



Bacillus subtilis como promotor de crecimiento en el cultivo de café (*Coffea arabica*)

Bacillus subtilis as a growth promoter in the cultivation of coffee (*Coffea arabica*)

Delgado-Torres, Noe Antonio¹

Chumacero-Acosta, Julio Santiago^{1*}

Rodriguez-Perez, Luis Eduardo¹

Tuesta-Casique, Angel¹

Alvarez-Arista, Yuleisdy¹

¹Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú

Recibido: 14 Mar. 2022 | **Aceptado:** 22 Jun. 2022 | **Publicado:** 20 Jul. 2022

Autor de correspondencia*: jschumacero@unsm.edu.pe

Cómo citar este artículo: Delgado-Torres, N. A., Chumacero-Acosta, J. S., Rodriguez-Perez, L. E., Tuesta-Casique, A. & Alvarez-Arista, Y. (2022). *Bacillus subtilis* como promotor de crecimiento en el cultivo de café (*Coffea arabica*). *Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas*, 1(2), e345. <https://doi.org/10.51252/reacae.v1i2.345>

RESUMEN

El estudio buscó analizar la aplicación de *Bacillus subtilis* como promotor de crecimiento del café (*Coffea arabica*) en el distrito de Soritor, provincia Moyobamba, región San Martín. Se implementó un diseño de dos parcelas, T0 fue la parcela testigo y en T1 se aplicó 0,18 g de *Bacillus subtilis*; se realizaron mediciones del tallo y conteo de hojas, así como el análisis foliar y de suelo en las parcelas antes y tres meses después de aplicación del tratamiento. Se usó la Prueba U de Mann Whitney para determinar si existía diferencia significativa entre T0 y T1. La altura y el número de hojas se incrementó un 19,76% y 24,27% comparado con T0; obteniendo una diferencia entre los promedios de altura de planta de T0 y T1 de 3,7 cm y número de hojas de 2,5 cm. Las plantas de café con la aplicación de *Bacillus subtilis* como promotor de crecimiento registraron un mayor número de hojas y altura comparado con el T0. El nitrógeno en la parcela T1 disminuyó de 0,24% a 0,21% en el suelo, contrastando un aumento de 3,52% a 3,78% en el análisis foliar por la acción solubilizadora de *Bacillus subtilis*.

Palabras clave: análisis foliar; conteo de hojas; parcelas; tratamientos

ABSTRACT

The study sought to analyze the application of *Bacillus subtilis* as a growth promoter for coffee (*Coffea arabica*) in the Soritor district, Moyobamba province, San Martín region. A design of two plots was implemented, T0 was the control plot and in T1 0.18 g of *Bacillus subtilis* was applied; measurements of the stem and leaf count were made, as well as the foliar and soil analysis in the plots before and three months after the application of the treatment. The Mann Whitney U Test was used to determine if there was a significant difference between T0 and T1. The height and the number of leaves increased by 19.76% and 24.27% compared to T0; obtaining a difference between the averages of plant height of T0 and T1 of 3.7 cm and number of leaves of 2.5 cm. The coffee plants with the application of *Bacillus subtilis* as a growth promoter registered a greater number of leaves and height compared to T0. Nitrogen in plot T1 decreased from 0.24% to 0.21% in the soil, contrasting with an increase from 3.52% to 3.78% in the foliar analysis due to the solubilizing action of *Bacillus subtilis*.

Keywords: foliar analysis; sheet count; plots; treatments



1. INTRODUCCIÓN

El café peruano es una de las materias primas comercializadas a nivel mundial, con un lugar importante de comercialización después del petróleo (SCAN, 2017). El mismo que fue distribuido en más de 40 países entre enero y julio de 2021. EE. UU. lideró la lista con un 25.9% del total exportado, Alemania, Colombia, Canadá y Bélgica el 67.8% del mercado total de exportaciones (Comexperú, 2021).

Perú produce café exclusivamente de la especie arábica, siendo la recolección de cerezas totalmente manual y luego secadas al sol, convirtiéndose en un proceso de post cosecha artesanal (SCAN, 2017). Esta producción se expande en 350 000 hectáreas, representando a 210 distritos rurales ubicados en 10 departamentos de la vertiente oriental de los andes, siendo las regiones de Amazonas, San Martín y Chanchamayo las tres principales (Junta Nacional del Café, 2020).

El desempeño de la exportación de café peruano registra una desaceleración que data de hace una década, por el agotamiento de las plantaciones, las alteraciones climatológicas y la presencia de la roya amarilla (Comexperú, 2021). En ese sentido, uno de los principales objetivos de las entidades cafetaleras peruanas es asegurar la producción en aras de la sostenibilidad y la diferenciación (Junta Nacional del Café, 2020).

Uno de los factores de sostenibilidad que permiten alcanzar mayor competitividad en el mercado mundial es la reducción del uso de agroquímicos, cuyo costo depende en gran medida del precio del petróleo y cuyo efecto puede tener impactos nocivos sobre el ambiente principalmente en la comunidad microbiana (Pedraza et al., 2010). La asociación de la planta con la comunidad microbiana, se conoce como el segundo genoma de la planta, porque es elemental para la sanidad (Berendsen et al., 2012).

Dentro de las nuevas estrategias amigables con el ambiente se encuentran los productos biológicos (Bashan et al., 2014). Los principales grupos de microorganismos utilizados con este fin son los microorganismos promotores del crecimiento vegetal (Rives et al., 2007). Un grupo de diferentes especies que incrementan el crecimiento y productividad en las plantas (Chanway et al. 1889). Entre estos se encuentran bacterias, hongos y protozoos (Johansson et al., 2004). Debido a su capacidad para estimular directamente el crecimiento de las plantas, a través de diversos mecanismos, como el aporte de nitrógeno por el proceso de fijación biológica de nitrógeno atmosférico (Dobereiner et al., 1995), producción de sustancias reguladoras del crecimiento (Arshad & Frankenberger, 1997), solubilización de minerales y nutrientes (Crowley et al., 1991), incremento en el volumen de la raíz (Bowen & Rovira, 1999), inducción de resistencia sistémica a patógenos (Peer et al., 1991), inhibición del crecimiento de organismos antagónicos (Utkhede & Koch, 1999) e interacción sinérgica con otros microorganismos del suelo (Bashan et al., 1998). Estos microorganismos son capaces de asimilar formas no disponibles para la planta y transformarlas, hasta la obtención de formas asimilables para las células vegetales (Camelo et al., 2011).

Entre los géneros que destacan, están las especies del género *Bacillus* que promueven el crecimiento vegetal (Tejera-Hernández & Rojas-Badía, 2011). Resaltando *Bacillus subtilis* por la producción de metabolitos como auxinas, sideróforos, citoquinas, ácidos orgánicos y antibióticos (Anguiano-Cabello et al., 2019). Las citoquininas pueden ser producidas endógenamente por la planta, pero la adición exógena de citoquininas aumenta el proceso de crecimiento (Arkhipova et al., 2005) que tienen efectos considerables en la planta tanto a nivel fisiológico como molecular (Pii et al., 2015).

Se conoce que las cepas de *Bacillus subtilis* tienen el mismo efecto promotor de crecimiento, aun cuando pudieran producir distintas concentraciones de metabolitos para este fin. Por lo que abre las perspectivas de su utilización en la agricultura sostenible para preservar el medio ambiente (Pedraza et al., 2010).

El objetivo del presente estudio consistió en analizar la aplicación de *Bacillus subtilis* cepa BS290 como promotor de crecimiento del café (*Coffea arabica*) en el distrito de Soritor, provincia Moyobamba, región San Martín.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en el fundo “El Tornillar” de José Santos Delgado Días, ubicado en el distrito de Soritor, provincia Moyobamba, región San Martín.

Se implementó un diseño de dos parcelas (T0 y T1), cada una se dividió en cuatro subparcelas con 10 plántones de café. T0 fue considerada la parcela testigo en la que no se aplicó tratamiento. En T1 se aplicó 0,18 g de *Bacillus subtilis* diluida en 1,8 litros de agua, esta solución fue aplicada por la técnica de aspersión para cada plántón.

Para determinar el nivel de crecimiento del café se realizaron mediciones del tallo y conteo de hojas en las parcelas antes y tres meses después de aplicación del tratamiento. La altura de las plantas se midió desde la salida del tallo del suelo hasta la yema terminal, con ayuda de una wincha; se realizó el conteo de número de hojas en cada uno de los plántones; estos valores se anotaron en el formato de registro de datos.

Para complementar la investigación se realizaron análisis foliares (nitrógeno, fósforo, azufre, potasio, calcio, magnesio, sodio, zinc, cobre, manganeso, hierro, boro, materia seca) mediante el sorteo al azar de todas las plantas de cada parcela estudiada, recolectando un total 40 hojas. Adicionalmente se realizaron análisis de suelo (pH, conducción eléctrica, carbonatos, fósforo disponible, potasio y sodio intercambiable, materia orgánica). Ambos análisis también fueron realizados antes de la aplicación de *Bacillus subtilis* y se repitieron luego de tres meses de la aplicación.

Previo al análisis estadístico se realizaron pruebas de normalidad y homocedasticidad para valores originales y valores transformados, por lo que se determinó usar U de Mann Whitney, prueba independiente no paramétrica de comparación de medias de dos grupos.

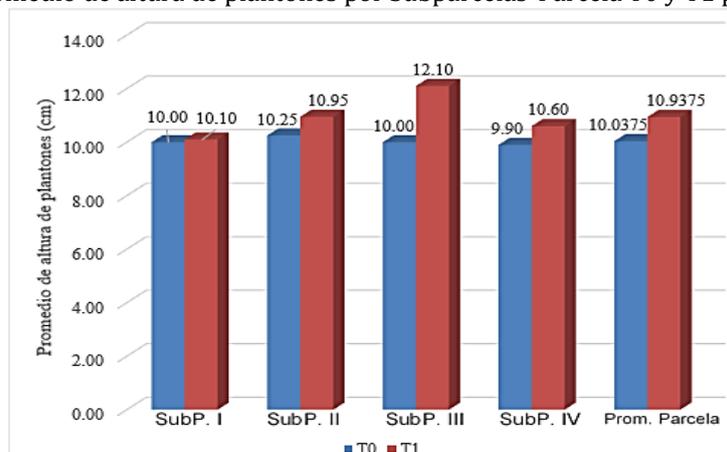
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

Pre tratamiento altura de los plántones de café

De acuerdo a la Figura 1, en la parcela T0 de una población de 40 plántones el promedio de la altura fue 10,04 cm; la moda fue 10,00 cm; la altura mínima 8,00 cm y la máxima 13,00 cm; la desviación estándar 1,02 y varianza de 1,03. En T1 se calculó un promedio de 10,94 cm; la moda 10,00; la altura mínima 8,00 cm y la máxima 14,00 cm; la desviación estándar y varianza fue 1,52 cm y 2,29 cm respectivamente.

Figura 1. Promedio de altura de plántones por Subparcelas-Parcela T0 y T1 pre tratamiento

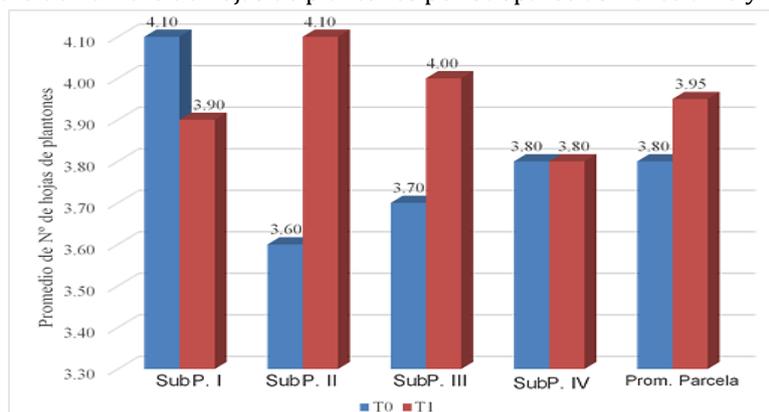


Pre tratamiento número de hojas de plántones de café

La Figura 2, demuestra que en T0 el promedio de hojas fue 3,80 cm; la moda 3 hojas; el menor número de hojas 2 y el máximo 5; la desviación estándar y varianza 0,94 y 0,88 respectivamente. En T1 el promedio

de hojas registrado fue 3,95 hojas; la moda 4 hojas; el número de hojas mínimo 2 y el máximo 6, la desviación estándar y varianza 1,01 y 1,02 respectivamente

Figura 2. Promedio de numero de hojas de plantones por Subparcelas-Parcela T0 y T1 pre tratamiento



Pre tratamiento caracterización foliar

Los valores establecidos para bajo, suficiente y alto por cada parámetro fueron los determinados por Gloria y Molina (2002) (Tabla 1).

Tabla 1. Promedio de altura de plantones por Subparcelas-Parcela T0 y T1 pre tratamiento

Parámetros	T0	T1	Concentración foliar adecuada		
			Bajo	Suficiente	Alto
N (%)	4,31	3,52	< 2,3	2,3-2,8	> 2,8
P (%)	0,14	0,13	< 0,12	0,12-0,20	> 0,20
S – SO ₄ ²⁻ (%)	0,20	0,16	< 0,2	0,2-0,3	> 0,3
K (%)	2,29	2,37	< 1,7	1,7-2,7	> 2,7
Ca (%)	0,81	0,89	< 1,1	1,1-1,7	> 1,7
Mg (%)	0,25	0,25	< 0,2	0,2-0,35	> 0,35
Na (%)	< 0,1	< 0,1	-	-	-
Zn (ppm)	4,55	6,45	< 15	15-30	> 30
Cu (ppm)	12,12	12,90	< 6	6-12	> 12
Mn (ppm)	724,24	690,32	< 50	50-150	> 150
Fe (ppm)	557,58	412,90	< 75	75-275	> 275
B (ppm)	11,82	14,52	< 60	60-100	> 100
Materia seca (%)	56,13	56,23	-	-	-

Pre tratamiento caracterización de suelo

Según la Tabla 2, el pH registrado en ambas parcelas es clasificado como fuertemente ácido; el valor de la conductividad eléctrica corresponde a suelos no salinos; el carbonato de calcio < 0,3% inferior a lo normal; materia orgánica alta (> 4%); el % de nitrógeno superior a lo referencial (0,1%-0,2%); fósforo disponible alto (> 14,0 ppm) y potasio disponible bajo (< 100 ppm) en ambas parcelas de tratamiento.

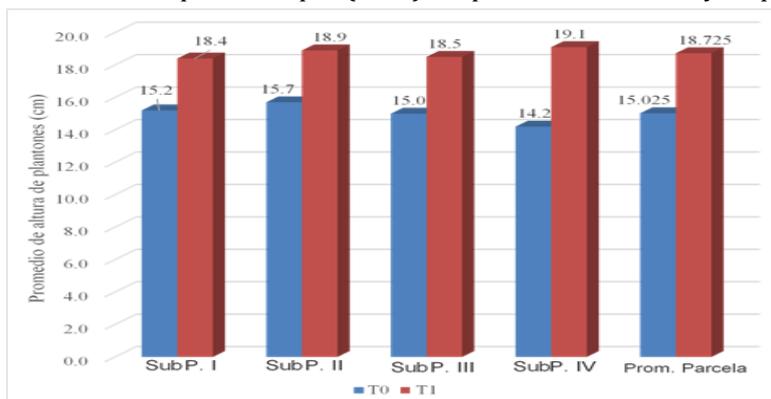
Tabla 2. Caracterización foliar pre tratamiento

Parámetros	T0	T1
pH ¹	3,34	3,34
C.E ¹ dS/m	0,13	0,13
CaCO ₃ ² (%)	< 0,3	< 0,3
M.O ¹ (%)	5,37	5,37
N ² (%)	0,24	0,24
P ¹ (ppm)	28,20	28,60
K ¹ (ppm)	66	52

Post aplicación altura de plántones de café

Según la Figura 3, para T0 el promedio de altura fue 15,03 cm; la moda 16,00 cm; la altura mínima 12,00 cm y la máxima 17,00 cm; la desviación estándar y varianza 1,21 cm y 1,46 cm respectivamente. En T1 el promedio de altura 18,73 cm; la moda 19,00 cm; la altura mínima 16,00 cm y la máxima 23,00 cm; la desviación estándar y varianza 1,55 cm y 2,41 cm respectivamente.

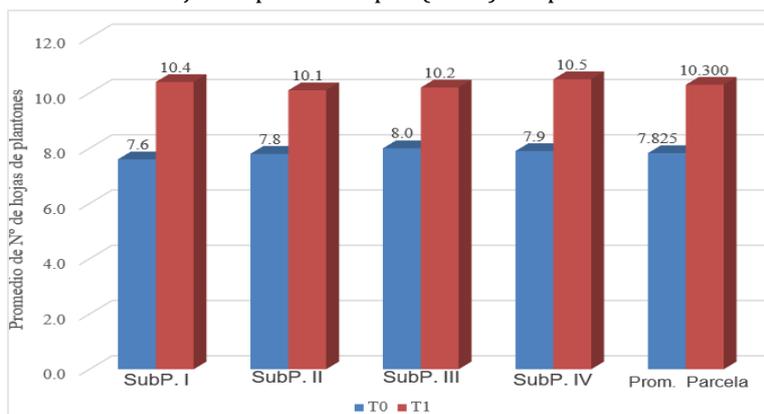
Figura 3. Promedio altura de plántones por (SubP) Subparcelas-Parcela T0 y T1 post tratamiento



Post aplicación número de hojas de plántones de café

De acuerdo a la Figura 4, en T0 el promedio de hojas fue de 7,83; la moda 9 hojas; el número de hojas mínimo 6 y el máximo 10, la desviación estándar y varianza 1,17 y 1,38 respectivamente. Para T1 el promedio de hojas fue de 10,3; la moda 9 hojas; el número de hojas mínimo 9 y el máximo de 12, la desviación estándar y varianza 1,09 y 1,19 respectivamente.

Figura 4. Promedio de número de hojas de plántones por (SubP) Subparcelas-Parcela T0 y T1 post tratamiento



Post tratamiento caracterización foliar

Los valores establecidos para bajo, suficiente y alto por cada parámetro fueron los determinados por Gloria y Molina (2002) (Tabla 3).

Tabla 3. Caracterización foliar post tratamiento

Parámetros	T0	T1	Concentración foliar adecuada		
			Bajo	Suficiente	Alto
N (%)	3,23	3,78	< 2,3	2,3-2,8	> 2,8
P (%)	0,12	0,11	< 0,12	0,12-0,20	> 0,20
S – SO ₄ ⁻² (%)	0,16	0,14	< 0,2	0,2-0,3	> 0,3
K (%)	1,75	1,92	< 1,7	1,7-2,7	> 2,7
Ca (%)	0,73	0,71	< 1,1	1,1-1,7	> 1,7
Mg (%)	0,25	0,20	< 0,2	0,2-0,35	> 0,35
Na (%)	0,00	0,00	-	-	-

Zn (ppm)	13,89	17,95	< 15	15-30	> 30
Cu (ppm)	25,00	20,51	< 6	6_12	> 12
Mn (ppm)	690,28	680,77	< 50	50-150	> 150
Fe (ppm)	180,56	196,15	< 75	75-275	> 275
B (ppm)	16,10	18,23	< 60	60-100	> 100
Materia seca (%)	35,40	20,66	-	-	-

Caracterización del suelo

Según la Tabla 4, el pH para T0 y T1 se clasifica como fuertemente ácido, los valores obtenidos para conductividad eléctrica corresponden a suelos no salinos; el carbonato de calcio < 0,3% inferior a lo normal; materia orgánica alta (> 4%); % de nitrógeno superior a lo referencial; potasio disponible bajo (< 100 ppm) en ambas parcelas de tratamiento y fósforo disponible alto en T0 y medio en T1.

Tabla 4. Caracterización foliar post tratamiento

Parámetros	T0	T1
pH¹	4,69	4,95
C.E¹ dS/m	0,12	0,1
CaCO₃² (%)	< 0,3	< 0,3
M.O¹ (%)	4,72	4,69
N² (%)	0,21	0,21
P¹ (ppm)	17,00	14,00
K¹ (ppm)	65	64

Prueba de U de Mann Whitney

Se procesaron los datos de altura de la planta y número de hojas de T0 y T1, determinando lo siguiente: La significancia asintótica (bilateral) tanto para altura y número de hojas fue igual a $p=0,000$, cuando $p>0,05$ se acepta H_0 y cuando $p<0,05$ se acepta H_1 ; de lo que se aceptó H_1 : Si existe diferencias significativas en la altura y número de hojas de las plantas entre los tratamientos.

3.2. Discusión

Higueta et al. (2019) desarrollaron un bioinsumo agrícola en base a un consorcio de *Bacillus Subtilis* y *Pseudomonas Sp.* aislados a nivel de invernadero de plantas de banano, en donde solubilizaron fosfatos y fijaron nitrógeno, mecanismos por los cuales los microorganismos mejoran el crecimiento vegetal y/o sanidad de las plantas. En otro estudio realizado por Ávila Martínez et al. (2015), *Pseudomonas fluorescens* y *Bacillus Subtilis* activaron el fósforo insoluble en el suelo, y lo convirtieron en formas disponibles para las plantas, la acción solubilizadora de los microorganismos permite una mejora en la disponibilidad, y por tanto en la absorción y transporte de N y otros nutrientes en la hoja. Concordando con los resultados en el presente estudio, pues el % nitrógeno del suelo en la parcela T1 disminuyó de 0,24 a 0,21; y se detectó el aumento del % de nitrógeno en las hojas de 3,52 a 3,78; el fósforo en el suelo registró una disminución de 28,60 a 14,00 ppm. Estos datos son evidencia de la acción de los microorganismos utilizados por su función de promoción de crecimiento basada en la producción de fitohormonas y en la solubilización de nutrientes (Santos et al., 2020).

Gutierrez (2020) en su estudio aplicó tratamientos de *Bacillus subtilis*, *Trichoderma spp.*, *Paecilomyces lila-cinus + Arthrotrys spp.* y *Beauveria bassiana*, en café Catimor; para *Bacillus subtilis* a los 75 días después del tratamiento las diferencias fueron significativas en comparación con el testigo, la altura de plantas de café variedad Catimor el incremento en la altura de plantas que alcanzó hasta en un 19,3% comparado con el tratamiento testigo. A partir del día 60 después del tratamiento las diferencias resultaron estadísticamente significativas para el número de hojas.

En el presente estudio 30 días después de la aplicación del tratamiento la altura para T0 fue de 15,03 cm y para T1 18,73 cm, incrementándose 19,76% comparado con T0; el número de hojas promedio post

tratamiento para T0 7,8 y T1 10,3; existiendo diferencias significativas para la altura y el número de hojas por planta entre los tratamientos T0 y T1. Ya que, a mayor número de par de hojas, se espera una mayor área foliar y esta se relaciona directa o indirectamente con los procesos de crecimiento vegetativo, la tasa de desarrollo, la eficiencia fotosintética, la evapotranspiración, el uso de nutrientes y agua (Blanco & Folegatti, 2005).

En el cultivo del café, el futuro proceso de producción de la planta, descansa en el área foliar y está relacionado con el número de par de hojas que guarda una relación muy estrecha con la asimilación del carbono durante su ciclo de vida. De manera que el área foliar, así como el número de par de hojas, son considerados un indicador de productividad (Favarin et al., 2002) coincidiendo así, con los resultados del presente estudio.

4. CONCLUSIONES

Las plantas de café con la aplicación de *Bacillus subtilis* como promotor de crecimiento evaluadas en el distrito de Soritor registraron un mayor número de hojas y altura comparado con el tratamiento testigo, siendo 19,76% y 24,27% mayor; la diferencia entre los promedios de altura de planta de T0 y T1 fue de 3,7 cm y número de hojas de 2,5 cm, diferencias que fueron significativas.

El nitrógeno en la parcela T1 disminuyó de 0,24% a 0,21% en el suelo, contrastando con un aumento de 3,52% a 3,78% en el análisis foliar por la acción solubilizadora de *Bacillus subtilis* que permite una mejora en la disponibilidad, absorción y transporte de N en la hoja. La fijación de nitrógeno es un mecanismo por el cual los microorganismos mejoran el crecimiento vegetal y/o sanidad de las plantas.

FINANCIAMIENTO

La Universidad Nacional de San Martín financió la ejecución del proyecto mediante el concurso de trabajos de investigación y proyectos de tesis de pregrado, resolución N° 812-2020-UNSM/CU-R.

CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización: Delgado-Torres, N. A.; Chumacero-Acosta, J. S.

Curación de datos: Delgado-Torres, N. A.; Rodríguez-Perez, L. E.; Tuesta-Casique, A.

Análisis formal: Alvarez-Arista, Y.; Chumacero-Acosta, J. S.

Investigación: Delgado-Torres, N. A.; Chumacero-Acosta, J. S.

Metodología: Delgado-Torres, N. A.; Rodríguez-Perez, L. E.

Supervisión: Chumacero-Acosta, J. S.; Tuesta-Casique, A.

Redacción - borrador original: Delgado-Torres, N. A.; Chumacero-Acosta, J. S.; Alvarez-Arista, Y.

Redacción - revisión y edición: Delgado-Torres, N. A.; Chumacero-Acosta, J. S.; Alvarez-Arista, Y.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anguiano-Cabello, J. C., Flores-Olivas, A., Olalde-Portugal, V., Arredondo-Valdés, R., & Laredo-Alcalá, E. I. (2019). Evaluación de cepas de *Bacillus subtilis* como promotoras de crecimiento vegetal. *Revista bio ciencias*, 6, e418. <http://revistabiociencias.uan.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/418>

Arkhipova, T. N., Veselov, S. U., Melentiev, A. I., Martynenko, E. V., & Kudoyarova, G. R. (2005). Ability of bacterium *Bacillus subtilis* to produce cytokinins and to influence the growth and endogenous

- hormone content of lettuce plants. *Plant and Soil*, 272(1-2), 201-209.
<https://doi.org/10.1007/s11104-004-5047-x>
- Arshad, M., & Frankenberger, W. T. (1997). Plant Growth-Regulating Substances in the Rhizosphere: Microbial Production and Functions. *Advances in Agronomy*, 62, 45-151.
[https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60567-2](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60567-2)
- Ávila Martínez, E. G., Lizarazo Forero, L. M., & Cortéz Pérez, F. (2015). PROMOCIÓN DEL CRECIMIENTO DE *Baccharis macrantha* (ASTERACEAE) CON BACTERIAS SOLUBILIZADORAS DE FOSFATOS ASOCIADAS A SU RIZOSFERA. *Acta Biológica Colombiana*, 20(3), 121-131.
<https://doi.org/10.15446/abc.v20n3.44742>
- Bashan, Y., De-Bashan, L. E., Prabhu, S. R., & Hernandez, J. P. (2014). Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: Formulations and practical perspectives (1998-2013). *Plant and Soil*, e378, 1-33. <https://doi.org/10.1007/S11104-013-1956-X/FIGURES/5>
- Bashan, Y., Holguin, G., & Ferrera Cerrato, R. (1998). Interactions between plants and beneficial microorganisms II. Associative rhizosphere bacteria review. *Terra (Mexico)*, 14(2), 195-210.
<https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=MX1998A01132>
- Berendsen, R. L., Pieterse, C. M. J., & Bakker, P. A. H. M. (2012). The rhizosphere microbiome and plant health. *Trends in Plant Science*, 17(8), 478-486. <https://doi.org/10.1016/J.TPLANTS.2012.04.001>
- Blanco, F. F., & Folegatti, M. V. (2005). Estimation of leaf area for greenhouse cucumber by linear measurements under salinity and grafting. *Scientia Agricola*, 62(4), 305-309.
<https://doi.org/10.1590/S0103-90162005000400001>
- Bowen, G. D., & Rovira, A. D. (1999). The Rhizosphere and Its Management To Improve Plant Growth. *Advances in Agronomy*, 66, 1-102. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60425-3](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60425-3)
- Camelo, M., Vera, S. P., & Bonilla, R. R. (2011). Mecanismos de acción de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 12(2), 159-166.
https://doi.org/10.21930/rcta.vol12_num2_art:227
- Comexperú. (2021). *Exportación de café aún no se recupera*. Semanario 1092.
<https://www.comexperu.org.pe/articulo/exportacion-de-cafe-aun-no-se-recupera#:~:text=Entre enero y julio de,enviado en la última década.>
- Crowley, D. E., Wang, Y. C., Reid, C. P. P., & Szaniszló, P. J. (1991). Mechanisms of iron acquisition from siderophores by microorganisms and plants. *Iron Nutrition and Interactions in Plants*, 130, 179-198.
https://doi.org/10.1007/978-94-011-3294-7_27
- Dobereiner, J., Urquiaga, S., & Boddey, R. M. (1995). Alternatives for nitrogen nutrition of crops in tropical agriculture. *Fertilizer research*, 42, 339-346. <https://doi.org/10.1007/BF00750526>
- Favarin, J. L., Dourado Neto, D., García García, A., Villa Nova, N. A., & Favarin, Maria da Graça Guilherme, V. (2002). Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37(6), 769-773. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000600005>
- Gutierrez Contreras, E. (2020). *Microorganismos antagonistas para el manejo de Meloidogyne spp. en el cultivo de café en el distrito de San Martín de Pangoa* [Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/6455>
- Higuita Ramirez, A. M., & Restrepo Rivillas, A. M. (2019). *Desarrollo de un bioinsumo agrícola con base en un consorcio de Bacillus subtilis- Pseudomonas sp.* [Universidad EAFIT]. <http://hdl.handle.net/10784/15882>

- Johansson, J. F., Paul, L. R., & Finlay, R. D. (2004). Microbial interactions in the mycorrhizosphere and their significance for sustainable agriculture. *FEMS Microbiology Ecology*, *48*(1), 1-13. <https://doi.org/10.1016/J.FEMSEC.2003.11.012>
- Junta Nacional del Café. (2020). *El Café De Perú*. <https://juntadelcafe.org.pe/el-cafe-de-peru/>
- Pedraza, R., Teixeira, K.-R. S., Fernández Scavino, A., García De Salamone, I., Baca, B., Azcón, R., Baldani, V., & Bonilla, R. (2010). Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y la calidad de los suelos. Revisión. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, *11*(2), 155-164. https://doi.org/10.21930/rcta.vol11_num2_art:206
- Peer, van R. ., Niemann, G. J. ., & Shippers, B. (1991). Induced Resistance and Phytoalexin Accumulation in Biological Control of Fusarium Wilt of Carnation by Pseudomonas sp. Strain WCS417r. *Phytopathology*, *81*, 728-734. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-81-728>
- Pii, Y., Mimmo, T., Tomasi, N., Terzano, R., Cesco, S., & Crecchio, C. (2015). Microbial interactions in the rhizosphere: beneficial influences of plant growth-promoting rhizobacteria on nutrient acquisition process. A review. *Biology and Fertility of Soils*, *51*, 403-415. <https://doi.org/10.1007/S00374-015-0996-1>
- Rives, N., Acebo, Y., & Hernández, A. (2007). Reseña bibliográfica: Bacterias promotoras del crecimiento vegetal en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). perspectivas de su uso en Cuba. *Revista Cultivos Tropicales*, *28*(2), 29-38. <https://doi.org/10.1234/CT.V28I2.310>
- Santos, C. H. B., Nascimento, F. C. do, Lobo, L. L. B., Martins, A. B. G., Teixeira, G. H. de A., & Rigobelo, E. C. (2020). Effect of encapsulated plant growth promoting microorganisms on soil biochemical parameters and development of fruit tree seedlings. *Australian Journal of Crop Science*, *14*(3), 3006-3014. <https://doi.org/10.21475/ajcs.20.14.03.p2434>
- SCAN. (2017). *Estudio de mercado del café peruano* (Cámara Peruana de Café y Cacao (ed.); Primera Ed). Aleph Soluciones Gráficas. <https://camcafeperu.com.pe/admin/recursos/publicaciones/Estudio-de-mercado-del-cafe-peruano.pdf>
- Tejera-Hernández, B., & Rojas-Badía, M. M. (2011). Potencialidades del género Bacillus en la promoción del crecimiento vegetal y el control biológico de hongos fitopatógenos. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, *42*(3), 131-138. <https://revista.cnic.cu/index.php/RevBiol/article/view/556>
- Utkhede, R. S., & Koch, C. A. (1999). Rhizobacterial growth and yield promotion of cucumber plants inoculated with *Pythium aphanidermatum*. *Canadian Journal of Plant Pathology*, *21*(3), 265-271. <https://doi.org/10.1080/07060669909501189>