

Efecto de Inoculantes Bacterianos Sobre el Comportamiento Agronómico de tres Variedades de Papa En Cañete.

Effect of bacterial inoculants on agronomic performance of three potato cultivars in Cañete

¹Sergio Eduardo Contreras Liza^a, ¹Juan Carlos Custodio Laura^a, ²Doris Elizabeth Zúñiga Dávila^a

RESUMEN

Determinar el efecto de la inoculación de cuatro cepas bacterianas sobre el comportamiento agronómico de tres cultivares comerciales de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la provincia de Cañete. **Metodología:** Fue utilizado el Diseño de Bloques Completos Aleatorizados con 3 repeticiones. Se dispuso un arreglo jerárquico de parcelas subdivididas en el que los genotipos de papa (3 variedades comerciales) se asignaron a parcelas completas y los tratamientos de inoculación (4 cepas bacterianas y 1 control) a sub-parcelas, evaluándose el efecto promotor del crecimiento de las cepas bacterianas: *Bacillus sp.*, *Azotobacter sp.* y *Pantoea sp.* sobre características agronómicas de la papa. **Resultados:** La inoculación con las cepas bacterianas en las variedades de papa Canchán, Perricholi y Única, afectaron significativamente ($p < 0,05$) el vigor vegetativo, porcentaje de inflorescencias, peso de follaje por planta y el peso de la biomasa total por hectárea en el cultivo por lo que se puede recomendar utilizar la inoculación de algunas de estas cepas que tuvieron un efecto estimulador del desarrollo en estas variedades comerciales, destacando la cepa AZO 16 M2 (*Azotobacter sp.*) para promover el incremento del peso de follaje y de la biomasa total, así como para estimular la floración en la variedad *Perricholi* y la cepa BAC 15 MB (*Bacillus sp.*) para regular el grado de senescencia del follaje, específicamente en la variedad *Canchan*. **Conclusiones:** La inoculación con las cepas bacterianas en las variedades Canchán, Perricholi y Única, influenciaron algunos caracteres agronómicos importantes en el cultivo de papa, aunque su efecto específico fue dependiente en cada variedad de papa.

Palabras clave: *Solanum tuberosum*, PGPR, inoculación, interacción genotipo-cepa.

ABSTRACT

To determine the effect of inoculation of four bacterial strains on the agronomic performance of three commercial cultivars of potato (*Solanum tuberosum*) in the province of Cañete. **Methodology:** It was used the randomized complete blocks design with 3 replications. A hierarchical arrangement of split plot in which potato genotypes (3 commercial varieties) were allocated to whole plots and inoculation treatments (4 bacterial strains and one control) to sub-plots, assessing the effect of growth promotion of bacterial strains (*Bacillus sp.*, *Azotobacter sp.* and *Pantoea sp.*) on agronomic characteristics of the potato. **Results:** Inoculation with the bacterial strains in potato varieties Canchán, Perricholi and

Unica, significantly ($p < 0.05$) affected vegetative vigor, percentage of inflorescences per plot foliage weight and the weight of the total biomass per hectare, so was recommend using inoculation of some of these strains for stimulatory effect of development in these commercial varieties, highlighting strain AZO 16 M2 (*Azotobacter sp.*) to promote increased weight of foliage and total biomass and to encourage flowering in cv. Perricholi and strain BAC15 MB (*Bacillus sp.*) to regulate senescence of foliage, specifically in cv. Canchan. **Conclusions:** Inoculation with bacterial strains in potato varieties Canchán, Perricholi and Unica, influenced some important agronomic traits in potato development, although its specific effect was dependent on each potato variety.

keyword: *Solanum tuberosum*, PGPR, inoculation, genotype-strain interaction.

¹ Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión (UNJFSC). Huacho.

² Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima.

^a Ing. Agrónomo

INTRODUCCIÓN

De acuerdo a Maldonado, Suárez & Thiele (2008) en las década de 1960-2000, la producción de papa en el Perú se incrementó de 1.3 a 3 millones de toneladas anuales. Este volumen de producción ha convertido al país en el mayor productor de papa en América Latina. Por otro lado, se conoce que el cultivo de papa es muy sensible a una serie de estreses ambientales bióticos y abióticos; las enfermedades de la papa pueden reducir enormemente la productividad y la calidad del tubérculo (FAO 2008); estos problemas, aunados al hecho de que esta especie se propaga comercialmente por medios vegetativos (tubérculos y esquejes, respectivamente) hacen que la sanidad del cultivo, sea un problema considerable para la producción de material de siembra de calidad. Las virtudes de la papa, en particular su gran valor nutritivo y su capacidad de incrementar los ingresos del agricultor, no han sido objeto de la atención que merecen de los gobiernos (FAO, 2008), por ello es necesario invertir en nuevas tecnologías con potencial para reducir los riesgos del cultivo.

Muchas cepas bacterianas con actividad biológica importante, pertenecientes a los géneros *Azoarcus*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Enterobacter*, *Gluconacetobacter*, *Pseudomonas* y *Serratia*, han sido reportadas (Maheshwari, 2011); entre ellas, las

especies *Pseudomonas sp.* y *Bacillus sp.* son las más extensamente estudiadas. Los factores ecológicos como la temperatura y las condiciones nutricionales del suelo afectan el comportamiento de las rizobacterias; la inoculación bacteriana tiene un mejor efecto estimulador del crecimiento vegetal en condiciones de suelos deficientes en nutrientes que en suelos fértiles o ricos (Egamberdieva, 2012).

Oswald *et al.* (2010) mostraron que ensayos con *Bacillus sp.* en condiciones controladas producen pistas sobre los mecanismos causantes del mejor crecimiento de plantas de papa como tuberización temprana, rápido desarrollo del área foliar y probablemente, mayor tasa de fotosíntesis. Calvo, Reymundo y Zúñiga (2008) observaron un efecto de la variedad de papa sobre las poblaciones de los microorganismos en la rizósfera, lo que confirma la influencia de los exudados de la planta sobre las poblaciones rizosféricas.

Según Pineda *et al.* (2012), algunos microorganismos benéficos tales como las rizobacterias promotoras del crecimiento de plantas y los hongos micorrícicos, pueden tener un efecto mediado por la planta, sobre los insectos fitófagos; la rizobacteria promotora del crecimiento vegetal *Pseudomonas fluorescens* puede inducir resistencia sistémica en *Arabidopsis thaliana* contra varios patógenos microbianos y los insectos masticadores.

Rhizoctonia solani en cepas nativas bacterianas; el 91% de esas cepas también inhibieron el crecimiento de *Fusarium solani*, 81% mostraron un cierto nivel de la auxina ácido indol-3-acético, y 58% sobre la solubilización de fosfato tri-cálcico. El análisis filogenético reveló que la mayoría de la cepas pertenecían a especies de *B. amyloliquefaciens*, mientras que las cepas Bac17M11, Bac20M1 y Bac20M2 a un nuevo grupo putativo de *Bacillus sp.*

Rico (2009) evaluó la capacidad promotora del crecimiento vegetal en cepas de *Azotobacter sp.* y actinomicetos aisladas de campos de papa de la zona altoandina de Perú y halló que 42,3% de las cepas inhibieron el crecimiento de *Fusarium solani* y 17% el de *Rhizoctonia solani*; también halló que 56,5% de las cepas de *Azotobacter* produjeron ácido indol acético (auxina) y 46,7% produjeron halos de solubilización de fosfatos. La mayoría de las cepas aisladas de *Azotobacter* fueron reconocidas como *A. chroococcum* y *A. vinelandii*. A nivel de invernadero las cepas de *Azotobacter* mostraron promoción del crecimiento de la planta en la producción de tubérculos.

El objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de cuatro cepas bacterianas sobre el comportamiento agronómico de tres cultivares comerciales de papa en la provincia de Cañete y proponer alternativas al uso de insumos químicos externos en el cultivo de papa,

favoreciendo el desarrollo de defensas en la planta a través de la aplicación de inductores biológicos para incrementar la inmunidad natural y mejorar el comportamiento agronómico en condiciones de campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales:

Semilla-tubérculos de papa de los cultivares Única, Perricholi y Canchan; fue adquirida de semilleristas del distrito de Imperial (Cañete) y seleccionadas teniendo en cuenta el vigor y emergencia de brotes, verificando que correspondan a la variedad y estén libres de plagas o enfermedades.

El material biológico (cepas bacterianas) usado fue proporcionado por el Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología Marino Tabusso de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Para el diseño del experimento, se realizó la inoculación con las cepas bacterianas siguientes, obtenidas de la rizósfera de la papa (Calvo y Zúñiga, 2010):

Bacillus amyloliquefaciens cepa BAC
15 MB,
Bacillus simplex cepa B13,
/
Pantoea sp. cepa Dz22.

Ubicado en la parte sur-este de la provincia de Cañete, entre las coordenadas geográficas 12° 57' 34" S y 76° 23' 17" O. Su altura promedio es de 151 m.s.n.m. El clima durante el ensayo se

caracterizó por un rango de temperaturas promedio entre 16 y 22 C, humedad relativa ambiental de 82 a 84% y 2 mm. de precipitación media mensual. El suelo presentó las siguientes características: contenido de materia orgánica de 0,76%, CaCO_3 , 0.93%, conductividad eléctrica 3.40 dS/m, pH 7.84, fósforo disponible 16,68 ppm, potasio disponible 154 ppm, capacidad de intercambio de cationes 7.83 meq/100 g.

Preparación y aplicación de los tratamientos:

En un área acondicionada para realizar la dilución de las bacterias, se procedió a medir las cantidades a utilizar de cada cepa bacteriana según tratamiento, variedad de papa y dosis. Se utilizó una dosis de 30 ml. de inóculo bacteriano puro (6×10^6) por cada tratamiento y se usó 4 litros adicionales de agua desionizada para poder hacer la inmersión de todo el material de siembra; quedando así impregnados los inóculos bacterianos en los tubérculos. Luego, se procedió inmediatamente a la siembra en campo definitivo. El tratamiento control se aplicó con una dosis de 0,4 mM de ácido acético salicílico de uso farmacológico, en inmersión a los tubérculos; posteriormente en campo después de la emergencia de las plantas, se aplicó la misma dosis a los 15 días de la siembra mediante pulverización al follaje. En todos los casos, la inoculación a los tubérculos semilla tuvo una duración de 5 minutos, luego de los cuales se sembraron en las parcelas de campo. Para ello cada

variedad de papa con aproximadamente 200 tubérculos fue subdividida en 5 lotes de 40 tubérculos para realizar la inoculación de las 4 cepas bacterianas más del testigo por cada repetición. Los tratamientos de inoculación con las cepas bacterianas se aplicaron nuevamente al follaje y cuello de planta a los 45 días de la siembra, a la dosis de 30 ml. de inóculo por 10L de agua corriente para cada una de las 4 cepas bacterianas; al tratamiento testigo (sin inoculantes bacterianos) solo se les aplicó agua al follaje y cuello de planta.

Se aplicó a la siembra una única dosis de humus de lombriz enriquecido con roca fosfórica equivalente a $7,40 \text{ t.ha}^{-1}$. En el caso del humus de lombriz, se consideró una riqueza promedio de 1% de N, 2,5 % de P_2O_5 y 0,5% K_2O (Pineda, 1999), lo que equivale a una aplicación de 74 kg de nitrógeno, 185 kg de P_2O_5 y 37 kg de K_2O como dosis de abonamiento por hectárea. Durante el periodo del cultivo no se aplicaron fungicidas, solo control químico contra mosca minadora (*Liryomiza huidobrensis*) con Abamectina y Ciromazina.

Diseño experimental y análisis estadístico:

Fue utilizado el Diseño de Bloques Completos al azar (DBCA) con 3 repeticiones. Se dispuso un arreglo jerárquico de parcelas subdivididas (Steel y Torrie 1996) en el que los genotipos de papa (3 variedades) se asignaron a parcelas completas y los tratamientos de inoculación (4 cepas bacterianas + 1

control), a sub-parcelas. Tanto parcelas como sub-parcelas se distribuyeron al azar en los bloques. Se realizó el análisis de variancia y se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de significación $\alpha=5\%$. Para la sistematización de la información, se usó una hoja de cálculo (Excel). Luego para el procesamiento estadístico, se usó el programa Infostat (Balzarini *et al.*, 2014).

Características evaluadas: Las variables observadas en las evaluaciones fueron: número de tallos observados a los 15 días de la siembra por unidad experimental, número de brotes por planta emergidos a los 15 días de la siembra, vigor vegetativo medido en una escala fenotípica de 1 al 9, altura de planta a los 60 días de la siembra, porcentaje de plantas con síntomas visuales de virosis (datos transformados a raíz cuadrada), porcentaje de plantas dañadas con mosca minadora a los 60 días, porcentaje de plantas afectadas con *Rhizoctonia solani* a los 60 días de la siembra (datos transformados a raíz cuadrada), porcentaje de plantas en floración a los 75 días de la siembra (datos transformados a raíz cuadrada). Asimismo, se evaluó: el grado de senescencia del follaje a los 100 días medido en escala fenotípica del 1 al 9, peso de follaje por parcela a la cosecha, número de tubérculos por parcela a la cosecha, peso de **tubérculos** por parcela a la cosecha, aspecto general de la cosecha medido en escala fenotípica del 1 al 9,

peso promedio de tubérculos por planta, rendimiento proyectado de tubérculos para 30 000 plantas.ha⁻¹, peso total de la biomasa (tubérculos + follaje) proyectado por hectárea.

RESULTADOS

En las tablas 1 y 2 se pueden observar los resultados del análisis de la varianza para caracteres agronómicos y productivos de los cultivares comerciales de papa Canchan, Perricholi y Única, bajo efecto de la inoculación con las cepas bacterianas. En dicho análisis se aprecia que todos los caracteres evaluados muestran variación principalmente para la fuente de genotipos. Asimismo, se puede también advertir que existe variación para efectos principales de la inoculación con cepas bacterianas en: peso de follaje por parcela y peso total de la biomasa por hectárea (tabla 2).

Tabla 1

Análisis de la Varianza de caracteres agronómicos en 3 variedades de papa bajo efecto de bio-inoculación con cepas bacterianas

Fuentes Variación	Cuadrados Medios												
	Gilbertad	Ntallos 15d	NTallos30d	NBrotos15d/p	NBrotos30d/p	Vigor	Aplant	%Virus	%Mosca	%Rizoctonia	%Floración		
Repeticiones	2	938.1556	384.8222	0.7488	0.2660	0.0193	8.18	0.1712	14.4889	0.0907	0.0362		
Genotipos	2	6808.4222	14085.7556	4.2804	9.7251	0.7889	16260.74	109.5432	97.2222	0.7060	1.9813		
Cepas	4	161.2000	788.4222	0.1100	0.5431	0.0765	1.35	0.7468	20.5000	0.0641	0.0445		
Repeticiones *Genotipos	4	851.0889	837.9556	0.4701	0.5769	0.0212	9.95	0.1712	57.1556	0.0907	0.2580		
Genotipos *Cepas	8	170.5333	207.5889	0.1062	0.1451	0.1354	0.85	0.7468	14.2500	0.0734	0.0493		
Error	24	207.9722	542.2167	0.1282	0.3740	0.0296	0.85	0.1552	12.2667	0.0471	0.1144		
Total	44												
Promedio		101.04	156.38	2.68	4.11	6.97	51.09	1.25	29.11	1.42	2.56		
CV,%		14	15	13	15	2.5	1.8	17	12	25	15		
R ²		0,81	0,74	0,81	0,74	0,81	1,00	0,71	0,69	0,63	0,98		
Unidades	#	#	#	#	#	Escala 1-9	cms.	raíz.%	%	raíz.%	raíz.%		

* Valores de los Cuadrados Medios en negrita son estadísticamente significativos

En el caso de las interacciones se observa que para la fuente de genotipos de papa x cepas bacterianas, existió variación significativa para los caracteres de vigor vegetativo a los 60 días, porcentaje de floración, peso de follaje por parcela y peso total de la biomasa por hectárea.

Tabla 2. Análisis de la Varianza de caracteres productivos en 3 variedades de papa bajo efecto de bio-inoculación con cepas bacterianas

Fuentes Variación	Cuadrados Medios									
	Glibertad	Senescencia	PFollaje	Ntuberc	Pruberc	Calificac	Ptuberc/pl	Rdto/ha	Biomasa/ha	
Repeticiones	2	2.9556	0.5056	4617.7556	58.9556	1.0889	0.0408	44.49	731.01	
Genotipos	2	19.0889	16.3742	22861.6222	220.3556	2.4222	0.1546	166.21	20973.49	
Cepas	4	0.0333	0.3626	334.1889	6.0222	0.1889	0.0041	4.54	364.33	
Repeticiones *Genotipos	4	4.2222	0.5822	1753.2556	49.5556	1.8889	0.0343	37.43	674.92	
Genotipos*Cepas	8	0.1167	0.2651	1308.2056	9.1056	0.7556	0.0062	6.87	263.12	
Error	24	0.2722	0.1014	1268.4500	5.1611	0.7333	0.0036	3.89	108.18	
Total	44									
Promedio		2.62	1.15	258.02	16.91	4.02	0.45	14.69	52.67	
CV,%		20	28	14	13	21	13	13	20	
R ²		0,90	0,94	0,71	0,87	0,55	0,87	0,87	0,95	
Unidades		Escala 1-9	kg.	#	kg	Escala 1-9	kg	t.	t	

*Valores de los Cuadrados Medios en negrita son estadísticamente significativos

N Tallos 15d = número de tallos observados a los 15 días de la siembra por unidad experimental

N Brotes 15d/pl = número de brotes por planta emergidos a los 15 días de la siembra.

Vigor = vigor vegetativo medido en una escala fenotípica de 1 al 9.

A Plant = altura de planta a los 60 días de la siembra

% Virus = porcentaje de plantas con síntomas visuales de virosis -datos transformados a raíz cuadrada

% Mosca = porcentaje de plantas dañadas con mosca minadora a los 60 días.

% Rhizoctonia = porcentaje de plantas afectadas con *Rhizoctonia solani* a los 60 días de la siembra -datos transformados a raíz cuadrada.

% Floración = porcentaje de plantas en floración a los 75 días de la siembra -datos transformados a raíz cuadrada.

Senescencia = grado de senescencia del follaje a los 100 días, medido en escala fenotípica del 1 al 9.

P follaje = peso de follaje por parcela a la cosecha.

P tuberc = peso de tubérculos por parcela a la cosecha | Nuberc = número de tubérculos por parcela a la cosecha

P Tuberc/pl = peso promedio de tubérculos por planta

Rdto/ha = rendimiento proyectado de tubérculos para 30 000 plantas/ha.

Biomasa/ha = peso total de la biomasa (tubérculos + follaje) proyectado por hectárea.

No se mostraron variaciones significativas en las fuentes de inoculación con las cepas bacterianas o sus interacciones con los genotipos de papa en lo concerniente a rendimiento de tubérculos por hectárea, aunque en las pruebas de comparación de medias que a continuación se presentan, ciertas combinaciones de tratamientos resultaron significativas. En relación a vigor vegetativo, se observa en la figura 1 que se presentó interacción significativa entre genotipos de papa y las cepas bacterianas por lo que hubo respuesta diferencial de la inoculación con las cepas bacterianas a los genotipos de papa, principalmente en la variedad Única. Se pudo observar que el tratamiento control tuvo el menor valor de vigor en relación a los demás tratamientos de inoculación, a excepción de la cepa DZ22 (*Pantoea sp.*), con la que no existieron diferencias estadísticas.

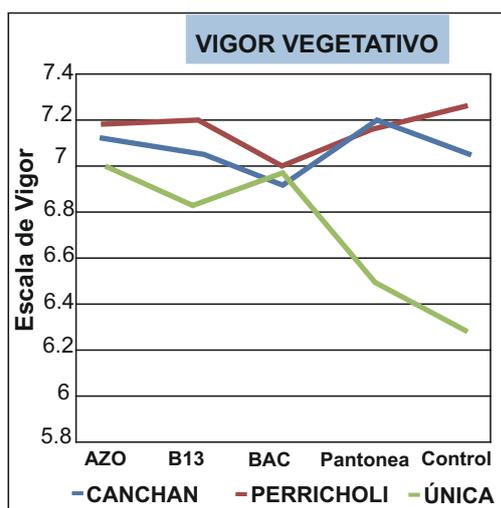


Figura 1. Vigor vegetativo en 3 variedades de papa bajo efecto de 4 cepas bacterianas a 60 días de la siembra. Escala fenotípica 1-9

En la tabla 3 se puede observar que las variedades Canchán y Única no presentaron floración significativa y sólo en la variedad Perricholi las cepas AZO 16M2, B13 y BAC 15MB presentaron un nivel significativamente mayor de inflorescencias que el control sin inoculación y que la cepa DZ 22. La cepa bacteriana AZO 16 M2 en la variedad Perricholi presentó específicamente un mayor efecto en la presencia de inflorescencias que el tratamiento control sin inoculación y la cepa DZ 22.

Tabla 3

Porcentaje de Inflorescencias en 3 variedades de papa bajo efecto de 4 cepas bacterianas a los 75 días de la siembra. Datos transformados a raíz cuadrada.

Genotipos	Cepas	Media	
Canchan	AZO 16M2	1.0	d
	B13	1.0	d
	BAC 15MB	1.0	d
	DZ22	1.0	d
	Control	1.0	d
Perricholi	AZO 16M2	6.79	a
	B13	5.79	a b
	BAC 15MB	6.12	a b
	DZ22	5.16	b c
	Control	4.54	c
Única	AZO 16M2	1.0	d
	B13	1.0	d
	BAC 15MB	1.0	d
	DZ22	1.0	d
	Control	1.0	d
<i>error estándar</i>		0.23	

+Promedios con la misma letra no difieren significativamente

En la figura 2 se advierte que el grado de senescencia del follaje fue no significativo en la variedad ÚNICA, pero

existieron efectos atribuidos a las cepas bacterianas en las variedades Canchán y Perricholi. En la variedad Canchán las cepas bacterianas en su conjunto y en particular la cepa BAC 15 MB (*Bacillus amyloliquefaciens*.) tuvieron un efecto significativo en relación al tratamiento control, para regular el grado de senescencia del follaje.

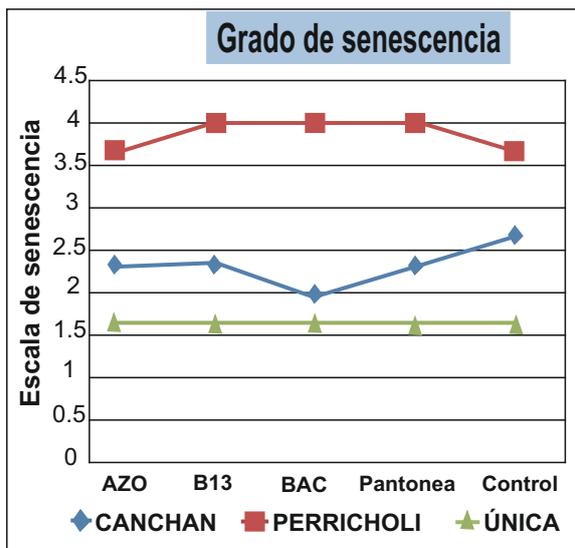


Figura 2. Grado de senescencia del follaje a los 105 días en 3 variedades de papa bajo efecto de 4 cepas bacterianas. Escala fenotípica 1-9

En la figura 3 se puede advertir que existieron efectos significativos en el peso fresco del follaje por planta (kg) en la variedad Perricholi. En esta variedad la cepa AZO 16M2 (*Azotobacter sp.*) tuvo efectos significativos en comparación al tratamiento testigo y a la cepa DZ 22 (*Pantoea sp.*), obteniendo el más alto valor de peso de follaje por planta.

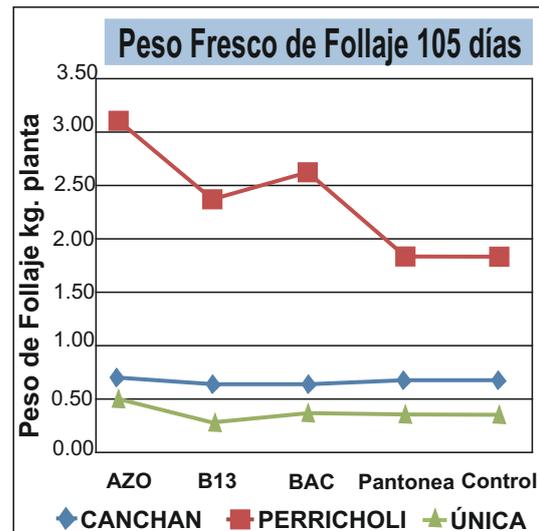


Figura 3. Peso fresco del follaje por planta (kg) a la cosecha en 3 variedades de papa bajo efecto de 4 cepas bacterianas.

En cuanto a rendimiento de tubérculos por hectárea, existieron diferencias estadísticas entre genotipos y no entre cepas bacterianas dentro de cada variedad; sin embargo se pudo advertir algunos efectos simples, específicamente el mostrado por la cepa DZ 22 (*Pantoea sp.*) en la variedad Perricholi que arrojó el más alto rendimiento de tubérculos por hectárea (20,84 t) en relación a las demás cepas bacterianas pero este efecto no fue consistente en las demás variedades ensayadas, tal como se aprecia en la tabla 4.

Tabla 4
Rendimiento de tubérculos por hectárea (t) en 3 variedades de papa bajo efecto de 4 cepas bacterianas

Genotipos	Cepas	Media	
Canchan	AZO 16M2	12.44	c d e
	B13	11.58	e
	BAC 15MB	12.16	d e
	DZ22	11.00	e
	Control	11.00	e
Perricholi	AZO 16M2	18.24	a b c
	B13	19.39	a b
	BAC 15MB	15.05	a b c d e
	DZ22	20.84	a
	Control	17.66	a b c d
Única	AZO 16M2	13.32	c d e
	B13	14.76	b c d e
	BAC 15MB	13.32	c d e
	DZ22	13.89	b c d e
	Control	15.63	a b c d e
error estándar		1.14	

+ Promedios con la misma letra no difieren significativamente

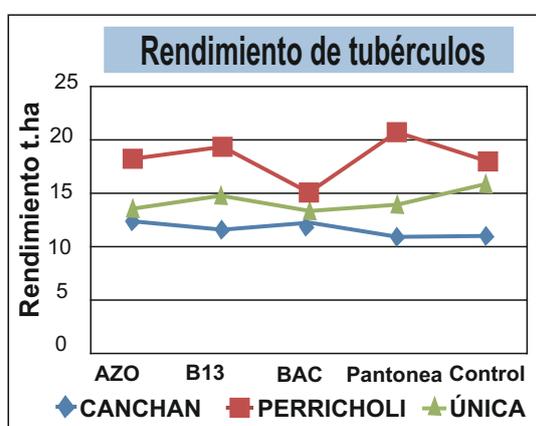


Figura 4 Rendimiento de tubérculos por hectárea (t) en 3 variedades de papa bajo efecto de inoculación de 4 cepas bacterianas. Azo= *Azotobacter sp.* AZO16M2, B13= *Bacillus sp.* B13, BAC= *Bacillus amyloliquefaciens.* BAC 15MB, Pantonea = *Pantoea sp.* DZ 22.

En relación a peso total de la biomasa por hectárea se puede observar en la tabla 5 que existieron diferencias estadísticas sólo para la variedad Perricholi en la que el efecto de la inoculación con la cepa bacteriana AZO 16M2 (*Azotobacter sp.*), fue estadísticamente superior al tratamiento control y al de la cepa DZ 22.

Tabla 5

Peso de la biomasa por hectárea (t) en 3 variedades de papa bajo efecto de inoculación con 4 cepas bacterianas

Genotipos	Cepas	Media	
Perricholi	AZO 16M2	120.5	a
	BAC 15MB	100.9	a b
	B13	97.5	a b
	DZ22	81.3	b
	Control	78.2	b
Canchan	AZO 16M2	36.6	c
	B13	33.6	c
	BAC 15MB	34.2	c
	Control	34.1	c
	DZ22	34.1	c
Unica	AZO 16M2	30.9	c
	B13	24.7	c
	BAC 15MB	27.6	c
	Control	28.8	c
	DZ22	27.1	c

+ Promedios con la misma letra no difieren significativamente

DISCUSIÓN

La inoculación de tubérculos-semilla de papa en los cultivares Canchan, Perricholi y Única, influyó significativamente en los siguientes caracteres: vigor vegetativo, porcentaje de inflorescencias, peso de follaje por parcela y peso de la biomasa

total por hectárea, en los cuales se presentaron además interacciones significativas entre las variedades de papa y las cepas bacterianas.

Ello concuerda con lo hallado por Calvo y Zúñiga (2010) quienes observaron un efecto de la variedad de papa sobre las poblaciones de los microorganismos en la rizósfera, que puede explicar los efectos de interacción entre variedades de papa y cepas bacterianas en algunos caracteres, como lo encontrado en la presente investigación.

No se mostraron variaciones significativas en las fuentes de inoculación con las cepas bacterianas o sus interacciones con los genotipos de papa en lo concerniente a rendimiento de tubérculos por hectárea o a algunos de sus componentes, pero si se obtuvo significativamente algunos efectos específicos de la inoculación de algunas de las cepas bacterianas en los genotipos de papa. Al respecto, Oswald *et al.* (2010) afirman que tres rizobacterias de los géneros *Bacillus*, *Actinomyce* y *Azotobacter* aumentaron los rendimientos de tubérculos de manera significativa, comparables con los rendimientos de diversas variedades de papa con fertilización inorgánica, bajo condiciones de invernadero y campo en Perú, resultados que concuerdan en parte con lo hallado en la presente investigación, aunque las condiciones de cultivo y las variedades utilizadas en ambos casos fueron diferentes.

En relación al peso total de la biomasa se pudo observar que solo existieron diferencias estadísticas para la variedad Perricholi, en la que el efecto de la inoculación con la cepa bacteriana AZO 16M2 (*Azotobacter sp.*), fue estadísticamente superior al tratamiento control; al respecto Rico (2009) reportó resultados similares con cepas de *Azotobacter* que mostraron promoción del crecimiento de la planta de papa en producción de tubérculos y en solubilización de fosfatos. Se puede concluir que la inoculación con las cepas bacterianas estudiadas en las variedades de papa Canchán, Perricholi y Única, es una tecnología promotora del crecimiento en caracteres agronómicos importantes en el cultivo, aunque su efecto específico es dependiente de cada genotipo, por lo que se puede recomendar utilizar la inoculación de algunas cepas bacterianas que tienen un efecto estimulador del desarrollo en estas variedades comerciales.

AGRADECIMIENTOS

La investigación fue financiada con fondos del Canon Regional y del Gas de Camisea (FOCAM) promovidos por el Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión-Huacho, que permitió la ejecución del proyecto durante el 2015. También estamos reconocidos a la colaboración de los siguientes bachilleres en Agronomía por participar directamente

en el desarrollo del proyecto en Cañete: Luis Luyo Sánchez, Juan Carlos Bravo y Gloria Rivera, así como al siguiente personal administrativo del vicerrectorado de Investigación: Amalia Gonzales, Yuri Gamonal, Adolfo Figueroa, Rossana Garrido y María Julia Fernández.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J. A., Robledo, C. W. (2014). *InfosTat. Manual del Usuario*, Editorial Brujas, Córdoba, Argentina.
- Calvo, P; Reymundo, L; Zuñiga, D. (2008). Estudio de las poblaciones microbianas de la rizósfera del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en zonas altoandinas. *Ecología Aplicada*, 7(1,2), 2008
- Calvo, P; Zúñiga, D. (2010). Caracterización fisiológica de cepas de *Bacillus spp.* aisladas de la rizósfera de papa (*Solanum tuberosum*). *Ecología Aplicada* : 9(1), 2010.
- Egamberdieva, D. (2012). *The Management of Soil Quality and Plant Productivity in Stressed Environment with Rhizobacteria*. D.K. Maheshwari (ed.), *Bacteria in Agrobiolgy: Stress Management*. DOI 10.1007/978-3-642-23465-1_2, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- FAO (2008). *Producción de tubérculos semillas libres de enfermedades*. El año internacional de la papa 2008. Secretaria del año internacional de la Papa. FAO. Roma.
- Maldonado, L; Suárez, V.; G. Thiele. (2008). Estudio de la adopción de variedades de papa en zonas pobres del Perú. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima-Perú. Documento de Trabajo 2008-2. 37p.
- MINAGRI (2013). *Dinámica Agropecuaria 2003-2012*. Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos del Ministerio de Agricultura y Riego. Lima.
- Oswald A, Calvo P, Zuñiga D & Arcos J. (2010). Evaluating soil rhizobacteria for their ability to enhance plant growth and tuber yield in potato. *Ann Appl Biol* 157 (2010) 259–271.
- Pineda, S. J., Zheng, J. J., Van Loon, A, Dickem, B. (2012). *Plant Biology*. Special Issue: Plant-Pathogen Interactions. Volume 14, Issue Supplement s1, pages 83–90, March 2012
- Pineda, R. (1999). Empleo del rastrojo de algodón en la preparación de fosfo-compost y su efecto en el cultivo de maíz en Piura. En: *Manejo Ecológico de Suelos. Conceptos, Experiencias y Técnicas*. Editado por: Luis Gomero O. y Héctor Velásquez A.

Red de Acción en Alternativas al uso de Agroquímicos. Lima.

Rico, M. A. (2009). Capacidad promotora del crecimiento vegetal por bacterias del género *Azotobacter* y actinomicetos aislados de cultivos de *Solanum tuberosum* Linnaeus, 1753 (papa) cultivados en zonas alto andinas del Perú. Tesis para optar el título de Biólogo. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima.

Steel, R, Torrie, G. 1996. *Bioestadística: principios y procedimientos*. Mc Graw-Hill Ed. México.

CORRESPONDENCIA

Juan Carlos Custodio Laura
scontreras@unjfsc.edu.pe