. Rpr3	25.31cd	0.115 def	0.089 fgh
<i>Rhizobium</i> sp. Rpr11	27.85 b	0.145 bc	0.144 c
ESx	0.87	0.008	0.007
INCA LP-7			
Control	25,6 d	0,12 b	0,05 bc
<i>Pantoea</i> sp. 1DD1	26,7 cd	0,12 b	0,08 b
<i>Pantoea</i> sp. 1DD2	31,4 b	0,12 b	0,14 ab
<i>Pantoea</i> sp. II2	28,0 c	0,08 bc	0,05 c
<i>Mitsuaria</i> sp. II3	26,3 cd	0,09 bc	0,10 b
<i>Pantoea</i> sp. GG1	34,5 a	0,18 a	0,17 a
<i>Pantoea</i> sp. GG2	30,8 b	0,15 ab	0,16 a
<i>Acinetobacter</i> sp. 3W	25,8 d	0,07 c	0,03 c
<i>Pantoea</i> sp. 4S	28,6 c	0,08 bc	0,03 c
<i>Pantoea</i> sp. 5O	25,7 d	0,06 c	0,13 ab
<i>Enterobacter</i> sp. 5FF1	27,0 cd	0,12 ab	0,04 c
ESx	0,9	0,02	0,02

Tabla 3. Efecto de la inoculación de cepas de *Rhizobium* en el contenido relativo de clorofilas totales, carbohidratos y proteínas solubles totales de plantas de arroz cultivares INCA LP-5 e INCA LP-7, a los 70 después de la inoculación en condiciones semicontroladas.

Tratamientos	Clorofila (SPAD) ^b	Carbohidratos solubles totales (mg g ⁻¹)	Proteínas solubles totales (µg g ⁻¹)	
		Hoja	Hoja	Raíz
Control ^a	24,1 ± 0,4 b	1,93 ± 0,04 b	23,20 ± 0,46 b	6,39 ± 0,22 b
<i>H. seropedicae</i> Z67	26,2 ± 0,6 a	1,90 ± 0,08 b	30,32 ± 0,46 a	8,71 ± 0,46 a
5P1	27,2 ± 1,4 a	2,36 ± 0,07 a	32,37 ± 0,98 a	7,83 ± 0,33 a

^aPlantas inoculadas con medio LM estéril

SPAD: Índice relativo del contenido de clorofilas totales.

Letras iguales en la misma columna representan que no hay diferencias significativas entre los tratamientos (Tukey HSD $P < 0.05$, $n = 6$).

Tabla 4. Efecto de la inoculación de *Rhizobium* sp. 5P1 y la fertilización mineral en algunos componentes del rendimiento de arroz cultivar INCA LP-7, a los 105 días después del trasplante en condiciones de producción.

Tratamientos	Granos llenos por panícula	Masa de 1000 granos (g)	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Incremento (control absoluto) (%)
Control absoluto ^a	30.8 ± 0.9 c	29.9 ± 0.8 a	1.0 ± 0.1 c	-
Fertilizado ^b	111.7 ± 2.5 a	29.2 ± 0.4 a	7.7 ± 0.1 a	87.0
5P1	103.5 ± 1.8 b	28.2 ± 0.8 a	6.4 ± 0.2 b	84.4

^aPlantas no inoculadas y no fertilizadas

^b100% de fertilización mineral de acuerdo al Instructivo Técnico del cultivo del arroz

Letras iguales en la misma columna representan que no hay diferencias significativas entre los tratamientos (Duncan $P < 0.05$, $n = 15$).