



Received: Nov 15, 2025 / Accepted: Dec 01, 2025

Artículo Científico

El uso de consorcios microbianos mejora la producción de invernadero de tubérculos semilla en variedades de papa para frituras

The use of bacterial consortia improves seed tuber production in potato varieties for frying

R. Mauricio-Ramírez¹ , S. Contreras-Liza^{1*} , E. G. Palomares-Anselmo¹ 



<https://doi.org/10.51431/par.v7i2.1083>

Resumen

Objetivo. Determinar el efecto de un consorcio de rizobacterias promotoras del crecimiento en variedades de papa para fritura bajo condiciones controladas. **Metodología.** La investigación se desarrolló en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho, Perú. El experimento se realizó en macetas en un invernadero empleando un diseño completamente al azar con 6 repeticiones, bajo arreglo factorial. Se usaron cuatro genotipos de papa para fritura (cv. Bicentenario, clones avanzados UH-9, CIP 396311.1, CIP 399101.1) y cuatro tratamientos inoculantes, *Azotobacter* sp. (T1), *Azotobacter* sp.+ *Bacillus simplex* (T2), *Azotobacter* sp.+ *B. subtilis* (T3), *Azotobacter* sp.+ *B. subtilis*+ *B. simplex* (T4) y un control sin inocular (T0). Las variables fueron vigor vegetativo, altura de planta, número de tallos por planta, número de hojas por planta, peso fresco y seco por planta, diámetro del tubérculo, número y peso de tubérculos por planta. Los datos se procesaron y analizaron estadísticamente realizando la comparación de tratamientos de Scott-Knott. **Resultados.** La inoculación solo con *Azotobacter* sp. (T1) ó con el consorcio *Azotobacter* sp.+ *B. simplex*+ *B. subtilis* (T4) promovieron significativamente el crecimiento de la papa respecto a número de tallos y número de hojas por planta, así como el peso y número de tubérculos por planta; para vigor vegetativo, el tratamiento control (T0) obtuvo diferencias en comparación con los tratamientos inoculados. La altura de planta, número de brotes, peso fresco y seco del follaje y diámetro del tubérculo, no presentaron diferencias significativas por efecto de la inoculación. Se hallaron interacciones entre variedades y tratamientos para vigor vegetativo, número de hojas y de tubérculos por planta, siendo positiva la inoculación con algunos consorcios bacterianos. **Conclusión.** Los consorcios bacterianos con *Azotobacter* sp. promueven el crecimiento y productividad de semilla de variedades de papa para procesamiento bajo condiciones de invernadero.

Palabras clave. Consorcio, rizobacterias, clones de papa, inoculación, interacción planta- microorganismos, invernadero.

Abstract

Objective: To determine the effect of a consortium of growth-promoting rhizobacteria on potato varieties for frying under controlled conditions. **Methodology:** The research was carried out at the Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho, Peru. The experiment was carried out in pots in a greenhouse using a completely randomized design with 6 replications, under a factorial arrangement. Four potato genotypes for frying (cv. Bicentenario, advanced clones UH-9, CIP 396311.1, CIP 399101.1) and four inoculant treatments were used, *Azotobacter* sp. (T1), *Azotobacter* sp.+ *Bacillus simplex* (T2), *Azotobacter* sp.+ *B. subtilis* (T3), *Azotobacter* sp.+ *B. subtilis*+ *B. simplex* (T4) and an uninoculated control (T0). The variables studied were vegetative vigor, plant height, number of stems per plant, number of leaves per plant, fresh and dry weight per plant, tuber diameter, and number and weight of tubers per plant. Data were statistically processed and analysed by performing Scott-Knott's comparison of treatments. **Results:** The inoculation alone with *Azotobacter* sp. (T1) or with the consortium *Azotobacter* sp.+ *B. simplex*+ *B. subtilis* (T4) significantly promoted potato growth with respect to number of stems and number of leaves per plant, as well as weight and number of tubers per plant; for vegetative vigor, the control treatment (T0) obtained differences in comparison with the inoculated treatments. Plant height, number of shoots, fresh and dry weight of foliage and tuber diameter did not show significant differences due to inoculation. Interactions between varieties and treatments were found for vegetative vigor, the number of leaves and tubers per plant, being positive for inoculation with some bacterial consortia. **Conclusion:** Some microbial consortia with *Azotobacter* sp. promote the growth and productivity of tuber seeds in potato varieties for processing under greenhouse conditions.

Keywords. Consortium, rhizobacteria, potato clones, inoculation, plant-microbe interaction, greenhouse.

¹Institución: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho - Perú

*Autor para correspondencia: Sergio contreras-Liza, scontreras@unifsc.edu.pe

Introducción

La papa (*Solanum tuberosum* L.) se encuentra entre los principales cultivos en Latinoamérica y debido a aspectos ambientales y regulatorios, el uso de potenciales agentes de biocontrol se considera la forma más segura para el manejo de la papa en condiciones de invernadero y campo (Vilvert et al. 2022). Durante los últimos años, la investigación en microbiología agrícola ha aumentado, debido a la eficacia que presentan las rizobacterias como promotoras de crecimiento en las plantas (PGPR), para inducir la emergencia de plántulas, promover el aumento en la altura de la planta, así como el rendimiento de los cultivos (Ogata et al. 2016).

Azotobacter sp. en una rizobacteria que se utiliza como inoculante en la producción agrícola a nivel mundial, debido a que aporta hasta el 50% de las necesidades de nitrógeno de la planta mediante la fijación asociativa del nitrógeno atmosférico, además de producir sustancias estimuladoras del desarrollo vegetal (Leon et al. 2012); también es capaz de combatir a los patógenos mediante mecanismos de antagonismo (Jiménez et al. 2011).

En condiciones de invernadero, la inoculación de la cepa *Bacillus* sp. PM31 mejoró el crecimiento de las plantas de papa bajo el estrés fúngico de *Fusarium solani*, al mismo tiempo que redujo el desarrollo de la marchitez, podredumbre del pie, clorosis y necrosis de las plantas de papa inoculadas con este patógeno (Mehmood et al. 2023).

En experimentos *in vitro* y en macetas bajo condiciones de invernadero Mehmood et al.

(2021) mostraron la eficacia de *B. subtilis* PM32 como un prometedor agente de biocontrol de la infección por *Rhizoctonia solani*, junto a un mayor crecimiento de las plantas de papa, por una mayor la acumulación de biomasa y de contenidos de clorofila a, b y carotenoides, indicando que *B. subtilis* puede servir para inducir la tolerancia al estrés biótico y abiótico. El objetivo de la investigación fue determinar el efecto de consorcios de rizobacterias promotoras del crecimiento en variedades de papa para fritura, bajo condiciones controladas.

Metodología

Características del ambiente experimental

El experimento se llevó a cabo en un invernadero tipo casa malla (80% mesh, malla antiáfida) en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión (UNJFSC), ubicada en la ciudad de Huacho (Lima) entre las coordenadas 10°11'12"S y 75°12'12"O y a una altitud de 60 m.snm. La temperatura máxima promedio durante el período de desarrollo del experimento fue de 27 °C y la temperatura mínima promedio de 20 °C.

El sustrato utilizado para las macetas estuvo constituido por 45% (v/v) de arena lavada, 45% de humus de lombriz y 10% de pajilla de arroz. El contenido medio de materia orgánica en el sustrato fue de 3%, según el análisis del suelo.

Material vegetal y microbiológico

El material vegetal estuvo constituido por cuatro genotipos de papa para procesamiento (una variedad comercial y tres 3 clones avanzados) según se puede observar en la Tabla 1.

Tabla 1

Genotipos de papa para procesamiento usados en la investigación

Genotipos	No. Registro	Tipo de material	Origen
Bicentenario	001-2021-DELYC-SENASA	Cultivar comercial	UNJFSC
Yasmine	CIP399101.1	Clon avanzado	CIP
Faustina	CIP 396311.1	Clon avanzado	CIP
Clon 9	UH-09	Clon avanzado	UNJFSC

CIP: Centro Internacional de la Papa (Lima).

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

Para los tratamientos de inoculación, se utilizaron tres cepas bacteriana aisladas de la rizósfera de la papa por el Laboratorio de Biotecnología de la Producción (Huacho, Lima) en campos de cultivo de la costa central del Perú, *Azotobacter* sp. , *Bacillus simplex* y *Bacillus subtilis*. En la Tabla 2, se observa el material microbiológico utilizado y los tratamientos de consorcios bacterianos diseñados para la investigación.

Tabla 2

Consortios bacterianos utilizados para inoculación en variedades de papa

Tratamientos	Cepas/ Consorcio PGPR	Concentración de cada inóculo (UFC)
T0	Control (sin inoculación)	-
T1	<i>Azotobacter</i> sp.	1 x10 ⁸
T2	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>B.simplex</i>	1 x10 ⁸
T3	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>B.subtilis</i>	1 x10 ⁸
T4	<i>B.simplex</i> + <i>B.subtilis</i>	1 x10 ⁸

Procedimientos

Todas las cepas bacterianas (Tabla 2) utilizadas en la investigación fueron aisladas por el Laboratorio de Biotecnología de la Producción (Huacho, Perú). La inoculación de las cepas se realizó a los tubérculos-semillas de acuerdo a Arcos & Zúñiga (2016) para lo cual, 100 mL de cada una de las cepas en estudio a la concentración de 1 x 10⁸ UFC mL⁻¹ se disolvieron en 1,0 L de agua filtrada. Los tubérculos-semillas de papa de cada variedad fueron sumergidos en esta suspensión por 10 minutos y luego dejados a orear; los tubérculos-semilla de las plantas control se sumergieron en agua filtrada. Los tubérculos luego se sembraron en las macetas correspondientes a cada tratamiento de inoculación.

Después de la siembra, sobre los tubérculos sembrados se asperjó la suspensión sobrante y se colocó un poco de sustrato para cubrirlos. A los 45 días después de la siembra, cuando las plantas tenían aproximadamente 20 cm de altura se hizo la reinoculación de las cepas de rizobacterias, con la misma concentración para cada cepa. Después de la reinoculación al cuello de la planta, se cubrió con una capa de sustrato.

Manejo del cultivo en condiciones de

invernadero

Las macetas se dispusieron en mesas dentro de la casa malla y recibieron 250 mL riego cada dos días con agua corriente. Se aplicaron fertilizantes con nitrógeno, fósforo y potasio a los siguientes niveles por maceta: urea 4,0 gr de manera fraccionada en tres momentos (a la siembra, luego a los 15 y 30 días después de la siembra); fosfato diamónico 9,6 gr y sulfato de potasio 6 gr por maceta, ambos a la siembra. A los 60 días se añadió sustrato a las macetas para completar 4,5 L de volumen por cada una.

Variables estudiadas

Las variables estudiadas fueron vigor vegetativo altura de la planta (cm), número de tallos por planta, número de hojas por planta, peso fresco y seco del follaje por planta (g), diámetro del tubérculo (cm), número y peso de tubérculos por planta (g); en este último caso se realizó la transformación de datos a Ln. Para el vigor vegetativo de la planta, se usó la escala fenotípica de 1 (deficiente) a 9 (muy bueno) de acuerdo a la metodología de Bonierbale et al. (2010).

Análisis de datos

Se empleó un arreglo factorial 5x4 en un diseño completamente al azar con seis repeticiones para evaluar la interacción de los genotipos de papa y los tratamientos inoculantes. Las evaluaciones por cada variable fueron analizadas estadísticamente utilizando un nivel de confianza del 95%. Los resultados obtenidos se sometieron a ANOVA y se usó la prueba estadística Scott-Knott (SK) para comparar los valores medios de los tratamientos a un nivel de significación $\alpha = 0,05$. Los datos se procesaron mediante el software estadístico R.

Resultados

Efectos principales de los inoculantes y las variedades de papa

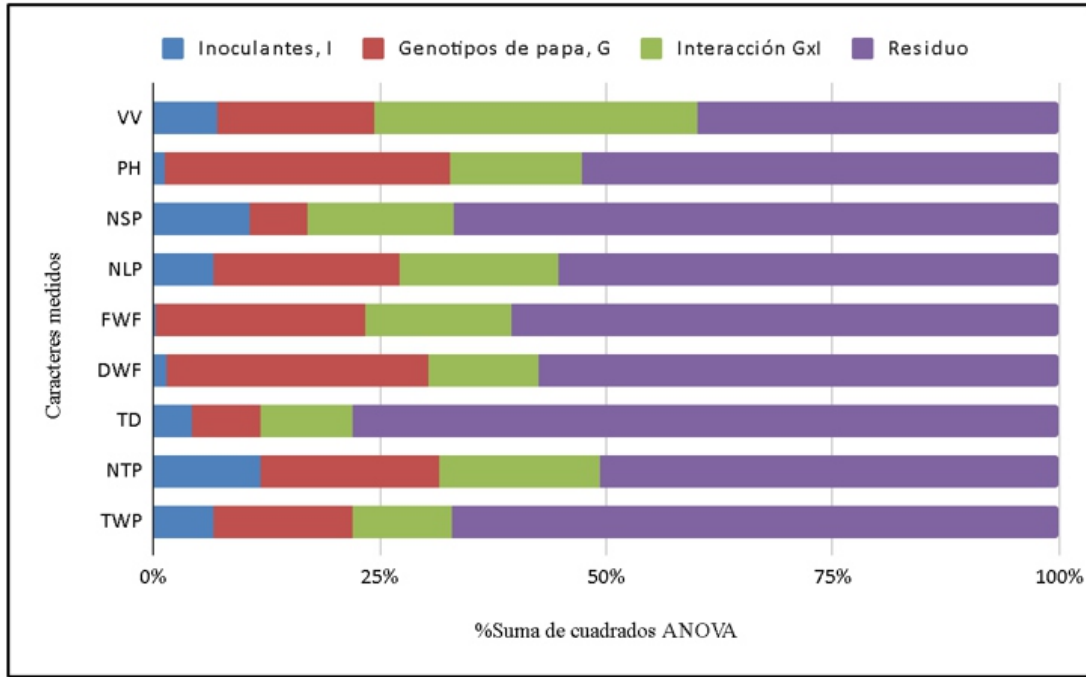
En la Figura 1 se muestra la variación de la suma de cuadrados en caracteres agronómicos para los tratamientos inoculantes y los genotipos de papa, así como las interacciones entre ambos factores en estudio. En la mayoría de los atributos, los efectos principales para genotipos resultaron significativos con excepción de diámetro del tubérculo, mientras que los efectos principales del efecto de los inoculantes fueron significativos para el vigor vegetativo, altura de planta, número de tallos y número de tubérculos por planta. Las interacciones entre el efecto de la

inoculación y las variedades de papa que resultaron significativas fueron vigor vegetativo,

número de hojas y número de tubérculos por planta.

Figura 1

Proporción de la suma de cuadrados para los caracteres agronómicos de la papa bajo la interacción con inoculantes bacterianos (ANOVA). Las variables fueron: VV vigor vegetativo, PH altura de la planta, NSP número de tallos por planta, NLP número de hojas por planta, FWP peso fresco del follaje por planta, DWP peso seco del follaje por planta, TD diámetro del tubérculo, NTP número de tubérculos por planta, TWP peso del tubérculo por planta.



En la Tabla 3 se observa que no se presentó significación estadística ($p > 0,05$) para los efectos de inoculación en la altura de planta, peso del follaje y diámetro del tubérculo. En cuanto al vigor vegetativo el tratamiento control (T_0) resultó tener un efecto detrimental respecto a este carácter respecto a T_1 (*Azotobacter* sp.), T_2 (*Azotobacter* sp. + *B.simplex*) y T_4 (*Azotobacter* sp. + *B.simplex* + *B.subtilis*). Asimismo, se halló que para el número de tallos por planta los

tratamientos de inoculación T_1 y T_4 fueron estadísticamente superiores ($p < 0,05$) al control y a los consorcios bacterianos T_2 y T_3 . Similarmente, se observa en la Tabla 2 que este mismo patrón se encontró para el número de hojas, número de tubérculos y peso de tubérculos por planta; en el caso del peso de tubérculos por planta, el tratamiento T_2 fue estadísticamente similar a T_1 y T_4 .

Tabla 3

Efectos de la inoculación sobre los caracteres agronómicos de la papa

Tratamientos	VV	PH	NSP	NLP	FWF	DWF	TD	NTP	TWP
	Escala	cm	n	n	g	g	cm	n	g
T_0 control	5.96 ^b	4.33	1.12 ^b	0.88 ^b	1.51	2.45	25.12	1.91 ^b	1.58 ^b
T_1 <i>Azotobacter</i> sp.	4.96 ^a	4.32	1.26 ^a	1.08 ^a	1.51	2.71	28.61	2.22 ^a	1.85 ^a
T_2	4.83 ^a	4.07	1.20 ^b	0.96 ^b	1.48	2.50	28.86	1.93 ^b	1.82 ^a
T_3	5.79 ^b	3.82	1.09 ^b	0.88 ^b	1.52	2.43	26.19	1.95 ^b	1.69 ^b
T_4	5.08 ^a	4.10	1.39 ^a	1.04 ^a	1.48	2.62	26.59	2.43 ^a	1.78 ^a
Standard error	0.24	0.25	0.06	0.06	0.06	0.15	1.36	0.10	0.07

T_0 control: sin inoculación, T_1 : *Azotobacter* sp., T_2 consorcio: *Azotobacter* + *Bacillus simplex*, T_3 consorcio: *Azotobacter* sp. + *B. subtilis*, T_4 consorcio: *Azotobacter* sp. + *B. subtilis* + *B. simplex*. VV vigor vegetativo, PH altura de la planta, NSP número de tallos por planta, NLP número de hojas por planta, FWP peso fresco del follaje por planta, DWP peso seco del follaje por planta, TD diámetro del tubérculo, NTP número de tubérculos por planta, TWP peso del tubérculo por planta.

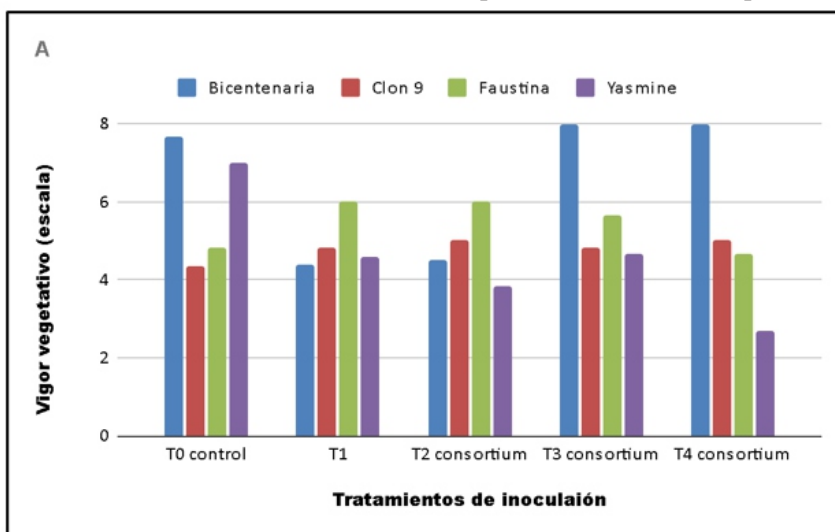
Efectos de interacción entre los inoculantes y las variedades de papa

Como se muestra en la Figura 1, los efectos de interacción entre los inoculantes y los genotipos de papa resultaron significativos para los caracteres agronómicos de vigor vegetativo, número de hojas y número de tubérculos por planta. Al respecto, en la Figura 2A se muestran

las interacciones para el vigor vegetativo de la planta. Las variedades de papa tuvieron en general, un mejor desempeño para vigor vegetativo con los inoculantes T₁ y T₂; también se puede advertir que la variedad Bicentenaria tuvo un pobre vigor vegetativo sin inoculación (T₀) o con los consorcios bacterianos T₃ y T₄. La variedad Yasmine presentó mayor vigor vegetativo cuando se inoculó con el consorcio T₄

Figura 2A

Efecto de interacción para la variedad y los tratamientos de inoculación: vigor vegetativo T₀ control: sin inoculación, T₁: Azotobacter sp., T₂ consorcio: Azotobacter + Bacillus simplex, T₃ consorcio: Azotobacter sp. + B. subtilis, T₄ consorcio: Azotobacter sp. + B. subtilis + B. simplex

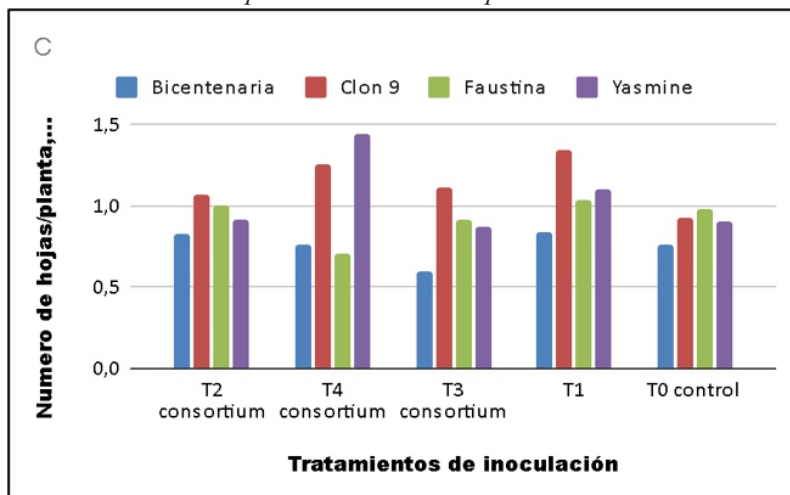


En la Figura 2B se muestra que el número de hojas por planta fue modificado significativamente ($p < 0,05$) en la variedad Yasmine por efecto de la inoculación con el consorcio Azotobacter sp. + B. subtilis + B.

simplex (T₄) lo mismo que en el clon avanzado 9 mediante la inoculación con Azotobacter sp. (T₁). En las variedades Bicentenaria y Faustina, no se muestra respuesta significativa a los tratamientos de inoculación en relación al control.

Figura 2B

Efecto de interacción para los tratamientos de variedad e inoculación: número de hojas por planta. T₀ control: no inoculation, T₁: Azotobacter sp., T₂ consortium: Azotobacter + Bacillus simplex, T₃ consortium: Azotobacter sp. + B. subtilis, T₄ consortium: Azotobacter sp. + B. subtilis + B. simplex

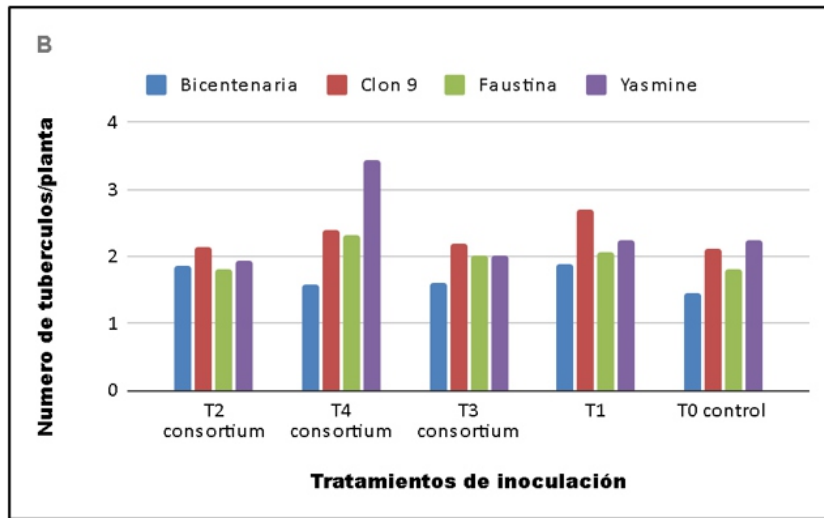


En la Figura 2C se observa que la variedad Yasmine incrementó significativamente ($p < 0,05$) el número de tubérculos por planta cuando se realizó la inoculación con el consorcio *Azotobacter* sp. + *B. subtilis* + *B. simplex* (T_4), similarmente a lo que se muestra cuando el clon

avanzado 9 se inoculó con la cepa *Azotobacter* sp. (T_1). En las variedades Bicentenaria y Faustina, no se muestra respuesta significativa a los tratamientos de inoculación para este carácter.

Figure 2C

Efecto de interacción para los tratamientos de variedad e inoculación: número de tubérculos por planta. **T0** control: no inoculation, **T1**: *Azotobacter* sp., **T2** consortium: *Azotobacter* + *Bacillus simplex*, **T3** consortium: *Azotobacter* sp. + *B. subtilis*, **T4** consortium: *Azotobacter* sp. + *B. subtilis* + *B. simplex*

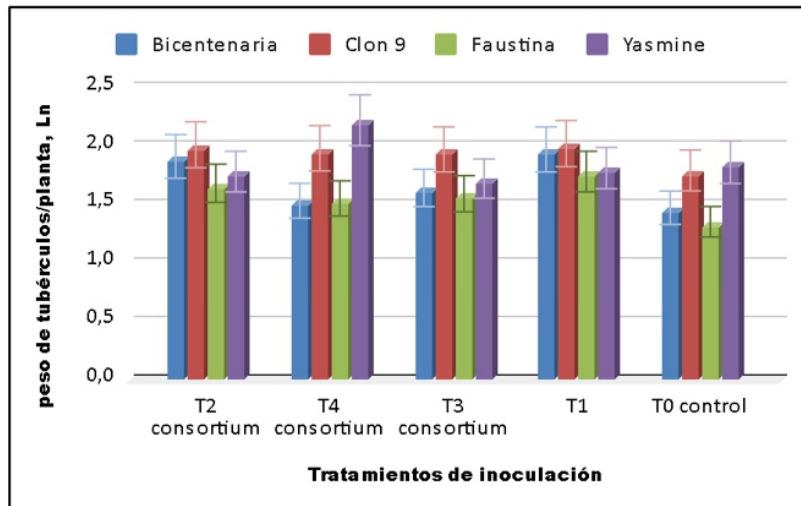


Para el peso de tubérculos por planta (Figura 2D), se observa que la variedad Yasmine tuvo un rendimiento significativamente mayor ($p < 0,05$) por efecto de la inoculación con el consorcio *Azotobacter* sp. + *B. subtilis* + *B. simplex* (T_4) en

relación al control y al resto de tratamientos. Asimismo, la variedad Bicentenaria presentó un mayor rendimiento de tubérculos por planta con la inoculación de T_1 y T_2 respecto al control o a los consorcios T_3 y T_4 .

Figura 2D

Efecto de interacción para los tratamientos de variedad e inoculación: peso del tubérculo por planta. **T0** control: no inoculation, **T1**: *Azotobacter* sp., **T2** consortium: *Azotobacter* + *Bacillus simplex*, **T3** consortium: *Azotobacter* sp. + *B. subtilis*, **T4** consortium: *Azotobacter* sp. + *B. subtilis* + *B. simplex*. Datos transformados Ln (g).



Discusión

En la investigación se ha mostrado que existen interacciones significativas entre las variedades de papa evaluadas y los tratamientos de inoculación en forma de consorcios bacterianos (T₂, T₃ y T₄) y en algunos casos, con la cepa *Azotobacter* sp. aplicada en forma individual (T₁). Ello es concordante con los resultados de Arcos & Zúñiga (2016) quienes comprobaron que las cepas *Bacillus* sp. y *Azotobacter* sp. promueven el crecimiento de las plantas de papa y los rendimientos de tubérculos en cuanto al número y peso, siendo las parcelas con inoculación significativamente superiores en comparación al control sin inoculación.

Se halló también que los tratamientos del consorcio bacteriano de *Azotobacter* sp. y *Bacillus* spp. presentaron resultados superiores en cuanto al peso de los tubérculos, en comparación con el control; esto confirma lo obtenido por Main & Franco (2011), quienes demostraron un mayor rendimiento obtenido por las bacterias y su interacción con la fertilización; además, estos autores también comprobaron que las rizobacterias bacterias disminuyen su efectividad ante grandes proporciones de nitrógeno y fósforo, lo que indica que altas aplicaciones de fertilizantes no serían requeridas, permitiendo de esa manera reducir los costos de fertilización.

Según la evidencia existente, los cambios en la estructura de la comunidad microbiana en una fase temprana del desarrollo del tubérculo pueden tener un efecto beneficioso en el rendimiento de la papa cuando se usan consorcios microbianos (Wang, et al 2021); ello parece haber ocurrido en el presente experimento en el que los consorcios bacterianos se aplicaron al inicio del cultivo y pudieron influir en el comportamiento agronómico de la papa bajo las condiciones controladas del experimento. Similares respuestas obtuvieron en condiciones de campo Oberveek et al. (2021), al demostrar el vínculo existente entre la productividad del cultivo de papa y la composición de la comunidad microbiana del suelo, así como entre el genotipo de papa y el microbioma asociado a este cultivo (Contreras-Liza, 2021)

El presente trabajo muestra el efecto que tienen los consorcios de microorganismos sobre el comportamiento de la papa y profundiza los conocimientos que se tiene hasta el momento

acerca de estas bacterias promotoras del crecimiento, brindando información sobre el beneficio que tienen en la producción de tubérculos semilla de papa bajo condiciones controladas.

Conclusión

La inoculación de los tubérculos semilla con *Azotobacter* sp. ó el consorcio *Azotobacter* sp.+ *B. simplex*+ *B. subtilis* en condiciones de invernadero promovió significativamente el crecimiento de la papa respecto a número de tallos y número de hojas por planta, así como en el peso y número de tubérculos por planta. Para altura de planta, número de brotes, peso del follaje y diámetro del tubérculo, no se presentaron diferencias significativas por efecto de la inoculación. Se halló una interacción significativa entre los genotipos de papa y los tratamientos inoculantes para vigor vegetativo, número de hojas y número de tubérculos por planta, siendo positiva la inoculación con algunos consorcios bacterianos.

Agradecimientos

La presente investigación fue financiada mediante el proyecto: “Divulgación científica de la papa variedad Bicentenario como innovación tecnológica en la region Lima” de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión (Huacho, Perú).

Contribuciones de los autores

Rodrigo Mauricio Ramírez: conducción del experimento y evaluación en invernadero; Sergio Contreras-Liza: procesamiento, análisis de datos y redacción del manuscrito original. Edison Goethe Palomares: financiamiento y gestión de la investigación, revisión del manuscrito. Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

- Arcos, J. y Zúñiga, D. (2015). Efecto de rizobacterias en el control de *Rhizoctonia solani* en el cultivo de papa. *Ecología Aplicada* 14: 2: 95-101.
- Arcos, J., y Zúñiga, D. (2016). Rizobacterias promotoras de crecimiento de plantas con capacidad para mejorar la productividad en papa. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 20(1), 18-31.
- Balzarini, M. G., Gonzalez L., Tablada, M.,

- Casanoves, F., Di Rienzo, J. A., y Robledo, C. W. (2014). *Infostat. Manual del Usuario*. Editorial Brujas. Córdoba, Argentina.
- Bonierbale, M. W., Haan, S. D., Forbes, A., y Bastos, C. (2010). Procedimientos para pruebas de evaluación estándar de clones avanzados de papa: Guía para cooperadores internacionales. Centro internacional de la Papa. Lima
- Calvo, P., Ormeño, E., Martínez, E. & Zúñiga, D. (2010). Characterization of *Bacillus* isolates of potato rhizosphere from Andean soils of Peru and their potential PGPR characteristics. *Brazilian Journal of Microbiology*, 41(4), 899-906. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822010000400008>
- Contreras-Liza, S. (2021). Plant Breeding and Microbiome. In: Plant Breeding, Ibrokhim Y. Abdurakhmanov (ed). IntechOpen. <https://www.intechopen.com/chapters/74244>
- Davies, F.T., Calderón, C.M., Huaman, Z., & Gómez, R. (2005). Influence of a flavonoid (formononetin) on mycorrhizal activity and potato crop productivity in the highlands of Peru. *Scientia Horticulturae* 106 (3), 318-329
- Douds, D.D., Nagahashi, G., Reider, C., & Hepperly, P.R. (2007). Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi increases the yield of potatoes in a high P soil. *Biological agriculture & horticulture* 25 (1), 67-78
- León, Y., Martínez, R., Hernández, J. & Rodríguez, N. (2012). Aplicación de *Azotobacter chroococcum* en la producción de plántulas de tabaco negro. *Cultivos tropicales*, 33(3), 29-32.
- Main, G. y Franco J. (2011). Efecto de la bacteria *Bacillus subtilis* y el hongo micorrizico arbuscular *Glomus fasciculatum* en la fertilización fosfórica en el cultivo de la papa *solanum tuberosum* ssp. andigena. *Revista Latinoamericana de la papa*, 16(2), 250-269. <https://doi.org/10.37066/ralap.v16i2.181>
- Mehmood, S., Muneer, M. A., Tahir, M., Javed, M. T., Mahmood, T., & Chaudhary, H. J. (2021). Deciphering distinct biological control and growth promoting potential of multi-stress tolerant *Bacillus subtilis* PM32 for potato stem canker. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 27, 2101-2114. <https://doi.org/10.1007/s12298-021-01067-2>
- Mehmood, S., Khatoon, Z., Amna, Ahmad, I., Muneer, M. A.,... & Munis, M. F. H. (2023). *Bacillus* sp. PM31 harbouring various plant growth-promoting activities regulates Fusarium dry rot and wilt tolerance in potato. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 69(2), 197-211. <https://doi.org/10.1080/03650340.2021.1971654>
- Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI]. (2017). *Características de la Producción Nacional y de la Comercialización en Lima Metropolitana*. Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria.
- Oswald, A., Calvo, P., Zúñiga, D., & Arcos, J. (2010). Evaluating soil rhizobacteria for their ability to enhance plant growth and tuber yield in potato. *Ann. Appl. Biol.* 157, 259-271
- Ogata, K., Alvarado, D., Chumpitaz, C. & Zúñiga, D. (2016). Characterization of plant growth-promoting rhizobacteria isolated from the rhizosphere of Peruvian highlands native crops. *International Journal of Plant & Soil Science*, 11(1), 1-8. doi:10.9734/IJPSS/2016/24573
- Overbeek, W., Jeanne, T., Hogue, R., & Smith, D. L. (2021). Effects of microbial consortia, applied as fertilizer coating, on soil and rhizosphere microbial communities and potato yield. *Frontiers in Agronomy*, 3, 714700. <https://doi.org/10.3389/fagro.2021.714700>
- Pérez, L. D. J.; González, H. A.; Franco, M. O.; Rivera, P. A.; Sahagun, C. J.; Balbuena, M. A.; Rubí, A. M. y Gutiérrez, R. F. (2010). Variabilidad genética, diversidad fenotípica e identificación de genotipos sobresalientes de papa. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 1(4):579-592. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i5.1759>
- Pradel, W., Hareau, G., Quintanilla, L., & Suarez, V. (2017). *Adopción e impacto de variedades mejoradas de papa en el Perú:*

- Resultado de una encuesta a nivel nacional, 2013.* Centro Internacional de la Papa, Lima.
- SENAMHI. (28 Agosto 2023). *Datos hidrometeorológicos a nivel nacional*, Estación Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>.
- Vilvert, E., Stridh, L., Andersson, B., Olson, Å., Aldén, L., & Berlin, A. (2022). Evidence based disease control methods in potato production: a systematic map protocol. *Environmental Evidence*, 11(1), 1-8. <https://doi.org/10.1186/s13750-022-00259-x>
- Wang, Z., Li, Y., Zhao, Y., Zhuang, L., Yu, Y., Wang, M., ... & Wang, Q. (2021). A microbial consortium-based product promotes potato yield by recruiting rhizosphere bacteria involved in nitrogen and carbon metabolisms. *Microbial biotechnology*, 14(5), 1961-1975. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.13876>
- Weather Spark. (2020). *Clima promedio de Huacho*. Recuperado de <https://es.weatherspark.com/y/20451/Clima-promedio-en-Huacho-Perú-durante-todo-el-año>.
- Yang, G., Wagg, C., Veresoglou, S.D., Hempel, S., & Rillig, M.C. (2018). How soil biota drives ecosystem stability. *Trends in plant science*, 1732 <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2018.09.007>