

Capacidad promotora del crecimiento en cebada (*Hordeum vulgare*) y potencial antagonístico de *Rhizobium leguminosarum* y *Rhizobium etli*

Santillana Nery¹, Zúñiga Doris², Arellano Consuelo²

¹Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Portal Independencia N° 57, Ayacucho, Perú.
Correo electrónico: nerysantillana@yahoo.es

²Universidad Nacional Agraria La Molina. Avenida La Molina s/n. La Molina Lima, Perú.

Recibido: 24/5/12 Aceptado: 28/8/12

Resumen

La agricultura sustentable plantea mejorar la eficiencia de la fijación del nitrógeno mediante el uso de plantas (leguminosas) y bacterias (rizobio) competitivas, capaces de ser usadas en biofertilización, biorremediación y fitorremediación y de esta manera extender las ventajas de la simbiosis a otros cultivos. En tal sentido, las investigaciones se han orientado al estudio del rizobio como promotor del crecimiento de plantas leguminosas y no leguminosas, proceso conocido como capacidad PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria). El presente estudio se ejecutó con el objetivo de evaluar 19 cepas de *Rhizobium leguminosarum* y *Rhizobium etli*, considerando su capacidad promotora de crecimiento en cebada (*Hordeum vulgare*) y su potencial antagonístico con *Alternaria solani* y *Fusarium sp.* La evaluación de la capacidad promotora se realizó en condiciones de invernadero y el potencial antagonístico *in vitro*. El 89% de las cepas de *Rhizobium* evaluadas estimuló el crecimiento de las plantas de cebada, incrementando la materia seca total entre 8 a 37%. Se observó que el 63% de las cepas de rizobio mostraron potencial antagonístico con *A. solani* y el 84% con *Fusarium sp.*, con porcentajes de inhibición hasta de 49% y de 43% respectivamente. Se verificó que algunas cepas de *R. leguminosarum* y *R. etli* pueden promover el crecimiento de plantas de cebada y controlar hongos fitopatógenos como *A. solani* y *Fusarium sp.* en condiciones *in vitro*.

Palabras clave: *Rhizobium*, capacidad PGP, *Hordeum vulgare*, potencial antagonístico, hongos fitopatógenos

Summary

Growth Promoting Capacity in Barley (*Hordeum vulgare*) and Antagonistic Potential of *Rhizobium leguminosarum* and *Rhizobium Etli*

Sustainable agriculture intends to improve nitrogen fixation efficiency through the use of competitive plants (legumes) and bacteria (rhizobia), capable of being used in biofertilization, bioremediation and phytoremediation, thereby extending the advantages of symbiosis to other crops. In that sense, research has been focused on the study of rhizobia able to promote the growth of legumes and non legumes through different mechanisms, a process known as PGP (Plant Growth Promoting) capacity. The goal of this work was to evaluate the ability of 19 *Rhizobium leguminosarum* and *Rhizobium etli* strains to promote the growth of barley plants (*Hordeum vulgare*) and to antagonize *Alternaria solani* and *Fusarium sp* growth. The capacity to promote plant growth was evaluated in green house conditions while antagonistic activity assays were performed *in vitro*. Eighty nine percent of the *Rhizobium* strains tested stimulated the growth of barley plants, increasing the total dry matter between 8 to 37%. Sixty three percent of the rhizobial strains showed antagonistic capacity towards *A. solani* and 84% towards *Fusarium sp.* being the growth inhibition of 49% and 43% respectively. In this work we demonstrate that some *R. leguminosarum* and *R. etli* strains can promote the growth of barley plants and control the phytopathogenic fungi *Fusarium sp.* and *A. solani* *in vitro* conditions.

Key words: *Rhizobium*, PGP capacity, *Hordeum vulgare*, antagonistic potential, phytopathogenic fungi

Introducción

Las bacterias conocidas como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal o PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria), término propuesto por Kloepper *et al.* (1989), son aquellas bacterias que se localizan muy cerca o dentro de las raíces de las plantas y que tienen un efecto benéfico en el crecimiento de las mismas. En este grupo, se consideran también los rizobios.

Chen *et al.* (2004), Dey *et al.* (2004), Perrine *et al.* (2004), Mhadhbi *et al.* (2004), Mayak *et al.* (2004), Kumari *et al.* (2009) entre otros, han reportado la capacidad promotora del crecimiento de cepas de *Rhizobium* y *Bradyrhizobium* en plantas no leguminosas. Las asociaciones entre rizobios y plantas no leguminosas pueden mejorar el crecimiento de las plantas, aunque no se ha demostrado que sea mediante la fijación de nitrógeno, sino más bien debido a la producción de sideróforos, fitohormonas o solubilización de fosfatos (Fugita *et al.*, 1992; McCully, 2001; Rosenblueth y Martínez-Romero, 2006).

Los rizobios son también capaces de inhibir el crecimiento de hongos por lo que pueden ser usados como agentes potenciales de biocontrol contra hongos fitopatógenos. El antagonismo microbiano se produce por la supresión del crecimiento saprofítico del patógeno de la planta, mediante la producción de compuestos antifúngicos o anti-

bacterianos, producción de sideróforos, enzimas o competencia por nutrientes (Rosenblueth y Martínez-Romero, 2006). La conjunción de los diversos mecanismos de acción ha dado como resultado la promoción evidente de crecimiento en plantas, observando un incremento en emergencia, vigor y peso de plántulas, mayor desarrollo del sistema radicular e incrementos en la producción de cultivos de interés comercial (Antoun *et al.*, 1998; Aysan y Demir, 2009; Mourad *et al.*, 2009).

Este estudio se realizó con el objetivo de evaluar 19 cepas de *Rhizobium* considerando su capacidad promotora del crecimiento en plantas de cebada (*Hordeum vulgare*) y su potencial antagonístico con *Alternaria solani* y *Fusarium* sp.

Materiales y métodos

Origen e identificación de cepas de *Rhizobium*

Las cepas de *Rhizobium* utilizadas en la presente investigación fueron aisladas de diferentes lugares geográficos de Perú (Cuadro 1), a partir de leguminosas introducidas como *Vicia faba* L. y *Pisum sativum* macrocarpum.

Dichas cepas fueron identificadas mediante técnicas moleculares en el laboratorio de Microbiología y Genética de la Universidad de Salamanca, España (Santillana *et al.*, 2008).

Cuadro 1. Código, especie, origen geográfico, coordenada geográfica y planta hospedera de cepas de *Rhizobium* aisladas de *Vicia faba* y *Pisum sativum* var. macrocarpum.

Código Cepa	Especie de <i>Rhizobium</i>	Origen geográfico (Perú)	Coordenada geográfica	Planta Hospedera
PEVF01	<i>R. leguminosarum</i> bv trifolii	Huancavelica (3,500 msnm)	12°52'0"S 74°34'00"O	<i>Vicia faba</i>
PEVF02	<i>R. leguminosarum</i> bv trifolii	Huancavelica (3,500 msnm)	12°52'0"S 74°34'00"O	<i>Vicia faba</i>
PEVF03	<i>R. leguminosarum</i> bv trifolii	Huancavelica (3,500 msnm)	12°52'0"S 74°34'00"O	<i>Vicia faba</i>
PEVF04	<i>R. leguminosarum</i> bv trifolii	Huancavelica (3,500 msnm)	12°52'0"S 74°34'00"O	<i>Vicia faba</i>
PEVF05	<i>R. leguminosarum</i> bv trifolii	Huancavelica (3,500 msnm)	12°52'0"S 74°34'00"O	<i>Vicia faba</i>
PEVF06	<i>R. leguminosarum</i> bv trifolii	Huancavelica (3,500 msnm)	12°52'0"S 74°34'00"O	<i>Vicia faba</i>
PEVF07	No identificada	Argentina	13°35'00"S 74°39'51"O	<i>Pisum sativum</i>
PEVF08	<i>R. leguminosarum</i> bv trifolii	Ayacucho (2750 msnm)	13°09'30"S 74°13'26"O	<i>Vicia faba</i>
PEVF09	<i>R. leguminosarum</i> bv trifolii	Ayacucho (2750 msnm)	13°09'30"S 74°13'26"O	<i>Vicia faba</i>
PEVF10	<i>R. leguminosarum</i> bv trifolii	Ayacucho (2750 msnm)	13°09'30"S 74°13'26"O	<i>Vicia faba</i>
PEVF11	<i>R. leguminosarum</i> bv trifolii	Ayacucho (2750 msnm)	13°09'30"S 74°13'26"O	<i>Vicia faba</i>
PEPSM12	<i>R. leguminosarum</i> bv viciae	Lima (Cañete 39 msnm)	13°40'00"S 76°09'00"O	<i>P. sativum</i> macrocarpum
PEPSM13	<i>R. leguminosarum</i> bv viciae	Lima (Cañete 39 msnm)	13°40'00"S 76°09'00"O	<i>P. sativum</i> macrocarpum
PEPSM14	<i>R. leguminosarum</i> bv viciae	Lima (Cañete 39 msnm)	13°40'00"S 76°09'00"O	<i>P. sativum</i> macrocarpum
PEPSM15	<i>R. etli</i>	Lima (Cañete 39 msnm)	13°40'00"S 76°09'00"O	<i>P. sativum</i> macrocarpum
PEPSM16	<i>R. etli</i>	Lima (Cañete 39 msnm)	13°40'00"S 76°09'00"O	<i>P. sativum</i> macrocarpum
PEPSM17	<i>R. etli</i>	Lima (Imperial 252 msnm)	13°03'33"S 76°21'10"O	<i>P. sativum</i> macrocarpum
PEPSM18	<i>R. etli</i>	Lima (Imperial 252 msnm)	13°03'33"S 76°21'10"O	<i>P. sativum</i> macrocarpum
PEPSM19	No identificada	Lima (Imperial 252 msnm)	13°03'33"S 76°21'10"O	<i>P. sativum</i> macrocarpum

Efecto de *Rhizobium* en el crecimiento de plantas de cebada (*Hordeum vulgare*)

El ensayo se realizó en condiciones de invernadero, utilizando suelo con las siguientes características: suelo franco, pH 8.2, con bajo contenido de materia orgánica, contenido medio de fósforo y alto contenido de potasio. El suelo se abonó con residuos de turba (5 t ha⁻¹) y roca fosfórica (60 U de P₂O₅). El suelo así abonado se colocó en maceteros de 300 g de capacidad y humedecido a capacidad de campo.

Las semillas se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 2,5% y se enjuagaron con agua destilada esterilizada. La inoculación consistió en sumergir las semillas desinfectadas, durante 30 minutos, en cultivos de las diferentes cepas de *Rhizobium*. Dichos cultivos presentaban concentraciones celulares de 1 a 2 x 10⁸ ufc.mL⁻¹. La siembra se realizó utilizando dos semillas por macetero.

El diseño utilizado fue completamente al azar con 21 tratamientos: 19 cepas, un control sin inocular y un control con fertilización química (80-80-0 de NPK, se utilizó urea como fuente de N y superfosfato triple como fuente de P). Se consideraron tres repeticiones por tratamiento.

Al inicio de la espigazón (45 días después de la siembra), se procedió a la evaluación de la altura de la planta, peso de la materia seca de la parte aérea, peso de la materia seca de la raíz, peso de la materia seca total de la planta.

Se realizó el análisis de varianza y la prueba de significación de Duncan (P<0,05) para establecer las diferencias entre tratamientos. Se determinó el Índice de Efectividad de la Inoculación (IEI) expresado en porcentaje, calculado mediante la siguiente expresión:

$$IEI = \left[\frac{\text{Tratamiento inoculado} - \text{Control sin inocular}}{\text{Control sin inocular}} \right] \times 100$$

Potencial Antagónico de cepas de *Rhizobium* con *A. solani* y *Fusarium* sp.

Las cepas de *Rhizobium* fueron enfrentadas a *A. solani* y *Fusarium* sp., hongos fitopatógenos procedentes del Laboratorio de Fitopatología de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú. Se utilizó la técnica del cultivo dual, que consiste en sembrar ambos microorganismos (bacteria y hongo) en una misma placa de Petri con medio Agar Papa Dextrosa. La bacteria se sembró en un extremo de la placa, mediante el método de estriado, y el hongo en el extremo opuesto, utilizando un disco de agar de 5 mm de diámetro con micelio del hongo a evaluarse (Carr, 2004). Para los controles se sembraron sólo los

hongos. Se utilizaron dos repeticiones por tratamiento. Las placas sembradas se incubaron a 28 °C durante 15 días.

Se consideró presencia de actividad antagónica, cuando se observó la inhibición del crecimiento fúngico frente a la línea de crecimiento bacteriano. El desarrollo fúngico se evaluó mediante la medida del radio de la colonia fúngica.

Se realizó el análisis de varianza y la prueba de significación de Duncan (P<0,05) para observar las diferencias entre tratamientos.

Resultados

Efecto de la inoculación de *Rhizobium* en el crecimiento de plantas de cebada (*H. vulgare*)

En las variables altura, materia seca de la parte aérea y materia seca total no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados (Cuadro 2), sin embargo, al determinar el índice de efectividad de la inoculación (IEI) de la altura de las plantas inoculadas con las cepas PEVF01, PEVF02, PEVF04, PEVF05, PEVF06, PEPSM13, PEPSM14, PEPSM16, PEPSM18 y PEPSM19, se observaron incrementos entre 1 a 18%. Asimismo, se observó que todas las cepas, excepto la cepa PEPSM17, incrementaron la materia seca de la parte aérea y la materia seca total, entre 6 a 33% y entre 8 y 37% respectivamente, mientras que la fertilización química (80-80-00 de NPK) presentó incrementos de 36% y 37%.

En la variable materia seca de la raíz, todas las cepas presentaron incrementos entre 12 a 64% con excepción de la cepa PEVF04. Las cepas PEVF02, PEVF03, PEVF05, PEVF06, PEVF08 y PEPSM14 superaron con diferencias estadísticas al control, dichas cepas permitieron incrementos entre 50 y 64%; superando al control con fertilización química, que incrementó sólo 38%.

Considerando las variables evaluadas, se puede concluir que un 89% de las cepas evaluadas incrementaron el crecimiento de las plantas de cebada.

Potencial Antagónico de cepas de *Rhizobium* con *A. solani*

Mediante la prueba de significación de Duncan (P<0,05) (Cuadro 3), las cepas de *Rhizobium* PEVF01, PEVF09, PEPSM12, PEPSM15 y PEPSM16 presentaron diferencias significativas frente al control. Dichas cepas inhibieron el crecimiento de *A. solani* entre 31 y 49 %. Las cepas PEVF02, PEVF03, PEVF05, PEVF08, PEVF10, PEPSM 13 y PEPSM 19 inhibieron el crecimiento fúngico entre 5 y 12 %, sin presentar diferencias significativas con el control.

Cuadro 2. Altura, materia seca de la parte aérea, materia seca de la raíz, materia seca total e índice de efectividad de la inoculación (IEI) de plantas de cebada (*Hordeum vulgare*) inoculadas con cepas de *Rhizobium*.

Cepas	Altura (cm)	Materia seca parte aérea		Materia seca raíz		Materia seca total		
		IEI %	(mg)	IEI %	(mg)	IEI %	(mg)	
PEVF01	41 a	3,5	257 a	10	173 a-c	24	430 a	15
PEVF02	40 a	1	267 a	14	217 ab	55	483 a	29
PEVF03	37 a	-	280 a	20	230 a	64	510 a	37
PEVF04	41 a	3	283 a	21	140 c	-	423 a	13
PEVF05	40 a	1	283 a	21	230 a	64	513 a	37
PEVF06	45 a	14	280 a	20	213 ab	52	493 a	32
PEVF07	37 a	-	253 a	8	203 a-c	45	457 a	22
PEVF08	39 a	-	283 a	21	220 ab	57	503 a	35
PEVF09	38 a	-	293 a	26	206 a-c	48	500 a	34
PEVF10	37 a	-	280 a	20	163 a-c	17	437 a	17
PEVF11	40 a	-	283 a	21	170 a-c	21	453 a	21
PEPSM12	38 a	-	310 a	33	183 a-c	31	493 a	32
PEPSM13	44 a	11	287 a	23	180 a-c	28	467 a	25
PEPSM14	44 a	10	287 a	23	210 ab	50	497 a	33
PEPSM15	37 a	-	300 a	28	167 a-c	19	467 a	25
PEPSM16	42 a	6	247 a	6	157 bc	12	403 a	8
PEPSM17	34 a	-	190 a	-	183 a-c	31	373 a	-
PEPSM18	47 a	18	293 a	26	177 a-c	26	470 a	26
PEPSM19	42 a	6	287 a	23	170 a-c	21	457 a	22
Control	40 a	-	233 a	-	140 c	-	373 a	-
F. Química	41 a	6	317 a	36	193 a-c	38	510 a	37
CV %	14,2		16,2		18,5		13,3	

Tratamientos unidos con la misma letra no difieren significativamente por la prueba de significación de Duncan ($P < 0,05$).
IEI: Índice de Efectividad de la Inoculación.

Potencial Antagónico de cepas de *Rhizobium* con *Fusarium* sp

La prueba de significación de Duncan ($P < 0,05$) (Cuadro 3) indicó que las cepas de *Rhizobium* PEVF02, PEVF03, PEVF05, PEVF07, PEVF08, PEVF11, PEPSM12, PEPSM14, PEPSM15, PEPSM17 y PEPSM18 presentaron diferencias significativas frente al control, dichas cepas inhibieron el crecimiento de *Fusarium* sp. entre 28 y 43%. Las cepas PEVF01, PEVF04, PEVF06, PEVF09 y PEPSM16 inhibieron el crecimiento solo entre 7 y 14%.

Discusión

En el presente ensayo se verificó que las cepas de *R. leguminosarum* y *R. etli* aisladas de *V. faba* y *P. sativum* var. macrocarpum pueden promover el crecimiento de plantas no leguminosas como la cebada y controlar hongos fitopatógenos tal como *A. solani* y/o *Fusarium* sp.

El 89% de las cepas de *Rhizobium* evaluadas estimularon el crecimiento de las plantas de cebada con incrementos de la parte aérea entre 6 a 33%, al respecto, autores como Antoun y Prévost (2000) indican incrementos de 7, 8 y 6% en plantas de maíz, trigo y cebada respectivamente. Numerosos estudios realizados por Spencer *et al.* (1994), Chabot *et al.* (1996), Noel *et al.* (1996), Reddy *et al.* (1997), Schloter *et al.* (1997), Yanni *et al.* (1997), Antoun *et al.* (1998) han explorado también el uso del rizobio como promotores del crecimiento de plantas no leguminosas tales como trigo, maíz, arroz, patata, rábano y canola. La acción promotora de crecimiento de las cepas de rizobio en las plantas de cebada, posiblemente es debido a la habilidad de los rizobios para producir hormonas como el ácido indol acético, ácido giberélico y citoquininas, sustancias reguladoras del crecimiento de las plantas (Dey *et al.*, 2004; Yanni *et al.*, 2001; Perrine *et al.*, 2004).

Cuadro 3. Radio (cm) de colonias de *Alternaria solani* y *Fusarium sp* en presencia de cepas de *Rhizobium*.

Cepas	Radio (cm) Colonia <i>A. solani</i>		Radio (cm) Colonia <i>Fusarium sp.</i>	
		% Inhibición		%Inhibición
PEVF01	2,85 d	48	6,00a b	14
PEVF02	4,55 b c	17	4,00 c	43
PEVF03	5,00a b	9	5,00 b c	28
PEVF04	5,50a b	-	6,25a	11
PEVF05	5,25 a b	5	4,00 c	43
PEVF06	5,80a	-	6,00a b	14
PEVF07	5,50a b	-	4,00 c	43
PEVF08	5,50a b	-	4,50 c	36
PEVF09	3,25 d	41	6,50a	7
PEVF10	5,00a b	9	7,00a	-
PEVF11	5,50a b	-	4,00 c	43
PEPSM12	2,80 d	49	4.50 c	36
PEPSM13	5,00a b	9	7,00a	-
PEPSM14	5,50a b	-	5,00 b c	28
PEPSM15	3,80 c d	31	4,00 c	43
PEPSM16	3,00 d	45	6,00a b	14
PEPSM17	6,00a	-	4,00 c	43
PEPSM18	6,00a	-	4,50 c	36
PEPSM19	4,85a b	12	7,00a	-
Control	5,50a b	-	7,00a	-
C.V.%	9.9		8.6	

Tratamientos unidos con la misma letra no difieren significativamente por la prueba de significación de Duncan ($P < 0,05$).

En las plantas de cebada (Cuadro 2) se observó mayor incremento de la materia seca de la raíz (12 a 64%) con relación a la materia seca de la parte aérea (6 a 33%), incrementos que también superaron a la fertilización química. Dichos resultados concuerdan con autores como Mayak *et al.* (2004) quienes hacen mención a la habilidad de las cepas de rizobios para producir ACC diaminasa, compuesto que reduce el nivel de etileno en las raíces de las plantas, incrementándose de esta manera la longitud y el crecimiento de las raíces. Mientras que Chabot *et al.* (1996), McCully (2001), Yanni *et al.* (2001), Perrine *et al.* (2004),

Kumari *et al.* (2009) sostienen que las moléculas promotoras del crecimiento como el ácido indol acético, las gibberelinas y las citoquininas producidas por los rizobios presentes ya sea en la rizósfera o en los tejidos de las plantas estimulan el mayor desarrollo de la raíz e incrementan la capacidad de absorción de nutrientes de la raíz en beneficio de la planta no leguminosa.

Distintas especies de rizobios se han encontrado como endófitos de diversas plantas no leguminosas como el algodón y el maíz dulce (McInroy y Kloepper, 1995), arroz asiático *Oryza sativa* (Yanni *et al.*, 1997), maíz

(Rosenblueth y Martínez-Romero, 2004), arroz africano *Oryza breviligulata* (Chaintreuil *et al.*, 2000), cebada, trigo y canola (Lupwayi *et al.*, 2004). Rizobios y otros microbios pueden penetrar las raíces de las especies no leguminosas a través de las grietas o por los puntos de la aparición lateral de la raíz y establecerse en el xilema y en los espacios intercelulares de las plantas (Spencer *et al.*, 1994; Reddy *et al.*, 1997; Yanni *et al.*, 2001; Rosenblueth y Martínez-Romero, 2006).

Los rizobios son también conocidos como agentes importantes de biocontrol en ecosistemas naturales y agrícolas (Tu, 1979, 1978; Aysan y Demir, 2009; Mourad *et al.*, 2009).

En el presente estudio, se encontró que el 63% de las cepas de rizobio evaluadas inhibieron el crecimiento de *A. solani* entre 5 a 49%. El 84% de las cepas inhibieron el crecimiento de *Fusarium* sp. entre 7 y 43%. Al respecto, Antoun *et al.* (1998) encontraron 49 cepas de *Sinorhizobium meliloti* que inhibieron el crecimiento de *F. oxysporum* hasta en un 50%.

Las cepas PEVF01, PEVF02, PEVF03, PEVF05, PEVF08, PEVF09, PEPSM12, PEPSM15 y PEPSM16 fueron capaces de inhibir el crecimiento de ambos fitopatógenos. Resultados similares son reportados por Tu (1978, 1979) quien muestra evidencias de que una cepa de *Rhizobium* puede causar hasta una disminución del 75% de la esporulación de *Phytophthora megasperma*, el 65% de *Pythium ultimum*, el 47% de *Fusarium oxysporum* y el 35% de *Ascochyta imperfecta*, resultados que sugieren que una sola cepa de *Rhizobium* puede tener un efecto represivo en la población del suelo de una amplia gama de patógenos. La eficiencia antagónica de la cepa de *Rhizobium* contra hongos fitopatógenos es generalmente mediada por uno o más mecanismos, como la producción de antibióticos, competición por nutrientes debido a la producción de sideróforos, bloqueo de sitios de entrada, acidificación del medio o activación de mecanismos de defensa del hospedero (Tu, 1979; Savoure *et al.*, 1994; Aysan y Demir, 2009; Mourad *et al.*, 2009).

Conclusiones

Todas las cepas de *Rhizobium* evaluadas, excepto PEPSM17, incrementaron el crecimiento de las plantas de cebada entre 8 y 37%.

Las cepas PEVF01, PEVF02, PEVF03, PEVF05, PEVF08, PEVF09, PEVF10, PEPSM12, PEPSM13, PEPSM15, PEPSM16 y PEPSM19 inhibieron el crecimiento de *A. solani*, entre 5 a 49%.

Las cepas PEVF01, PEVF02, PEVF03, PEVF04, PEVF05, PEVF06, PEVF07, PEVF08, PEVF09, PEVF11, PEPSM12, PEPSM14, PEPSM15, PEPSM16, PEPSM17 y PEPSM18 inhibieron el crecimiento de *Fusarium* sp., entre 7 a 43%.

Bibliografía

- Antoun H, Prévost D. 2000. PGR activity of *Rhizobium* with non leguminous plants [En línea]. Consultado 5 enero 2006. Disponible en: <http://www.Ag.auburn.edu/argentina/manuscripts/antoun.pdf>.
- Antoun H, Beauchamp Ch, Goussard N, Chabot R, Ladande R. 1998. Potencial of *Rhizobium* and *Bradyrhizobium* species as plant growth promoting rhizobacteria on non-legumes: Effect on radishes (*Raphanus sativus* L.). *Plant and Soil*, 204: 57 - 67.
- Aysan E, Demir S. 2009. Using Arbuscular Mycorrhizal Fungi and *Rhizobium leguminosarum* Biovar phaseoli against *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary in the Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant Pathology Journal*, 8(2): 74 - 78.
- Carr D. 2004. Control Microbiológico de plagas y enfermedades En: Soto F. [Ed.]. II Curso Internacional Teórico-Práctico. Ciudad de Cañete: Instituto Rural Valle Grande. pp. 38.
- Chabot R, Antoun H, Kloepper JW, Beauchamp CJ. 1996. Root colonization of maize and lettuce by bioluminescent *Rhizobium leguminosarum* biovar. phaseoli. *Applied and Environment Microbiology*, 62: 2767 - 2772.
- Chaintreuil C, Giraud E, Prin Y, Lorquin J, Bâ A, Gillis M, de Lajudie P, Dreyfus B. 2000. Photosynthetic Bradyrhizobia are natural endophytes of the african wild rice *Oryza breviligulata*. *Applied and Environment Microbiology*, 66: 5437-5447.
- Chen WM, Chang JS, Wu CH, Chang SC. 2004. Characterization of phenol and trichloroethene degradation by the rhizobium *Ralstonia taiwanensis*. *Research in Microbiology*, 155: 672 - 680.
- Dey R, Pal K, Bhatt DM, Chauhan SM. 2004. Growth promotion and yield enhancement of peanut (*Arachis hypogaea* L.) by application of plant growth-promoting rhizobacteria. *Microbiological Research*, 159: 371 - 394.
- Fugita K, Ofusu-Budu KG, Ogata S. 1992. Biological nitrogen fixation in mixed legume-cereal cropping systems. *Plant and Soil*, 141: 155 - 175.
- Kloepper JW, Lifshitz R, Zablutowicz RM. 1989. Free living bacterial inoculation for enhancing crop productivity, *Tibtech*, 7: 39 - 44.
- Kumari BS, Ram MR, Mallaiah K V. 2009. Studies on exopolysaccharide and indole acetic acid production by *Rhizobium* strains from *Indigofera*. *African Journal of Microbiology Research*, 3(1): 10 - 14.
- Lupwayi NZ, Clyton GW, Hanson KG, Rice WA, Biederbeck VO. 2004. Endophytic rhizobia in barley, wheat and canola roots. *Canadian Journal of Plant Science*, 84: 37 - 45.
- Mayak S, Tirosh T, Glick B. 2004. Plant growth-promoting bacteria confer resistance in tomato plants to salt stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 42: 565 - 572.
- McCully ME. 2001. Niches for bacterial endophytes in crop plants: a plant biologist's view. *Australian Journal of Plant Physiology*, 28: 983 - 990.
- McInroy JA, Kloepper JW. 1995. Survey of indigenous endophytes from cotton and sweet corn. *Plant and Soil*, 173: 337 - 342.
- Mhadhbi H, Jebara M, Limam F, Elarbi Aouani M. 2004. Rhizobial strain involvement in plant growth, nodule protein composition and antioxidant enzyme activities of chickpea-rhizobia symbioses: modulation by salt stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 42: 717 - 722.

- Mourad K, Fadhila K, Chahinez M, Meriem R, Philippe L, Abdelkader B.** 2009. Antimicrobial activities of *Rhizobium* sp. strains against *Pseudomonas savastanoi*, the agent responsible for the olive knot disease in Algeria. *Grasas y Aceites*, 60(2): 139 - 146.
- Noel TC, Sheng C, Yost CK, Pharis RP, Hynes MF.** 1996. *Rhizobium leguminosarum* as a plant growth-promoting rhizobacterium: direct growth promotion of canola and lettuce. *Canadian Journal of Microbiology*, 42: 279 - 283.
- Perrine F, Rolfe B, Hynes M, Hocart C.** 2004. Gas chromatography-mass spectrometry analysis of indolacetic acid and tryptophan following aqueous chloroformate derivatisation of *Rhizobium* exudates. *Plant Physiology and Biochemistry*, 42: 723 - 729.
- Reddy PM, Ladha JK, So RB, Hernandez RJ, Ramos MC, Angeles OR, Dazzo FB, de Bruijn FJ.** 1997. Rhizobial communication with rice roots: induction of phenotypic changes, mode of invasion and extent of colonization. *Plant and Soil*, 194: 81 - 98.
- Rosenblueth M, Martínez-Romero E.** 2006. Bacterial endophytes and their interactions with hosts. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 19(8): 827 - 837.
- Rosenblueth M, Martínez-Romero E.** 2004. *Rhizobium etli* maize population and their competitiveness for root colonization. *Archive of Microbiology*, 181(5): 337 - 344.
- Santillana N, Ramírez Bahena M, García-Fraile P, Velásquez E, Zúñiga D.** 2008. Phylogenetic diversity based on *rrs*, *atad*, *recA* genes and 16S-23S intergenic sequence (ITS) analyses of rhizobial strains isolated from *Vicia faba* and *Pisum sativum* in Peru. *Archive of Microbiology*, 189: 239 - 247.
- Savoure A, Magyar Z, Pirre M, Brown A, Schultze M, Dudits D, Kondorosi A, Kondorosi E.** 1994. Activation of the cell cycle machinery and the isoflavonoid biosynthesis pathway by active *Rhizobium meliloti* Nod signal molecules in *Medicago microcallus* suspensions. *EMBO Journal*, 13: 1093 - 1102.
- Schlöter M, Wiche W, Assmus B, Steindl H, Becke H, Hoflich G, Hartmann A.** 1997. Root colonization of different plants by plant growth-promoting *Rhizobium leguminosarum* bv. trifolii R39 studied with monoespecific polyclonal antisera. *Applied and Environmental Microbiology*, 63: 2038 - 2046.
- Spencer D, James EK, Ellis GJ, Shaw JE, Sprent JI.** 1994. Interactions between rhizobia and potato tissues. *Journal of Experimental Botany*, 45: 1475 - 1482.
- Tu JC.** 1979. Evidence of differential tolerance among some root rot fungi to rhizobial parasitism in vitro. *Physiological Plant Pathology*, 14: 171 - 177.
- Tu JC.** 1978. Protection of soybean from severe *Phytophthora* root rot by *Rhizobium*. *Physiological Plant Pathology*, 12: 233 - 240.
- Yanni Y, Rizk R, Fattah FK, Squartine A.** 2001. The beneficial plant growth-promoting association of *Rhizobium leguminosarum* bv. trifolii with rice root. *Australian Journal of Plant Physiology*, 28: 845 - 870.
- Yanni YG, Rizk RY, Corich V, Squartion A, Ninloc K, Dazzo FB.** 1997. Natural endophytic association between *Rhizobium leguminosarum* bv trifolii and rice roots and assessment of its potential to promote rice growth. *Plant and Soil*, 194: 99 - 114.