



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), septiembre-octubre 2024,
Volumen 8, Número 5.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5

**APLICACIONES DE LOS METABOLITOS
SECUNDARIOS GENERADOS POR BACILLUS
SUBTILIS EN EL PERIODO 2002 – 2022**

**APPLICATIONS OF SECONDARY METABOLITES GENERATED BY
BACILLUS SUBTILIS IN THE PERIOD 2002 – 2022**

Sachio Kanazawa

Departamento de Investigación, Paraguay

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rem.v8i5.13362

Aplicaciones de los Metabolitos Secundarios Generados por *Bacillus Subtilis* en el Periodo 2002 – 2022

Sachio Kanazawa¹

Sachio@kanazawaeasu.com

<https://orcid.org/0000-0001-5607-2925>

Departamento de Investigación, KANAZAWA E.A.S.U

Luque, Paraguay

RESUMEN

En esta investigación se ha explorado el potencial de los metabolitos secundarios producidos por Esta investigación analiza el potencial de los metabolitos secundarios producidos por *Bacillus subtilis* entre 2002 y 2022, con énfasis en sus aplicaciones y su impacto en diversos sectores. *Bacillus subtilis* es conocido por su capacidad de generar una amplia gama de compuestos bioactivos, entre los que se destacan la surfactina, la bacillomicina y la krustakina, por sus propiedades antimicrobianas y bioactivas. El estudio revisa exhaustivamente la literatura existente y revela que los principales campos de aplicación de estos metabolitos son la biotecnología y la agricultura. En biotecnología, estos compuestos son esenciales para la producción de productos farmacéuticos y enzimas industriales, aportando un beneficio económico significativo. En el ámbito agrícola, los metabolitos secundarios de *Bacillus subtilis* son utilizados en el control biológico de patógenos, contribuyendo a prácticas agrícolas más sostenibles y mejorando la producción de cultivos. Además, se ha identificado su versatilidad en otros sectores como la industria alimentaria y la medicina. Sin embargo, la biotecnología y la agricultura emergen como los campos más prometedores debido a su gran impacto económico y su contribución positiva al medio ambiente.

Palabras clave: bacillus subtilis, aplicaciones, metabolitos secundarios, revisión

¹ Autor principal

Correspondencia: Sachio@kanazawaeasu.com

Applications of Secondary Metabolites Generated by *Bacillus Subtilis* in the Period 2002 – 2022

ABSTRACT

This research has explored the potential of secondary metabolites produced by *Bacillus subtilis* between 2002 and 2022, with emphasis on its applications and impact in various sectors. *Bacillus subtilis* is known for its ability to generate a wide range of bioactive compounds, among which surfactin, bacillomycin and krustakin stand out, for their antimicrobial and bioactive properties. The study exhaustively reviews the existing literature and reveals that the main fields of application of these metabolites are biotechnology and agriculture. In biotechnology, these compounds are essential for the production of pharmaceutical products and industrial enzymes, providing a significant economic benefit. In the agricultural field, the secondary metabolites of *Bacillus subtilis* are used in the biological control of pathogens, contributing to more sustainable agricultural practices and improving crop production. In addition, its versatility has been identified in other sectors such as the food industry and medicine. However, biotechnology and agriculture emerge as the most promising fields due to their great economic impact and positive contribution to the environment.

Keywords: bacillus subtilis, applications, secondary metabolites, revision

Artículo recibido 19 agosto 2024

Aceptado para publicación: 23 septiembre 2024



INTRODUCCIÓN

Bacillus subtilis es una bacteria que ha ganado reconocimiento por su impresionante capacidad para producir metabolitos secundarios con aplicaciones industriales de gran relevancia. Este microorganismo, que pertenece al género *Bacillus, es Gram-positivo, aeróbico y forma esporas, lo que le confiere una notable versatilidad y resistencia en diversos entornos. Entre 2002 y 2022, el estudio de estos metabolitos ha crecido de manera significativa, impulsado por avances tecnológicos en técnicas de cultivo, secuenciación genómica y métodos de análisis químico, así como por una comprensión más profunda de su potencial biotecnológico y sus aplicaciones industriales.

Los metabolitos secundarios son compuestos químicos que, aunque no son esenciales para la supervivencia básica de la bacteria, juegan roles cruciales en su adaptación al entorno y en sus interacciones con otros organismos. Estos compuestos permiten a *Bacillus subtilis* competir por recursos, defenderse contra patógenos y comunicarse con otras células, otorgándole una ventaja adaptativa en distintos nichos ecológicos. Entre los metabolitos secundarios más destacados que produce esta bacteria se encuentran la surfactina, la bacillomicina y la krustakina, cada uno con propiedades y aplicaciones únicas que han captado el interés de investigadores y profesionales de múltiples disciplinas.

La surfactina es un biosurfactante potente conocido por su capacidad para reducir la tensión superficial del agua, lo que lo hace invaluable en aplicaciones industriales que van desde la bioremediación hasta la producción de detergentes ecológicos. Su estructura lipopeptídica le confiere propiedades antimicrobianas, haciéndolo útil para inhibir patógenos en diversos contextos. Por otro lado, la bacillomicina es un antibiótico eficaz contra una amplia gama de bacterias Gram-positivas, posicionándose como una herramienta crucial en la lucha contra infecciones bacterianas resistentes a múltiples fármacos. La krustakina, aunque menos conocida, ha mostrado un gran potencial en aplicaciones biotecnológicas específicas, incluyendo la síntesis de compuestos químicos y la modificación de superficies.

Esta revisión se centra en analizar las aplicaciones de los metabolitos secundarios de *Bacillus subtilis* en diversos sectores durante el período de 2002 a 2022. Estos compuestos versátiles han encontrado uso en agricultura, industria alimentaria, medicina, biotecnología y otros campos emergentes.



En el sector agrícola, por ejemplo, los metabolitos de *Bacillus subtilis* se utilizan como agentes biocontroladores para combatir patógenos de plantas, lo que reduce la dependencia de pesticidas químicos y promueve una agricultura más sostenible. En la industria alimentaria, estos metabolitos actúan como conservantes naturales, mejorando la seguridad y la vida útil de los productos sin comprometer su calidad.

En el ámbito médico, la bacillomicina ha sido objeto de numerosos estudios debido a su potencial para tratar infecciones resistentes a antibióticos convencionales, ofreciendo una esperanza en la lucha contra bacterias patógenas emergentes. Además, en el campo de la biotecnología, los metabolitos secundarios de *Bacillus subtilis* se emplean en la producción de enzimas industriales, bioplásticos y otros materiales sostenibles, contribuyendo significativamente a la economía circular y a la reducción de residuos industriales.

La versatilidad de estos compuestos también se extiende a la bioremediación, donde se utilizan para degradar contaminantes ambientales como hidrocarburos y metales pesados, promoviendo la limpieza de suelos y aguas contaminadas de manera eficiente y ecológica. Además, los metabolitos secundarios juegan un papel crucial en la sostenibilidad ambiental, al proporcionar alternativas ecológicas a productos químicos sintéticos, disminuyendo así el impacto ambiental de diversas industrias.

Comprender estas aplicaciones no solo revela avances científicos y tecnológicos, sino también tendencias emergentes que están moldeando el futuro de la biotecnología y la industria sostenible. La capacidad de *Bacillus subtilis* para adaptarse y producir una variedad de metabolitos secundarios sigue siendo una fuente invaluable de innovación, impulsando el desarrollo de nuevos productos y procesos que responden a las necesidades cambiantes de la sociedad moderna.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación adoptó un diseño descriptivo de corte transversal para analizar las aplicaciones de los metabolitos secundarios producidos por *Bacillus subtilis* durante el período comprendido entre 2002 y 2022. Se utilizó Google Académico como la herramienta principal para la búsqueda de información, dada su amplia cobertura y accesibilidad a una vasta cantidad de literatura científica. La estrategia de búsqueda se basó en el uso de palabras clave específicas: *Bacillus subtilis*, aplicaciones y metabolitos, combinadas mediante los operadores booleanos “and” y “or” para refinar y



ampliar los resultados según fuera necesario, omitiendo el uso del operador “not” para evitar la exclusión de estudios potencialmente relevantes. La búsqueda se realizó en tres idiomas: español, inglés y portugués, con el fin de abarcar una diversidad geográfica y lingüística que pudiera enriquecer la revisión. Una vez seleccionados los estudios pertinentes, se procedió a la extracción y clasificación de la información relevante. Las aplicaciones de los metabolitos secundarios de *Bacillus subtilis* se categorizaron en cuatro áreas principales: agricultura, industria alimenticia, medicina y biotecnología. Esta clasificación permitió una organización sistemática de los datos, facilitando la identificación de tendencias y la comparación entre diferentes sectores de aplicación. Para el análisis de los datos recopilados, se utilizó el software Minitab 20, que permitió la creación de un diagrama de Pareto para visualizar la distribución de las aplicaciones más frecuentes, destacando las áreas con mayor volumen de estudios y permitiendo una evaluación rápida de las prioridades investigativas en el campo. Además del análisis cuantitativo, se llevaron a cabo análisis cualitativos para profundizar en la comprensión de las aplicaciones específicas dentro de cada categoría, examinando la naturaleza de las aplicaciones, los métodos utilizados y los resultados obtenidos. Para asegurar la fiabilidad de los resultados, se implementaron procedimientos de verificación cruzada durante el proceso de selección y clasificación de los estudios, incluyendo revisiones independientes por parte de dos investigadores para minimizar sesgos y garantizar la consistencia en la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión. Se utilizó software de gestión de referencias como EndNote y Zotero para eliminar duplicados y organizar eficientemente la literatura recopilada. Además, se emplearon herramientas de detección de similitudes para evitar la inclusión de estudios duplicados o plagiados, manteniendo así la integridad académica de la revisión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se han encontrado un total de aproximadamente 428.000 artículos referentes a *Bacillus subtilis*, de los cuales al agregar el conector “and” y la palabra clave “aplicaciones”, filtró a un total de aproximadamente 114.000 artículos. Finalmente, añadiendo el conector “and” y la palabra clave “metabolitos”, filtró un total de aproximadamente 11.500 artículos. A partir de allí, se seleccionaron aleatoriamente 30 artículos que se resume en la tabla 1:



Tabla 1. Artículos seleccionados para el estudio.

Año de publicación	Título	Categoría	Referencia
2002	Especies del género <i>Bacillus</i> : morfología macroscópica y microscópica.	Biotecnología	Realpe et al. (2002)
2003	Biological control of <i>Colletotrichum acutatum</i> , causal agent of citrus postbloom fruit drop disease	Agricultura	Kupper et al. (2003)
2004	Nuevo aislado de <i>Bacillus</i> y su utilización para el control de hongos fitopatógenos.	Agricultura	Fernández et al. (2004)
2004	Producción y efectividad de un biopreparado a partir de <i>Bacillus subtilis</i> con actividad antagonista y estimuladora del crecimiento vegetal.	Agricultura	Tejeda et al. (2004)
2007	Formulación de un Biocontrolador de <i>Erwinia Carotovora</i> en Polvo, a Partir de una Cepa de <i>Bacillus subtilis</i> Utilizando Secado Spray.	Agricultura	Hitschfeld (2007)
2007	Selección de cepas de <i>Bacillus</i> y otros géneros relacionados para el control biológico de hongos fitopatógenos	Agricultura	Pozo et al. (2007)
2007	Selección de cepas de <i>Bacillus</i> y otros géneros relacionados para el control biológico de hongos fitopatógenos	Agricultura	Reinoso et al. (2007)
2008	Bacitracin sensing in <i>Bacillus subtilis</i> .	Biotecnología	Rietkötter et al. (2008)
2011	Potencialidades del género <i>Bacillus</i> en la promoción del crecimiento vegetal y el control biológico de hongos fitopatógenos.	Agricultura	Tejera et al. (2011)
2012	Determinación de metabolitos secundarios a partir de <i>Bacillus subtilis</i> con efecto biocontrolador sobre <i>Fusarium</i> sp.	Biotecnología	Ariza et al. (2012)



2012	Eficacia de la cepa nativa de <i>Bacillus subtilis</i> como agente supresor del nematodo del nudo <i>Meloidogyne</i> spp. en cultivo de <i>Capsicum annuum</i> (ají pimiento piquillo)	Industria alimenticia	Deza et al. (2012)
2014	Evaluación del antagonismo de <i>Trichoderma</i> sp. y <i>Bacillus subtilis</i> contra tres patógenos del ajo.	Industria alimenticia	Astorga et al. (2014)
2014	Potential applications of <i>Bacillus subtilis</i> strain SR/B-16 for the control of phytopathogenic fungi in economically relevant crops.	Agricultura	Orberá et al. (2014)
2015	Obtención y evaluación in vitro de metabolitos secundarios de dos cepas de <i>Bacillus subtilis</i> contra el hongo fitopatógeno <i>Fusarium</i> spp	Agricultura	Bustamante (2015)
2015	Diseño de un sistema de expresión de proteínas heterólogas en <i>Bacillus subtilis</i>	Biotecnología	Gutiérrez (2015)
2015	<i>Bacillus</i> un género que alberga especies que cumplen diversos roles biológicos.	Biotecnología	López (2015)
2016	Importancia de los lipopéptidos de <i>Bacillus subtilis</i> en el control biológico de enfermedades en cultivos de gran valor económico	Agricultura	Pila (2016)
2016	Evaluación del efecto de <i>Bacillus subtilis</i> EA-CB0575 en la promoción de crecimiento de <i>Zea mays</i> y <i>Solanum lycopersicum</i> a nivel de invernadero	Agricultura	Pulido (2016)
2017	Evaluación de medios de cultivo líquidos para la multiplicación de la bacteria <i>Bacillus subtilis</i>	Biotecnología	Cobo (2017)
2018	El género <i>Bacillus</i> como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola.	Biotecnología	Villareal et al. (2018)

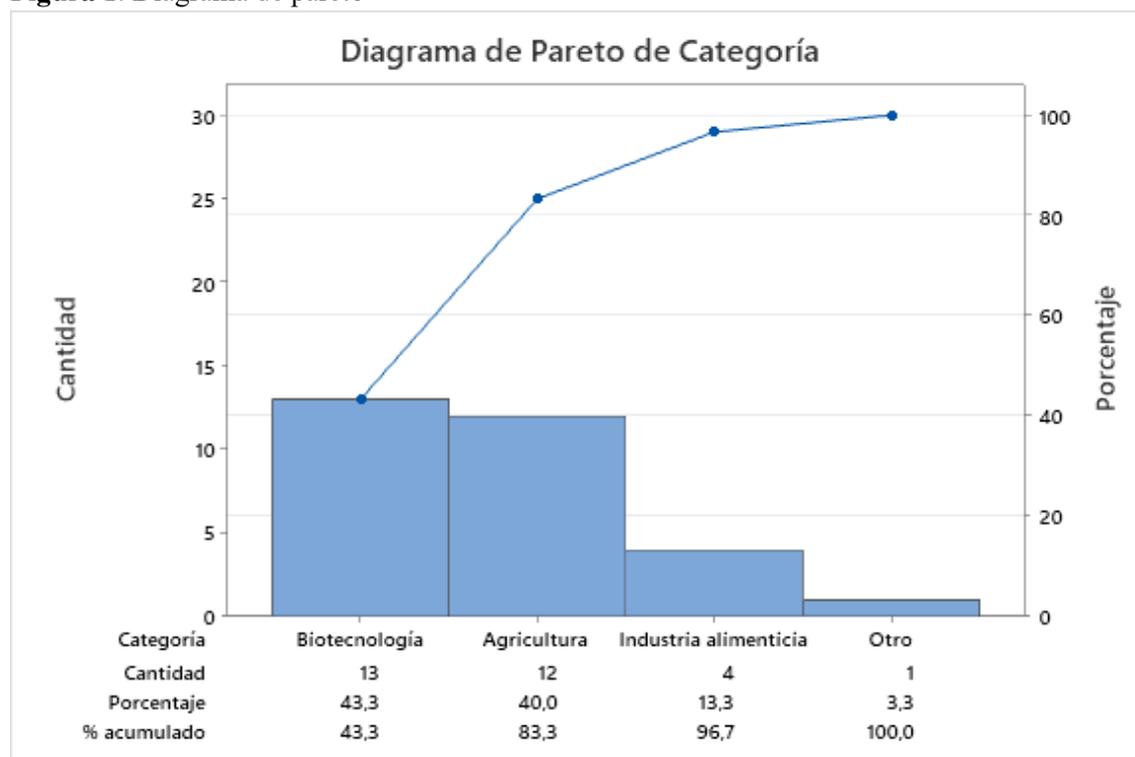


2019	Bioactive Secondary Metabolites from <i>Bacillus subtilis</i> : A Comprehensive Review.	Biotecnología	Kaspar et al. (2019)
2019	<i>Bacillus subtilis</i> . Trends in microbiology.	Biotecnología	Kovács (2019)
2019	Efecto de <i>Bacillus subtilis</i> Cepa QST-713 sobre hongos y bacterias presentes en vitroplantas de plátano en fase de aclimatación.	Industria alimenticia	Núñez et al. (2019)
2019	Inhibitory effect of <i>Bacillus subtilis</i> WL-2 and its IturinA lipopeptides against <i>Phytophthora infestans</i>	Biotecnología	Wang et al. (2019)
2020	Utilización de residuos agroindustriales para la producción de enzimas por <i>Bacillus subtilis</i> E 44.	Biotecnología	Matos et al. (2020)
2020	Seleção de cepas do grupo <i>Bacillus subtilis</i> para produção de biossurfactantes com potencial antimicrobiano.	Biotecnología	Paula (2020)
2020	Lipopéptidos producidos por agentes de control biológico del género <i>Bacillus</i> : revisión de herramientas analíticas utilizadas para su estudio	Biotecnología	Valenzuela et al. (2020)
2021	Efecto de la aplicación de tres dosis de <i>Bacillus subtilis</i> en tres variedades de fréjol arbustivo	Agricultura	Chávez & Vásquez (2021)
2022	<i>Bacillus subtilis</i> como promotor de crecimiento en el cultivo de café (<i>Coffea arabica</i>)	Industria alimenticia	Delgado et al. (2022)
2022	Endospores of <i>Bacillus subtilis</i> with probiotic potential in animals of zootechnical interest.	Medicina	Milian et al. (2022)

Lo cual, nos conduce a la categorización de las investigaciones acorde al siguiente diagrama de Pareto dispuesto en la figura 1:



Figura 1. Diagrama de Pareto



Elaboración propia.

a categorización de las investigaciones realizadas en este estudio ha revelado que las principales aplicaciones de los metabolitos secundarios producidos por *Bacillus subtilis* se concentran principalmente en los campos de la biotecnología y la agricultura. Esto se debe fundamentalmente a que el *Bacillus subtilis* presenta versatilidad en la producción de los metabolitos secundarios con diversas propiedades bioactivas, antimicrobianas y enzimáticas. También el hecho de que estos metabolitos secundarios permite el control de patógenos, por ello su gran aplicación en la agricultura.

CONCLUSIONES

Esta investigación sobre las aplicaciones de los metabolitos secundarios producidos por *Bacillus subtilis* durante el período 2002-2022 revela su destacada versatilidad y potencial en una amplia gama de aplicaciones industriales y científicas. Los objetivos planteados se cumplieron exitosamente, y los resultados subrayan la relevancia continua de *Bacillus subtilis* en la investigación actual. La revisión de la literatura brindó una visión completa de la amplitud de investigaciones relacionadas con los metabolitos secundarios de *Bacillus subtilis* en este período, destacando su papel en múltiples sectores. Se identificaron diversos tipos de metabolitos secundarios y se describieron sus propiedades biológicas

y químicas, lo que resalta la diversidad de compuestos generados por esta bacteria. Las aplicaciones en campos como la agricultura, la industria alimentaria, la medicina y la biotecnología demostraron la versatilidad de estos metabolitos para abordar desafíos específicos en cada área, especialmente en la biotecnología y la agricultura. Por lo tanto, esta bacteria destaca por sus beneficios económicos, medioambientales y de salud derivados del uso de estos metabolitos secundarios, demostrando el impacto positivo de *Bacillus subtilis* en la sostenibilidad y el bienestar humano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ariza, Y., & Sánchez, MSc., L. (2012). Determinación de metabolitos secundarios a partir de *Bacillus subtilis* con efecto biocontrolador sobre *Fusarium* sp. *Nova*, 10(18), 149–155.
<https://doi.org/10.22490/24629448.1003>
- Astorga-Quirós, K., Meneses-Montero, K., Zúñiga-Vega, C., Brenes-Madriz, J. A., & Rivera-Méndez, W. (2014). Evaluación del antagonismo de *Trichoderma* sp. y *Bacillus subtilis* contra tres patógenos del ajo. *Revista Tecnología en Marcha*, 27(2), ág-82.
- Bustamante, M. R. (2015). Obtención y evaluación in vitro de metabolitos secundarios de dos cepas de *Bacillus subtilis* contra el hongo fitopatógeno *Fusarium* spp (Doctoral dissertation, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2015.).
- Chávez Rea, M. A., & Vásquez-Guzmán, J. E. (2021). Efecto de la aplicación de tres dosis de *Bacillus subtilis* en tres variedades de fréjol arbustivo. *Siembra*, 8(2).
- Cobo Salcedo, C. F. (2017). Evaluación de medios de cultivo líquidos para la multiplicación de la bacteria *Bacillus subtilis* (Bachelor's thesis, Quito: USFQ, 2017).
- de los M Orberá, T., de Jesús Serrat, M., & Ortega, E. (2014). Potential applications of *Bacillus subtilis* strain SR/B-16 for the control of phytopathogenic fungi in economically relevant crops. *Biología Aplicada*, 31(1), 7-12.
- Delgado-Torres, N. A., Chumacero-Acosta, J. S., Rodríguez-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-e345.



- Deza, N. M. S., Medina, S. E. L., & Reyes, C. A. M. (2012). Eficacia de la cepa nativa de *Bacillus subtilis* como agente supresor del nematodo del nudo *Meloidogyne* spp. en cultivo de *Capsicum annuum* (ají pimiento piquillo). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 3(1), 25-40.
- Fernández, A., Villaverde, M., Casanova, J., Malo, J., Nicolas, J. A., & Blanca, I. (2004). Nuevo aislado de *Bacillus* y su utilización para el control de hongos fitopatógenos. *Agroecología. net*, 6, 50-57.
- Gutiérrez García, A. K. (2015). Diseño de un sistema de expresión de proteínas heterólogas en *Bacillus subtilis* (Master's thesis).
- Hitschfeld, C. V. O. (2007). Formulación de un Biocontrolador de *Erwinia Carotovora* en Polvo, a Partir de una Cepa de *Bacillus subtilis* Utilizando Secado Spray.
- Kaspar, F., Neubauer, P., & Gimpel, M. (2019). Bioactive Secondary Metabolites from *Bacillus subtilis*: A Comprehensive Review. *Journal of Natural Products*. doi:10.1021/acs.jnatprod.9b00110
- Kovács, Á. T. (2019). *Bacillus subtilis*. *Trends in microbiology*, 27(8), 724-725.
- Kupper, K. C., Gimenes-Fernandes, N., & Goes, A. D. (2003). Biological control of *Colletotrichum acutatum*, causal agent of citrus postbloom fruit drop disease. *Fitopatologia Brasileira*, 28, 251-257.
- López, S. (2015). *Bacillus* un género que alberga especies que cumplen diversos roles biológicos. Recuperado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/lic._lopez_bacillus.pdf.
- Matos Trujillo, M., Pérez Hernández, Y., Valdivia Avila, A., Ranilla, M. J., Rodríguez Alonso, Z., Rubio Fontanills, Y., ... & Camacho Campos, C. (2020). Utilización de residuos agroindustriales para la producción de enzimas por *Bacillus subtilis* E 44. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 54(1), 35-44.
- Milián, G., Rondón, A. J., Rodríguez, M., Beruvides, A., & Pérez, M. L. (2022). Endospores of *Bacillus subtilis* with probiotic potential in animals of zootechnical interest. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 56(3).
- Núñez, P., Arias, J., Avilés, E., Reynoso, G., & de la Cruz, J. (2019). Efecto de *Bacillus subtilis* Cepa QST-713 sobre hongos y bacterias presentes en vitroplantas de plátano en fase de aclimatación. *APF*, 8(1), 5-12.



- Paula, M. P. D. O. (2020). Selección de cepas do grupo *Bacillus subtilis* para produção de biossurfactantes com potencial antimicrobiano.
- Pila, F. E. S. (2016). Importancia de los lipopéptidos de *Bacillus subtilis* en el control biológico de enfermedades en cultivos de gran valor económico. *Bionatura*, 1(3), 135-138.
- Pozo, Y. R., Flores, D. V., Romero, L. C., Pérez, E. G., & Álvarez-Rivera, V. P. (2007). Selección de cepas de *Bacillus* y otros géneros relacionados para el control biológico de hongos fitopatógenos. *Fitosanidad*, 11(1), 35-40.
- Pulido Jiménez, A. C. (2016). Evaluación del efecto de *Bacillus subtilis* EA-CB0575 en la promoción de crecimiento de *Zea mays* y *Solanum lycopersicum* a nivel de invernadero (Bachelor's thesis, Universidad EAFIT).
- Realpe, M. E., Hernández, C. A., & Agudelo, C. I. (2002). Especies del género *Bacillus*: morfología macroscópica y microscópica. *Biomédica*, 22(2), 106-109.
- Reinoso Pozo, Yaritza, & Vaillant Flores, Daymara, & Casadesús Romero, Luis, & García Pérez, Ernesto, & Pazos Álvarez-Rivera, Victoria (2007). SELECCIÓN DE CEPAS DE BACILLUS Y OTROS GÉNEROS RELACIONADOS PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE HONGOS FITOPATÓGENOS. *Fitosanidad*, 11(1),35-40.[fecha de Consulta 19 de Diciembre de 2021]. ISSN: 1562-3009. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=209116144007>
- Rietkötter, E., Hoyer, D., & Mascher, T. (2008). Bacitracin sensing in *Bacillus subtilis*. *Molecular microbiology*, 68(3), 768-785.
- Tejeda, G., Rodríguez, J., Martínez, R., García, R., Castellanos, J. J., Gutiérrez, L., ... & Croche, G. (2004). Producción y efectividad de un biopreparado a partir de *Bacillus subtilis* con actividad antagonista y estimuladora del crecimiento vegetal. In Convención Intern. TROPICO 2004. II Congreso de Agricultura Tropical.
- Tejera-Hernández, B., Rojas-Badía, M. M., & Heydrich-Pérez, 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.
- Valenzuela Ruiz, Valeria, Gálvez Gamboa, Gema Teresa, Villa Rodríguez, Eber Daniel, Parra Cota, Fannie Isela, Santoyo, Gustavo, & Santos-Villalobos, Sergio de los. (2020). Lipopéptidos



producidos por agentes de control biológico del género *Bacillus*: revisión de herramientas analíticas utilizadas para su estudio. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(2), 419-432. Epub 15 de marzo de 2021. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i2.2191>

Villarreal-Delgado, María Fernanda, Villa-Rodríguez, Eber Daniel, Cira-Chávez, Luis Alberto, Estrada-Alvarado, María Isabel, Parra-Cota, Fannie Isela, & Santos-Villalobos, Sergio de los. (2018). El género *Bacillus* como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola. *Revista mexicana de fitopatología*, 36(1), 95-130. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1706-5>

Wang, Y., Zhang, C., Wu, L., Wang, L., Gao, W., Jiang, J., & Wu, Y. (2019). Inhibitory effect of *Bacillus subtilis* WL-2 and its IturinA lipopeptides against *Phytophthora infestans*. *bioRxiv*, 751131.

