

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 1 de 51</b>

21.1

**FECHA** | jueves, 2 de febrero de 2023

Señores  
**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA**  
 BIBLIOTECA  
 Ciudad

<b>UNIDAD REGIONAL</b>	Sede Fusagasugá
<b>TIPO DE DOCUMENTO</b>	Trabajo De Grado
<b>FACULTAD</b>	Ciencias Agropecuarias
<b>NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO</b>	Pregrado
<b>PROGRAMA ACADÉMICO</b>	Ingeniería Agronómica

El Autor(Es):

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN</b>
Guzmán Cruz	Diego Alfonso	1069758504
Ramírez Moya	Hugo Alejandro	1072195028

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>
Rojas Gracia	Pilar
Álvarez Mahecha	Juan Camilo

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
 Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414  
[www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co) E-mail: [info@ucundinamarca.edu.co](mailto:info@ucundinamarca.edu.co)  
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad  
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 2 de 51</b>

### TÍTULO DEL DOCUMENTO

**Efecto de Microorganismos Psicrófilos Sobre la Germinación de Semillas de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.)**

### SUBTÍTULO

**(Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)**

### EXCLUSIVO PARA PUBLICACIÓN DESDE LA DIRECCIÓN INVESTIGACIÓN

INDICADORES	NÚMERO
ISBN	
ISSN	
ISMN	


AÑO DE EDICIÓN DEL DOCUMENTO	NÚMERO DE PÁGINAS
10/05/2022	48

### DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)

ESPAÑOL	INGLÉS
1. Extremófilos	Extremophiles
2. Promotores de crecimiento vegetal	Plant growth promoters
3. Bacterias	Bacteria
4. Levaduras	Yeasts
5. <i>Mrakia</i> sp.	<i>Mrakia</i> sp.
6. <i>Pseudomonas extremaustralis</i>	<i>Pseudomonas extremaustralis</i>

### FUENTES (Todas las fuentes de su trabajo, en orden alfabético)

Aeron, A., Dubey, R. C., & Maheshwari, D. K. (2021). *Archives of Microbiology*. 203(6), 3715–3726.

 <b>UDECU</b> UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 3 de 51</b>

Agronet. (2017). *Sistema de estadísticas agropecuario* . Obtenido de Producción nacional por producto. Tomate :

<https://www.agronet.gov.co/Paginas/ProduccionNacionalProducto.asp.x>


Baki, A. A., & Anderson, J. (1973). Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. *Crop Sci.* 13, 630-633.

Bashan, Y., & De-Bashan, L. (2005). Fresh-weight measurements of roots provide inaccurate estimates of the effects of plant growth-promoting bacteria on root growth: a critical examination. *Soil Biology and Biochemistry* (37), 1795-1804.


Christenhusz, M. J., & Byng, J. W. (2016). The number of known plants species in the world and its annual increase. *Phytotaxa* 261 (3), 201-217.

Domínguez-Castillo, C., Alatorre-Cruz, J. M., Castañeda-Antonio, D., Munive, J. A., Guo, X., López-Olguín, J. F., . . . Carreño-López, R. (2020). Potential seed germination-enhancing plant growth-promoting rhizobacteria for restoration of *Pinus chiapensis* ecosystems. *Journal of forestry Research*, 11.

Escobar, H. (2009). Generalidades del cultivo. En H. Escobar, & R. Lee, *Manual de producción del cultivo de tomate bajo invernadero* (págs. 13-15). Bogotá: Fundación Universidad Jorge Tadeo Lozano.

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 4 de 51</b>

- Esquinas-Alcázar, J., & Nuez V., F. (1994). Anatomía y fisiología de la planta. En: El Cultivo del Tomate. F. Nuez. *Mundi-Prensa*, 793.
- FAO. (2020). *FAOSTAT*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Datos sobre la alimentación y la Agricultura. Cultivos productos de Gadería. Tomate fresco:  
<https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- González-Zertuche, L., & Orozco-Segovia, A. (1996). Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas. un ejemplo: *Manfreda brachystachya*. *Boletín de la sociedad Botánica de México* 58, 15-30.
- Grageda-Cabrera, O. A.-F., & Pena-Cabriales, J. J.-N. (2012). Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 3, 1261–1274.  
doi:[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342012000600015&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000600015&nrm=iso)
- Group, O. W., & Oversight, R. (2017). Tomato (*Solanum lycopersicum*). 69-104.
- Huang, P., de-Bashan, L., Crocker, T., Kloepper, J. W., & Bashan, Y. (2017). Evidence that fresh weight measurement is imprecise for reporting the effect of plant growth-promoting (rhizo)bacteria on growth promotion of crop plants. *Biology and fertility of Soil* (53), 199-208.
- Infoagro System S.L. (2018). El cultivo de tomate (parte 1).


 <b>UDECA</b> UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 5 de 51</b>

Jaramillo, J., Rodríguez, V. P., Guzmán, M., Zapata, M., & Rengifo, T. (2007). Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Tomate Bajo Condiciones Protegidas. *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Gobernación de Antioquia (MANA), Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -CORPOICA-, Centro de Investigación La Selva.*, 316.

Jaramillo, N. J., Rodríguez, P. V., & Aguilar, A. P. (2012). Capítulo 4 factores climáticos y su influencia en la producción de tomate. En N. J. Jaramillo, P. V. Rodríguez, & A. P. Aguilar, *Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas* (págs. 141–164).

Jaramillo, N. J., Sánchez, L. G., Rodríguez, V. P., Aguilar, A. P., Zapata, C. M., & Guzmán, A. M. (2012). Capítulo 3. Generalidades del cultivo. En N. J. Jaramillo, L. G. Sánchez, V. P. Rodríguez, & A. P. Aguilar, *Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas* (págs. 93-138). Bogotá: Corpoica.


Karthika, S. V., & J., M. S. (2020). Exploring the efficacy of antagonistic rhizobacteria as native biocontrol agents against tomato plant diseases 3. *Biotech*, 10(7).

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 6 de 51</b>

- Knapp, S., & Peralta, I. E. (2016). The Tomato (*Solanum lycopersicum* L., Solanaceae) and its Botanical Relatives . En M. Causse, J. Giovannoni, M. Bouzayer, & Z. Mohamed, *The Tomato Genome* (págs. 7-21). Springer .
- Kucera, B., Coh, M. A., & Leubner-Metzger, G. (2005). Plant hormone interactions during seed dormancy release and germination. *Seed Science Research* (15), 281-307.
- Kumar, A., Bahadur, D. M., Raghuwanshi, R., Meena, V., Singh, S., & Dixit, J. (2015). Does a plant growth promoting rhizobacteria enhance agricultural sustainability? *Journal of Pure and Applied Microbiology*. 9, 715–72.
- Limanska, N., Ivanytsia, T., Basiul, O., Krylova, K., Biscola, V., Chobert, J.-M., . . . Thomas. (2013). Effect of *Lactobacillus plantarum* on germination and growth of tomato seedlings. *Acta Physiol Plant* (35), 1587-1595.
- Luna L., M. R. (2013). Caracterización de rizobacterias aisladas de tomate y sus efectos en el crecimiento del Tomate y Pimiento. *Fitotec, Mex*, 36: 63-69.
- Matilla, Á. J. (2013). Capítulo 27. Desarrollo y germinación de las semillas . En J. Azcón-Bieto, & M. Talón, *Fundamentos de fisiología vegetal. Segunda edición* (págs. 537-558). Madrid: McGRAW-HILL.
- Minagricultura. (2020). Cadena de hortalizas. Dirección de Cadena Agrícola y Forestal . *Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural*, 22.

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 7 de 51</b>

- Molina-Romero, D., Bustillos-Cristales, R., M., Rodríguez, a., O., & Elizabeth, Y. (2015). Mecanismos de fitoestimulación por rizobacterias, aislamientos en América y potencial biotecnológico. *Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias* 17(2), 24-34.
- Moreno, R. e. (2018). Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable. *Rev. Colomb. Biotecnol.* 20(1), 68–83.
- Noumavo, P. A., Agbodjato, N. A., Baba-Moussa, F., Adjanohoun, A., & Baba-Moussa, L. (2016). Plant growth promoting rhizobacteria: Beneficial effects for healthy and sustainable agriculture. *African Journal of Biotechnology* 15(27), 1452-1463.
- Orobio-López, A. M., & Rozo, A. J. (2019). Caracterización de Factores Promotores de Crecimiento Vegetal de Pseudomonas Psicrófilas y su Efecto en la Promoción de Crecimiento en Tomate (*Solanum Lycopersicum*). *[Trabajo de Grado] Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca*, 73.
- Orús, A. (2022). Volumen de tomates frescos producidos al año en el mundo en 2012 y 2020.
- Pardo, D. S. (2021). Capítulo 2. Bacterias promotoras de crecimiento vegetal: filogenia, microbioma, y perspectiva. En B. R. Bonilla, L. E. Gonzáles de

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 8 de 51</b>

Bashan, & R. O. Pedraza, *Bacterias promotoras de crecimiento vegetal en sistemas de agricultura sostenible* (págs. 46-77). AGROSAVIA.

Paredes, Z. A. (2009). Manual del cultivo de tomate en invernadero. *Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica)*, 56.

Pena, T. R., Blasco, L., Ambroa, A., González.Pedrajo, B., Fernández-García, L., López, M., . . . Tomás, M. (2019). Relationship Between Quorum Sensing and Secretion Systems. *Frontiers in microbiology* (10), 14.


Peralta, I., Spooner, D., & Knapp., S. (2008). Taxonomy of wild tomatoes and their relatives (Solanum sections Lycopersicoides, Juglandifolia, Lycopersicon; Solanaceae). *Syst Bot Monogr* 84, 1-186.

Pulido, S., & Escobar, H. (2009). Capítulo 2. Propagación de tomate . En H. Escobar, & R. Lee, *Manual de producción de tomate bajo invernadero* (págs. 17-23). Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

Rai, A. K., & Sharma, H. (2022). Cold-Adapted Microorganisms and their Potential Role in Plant Growth. *Survival Strategies in Cold-adapted Microorganisms*, 321–342.

Sánchez, B. A. (2011). Efecto de la inoculación con bacterias promotoras de crecimiento vegetal sobre el cultivo de (*Solanum lycopersicum* var. sofia)



	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 9 de 51</b>

Bajo invernadero. *Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Ciencias Bogota* , 77.

Savci, S. (2012). An Agricultural Pollutant: Chemical Fertilizer. *International Journal of Environmental Science and Development* 3(1).


Schoch, C. e. (2020). NCBI Taxonomy: a comprehensive update on curation, resources and tools. Database (Oxford).

Shrestha, A., Grimm, M., Ojiro, I., Krumwiede, J., & Schikora, A. (2020). Impact of Quorum Sensing Molecules on Plant Growth and Immune System. *Frontiers in Microbiology*, 11.

Solanaceae Source. (2019). *Solanaceae Source*. Obtenido de a global taxonomic resource for the nightshade family:  
<https://solanaceaesource.mysp.ecies.info/>

Souzaa, G. L., & Santosa, M. A. (2016). Triple combinations with PGPB stimulate plant growth in micropropagated banana plantlets. *Applied Soil Ecology* (103) , 31-35.

Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., & Murphy, A. (2015). Chapter 18. Seed dormancy, germination, and seedling establishment. En L. Taiz, E. Zeiger, I. M. Moller, & A. Murphy, *Plant physiology and development. Sixth edition* (págs. 513-552). Massachusetts U.S.A.: Sinauer Associates.

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 10 de 51</b>

Tapia-Vázquez, I., Sánchez-Cruz, R., Arroyo-Domínguez, M., Lira-Ruan, V.,  
 Sánchez-Reyes, A., del Rayo, S.-C. M.-C., . . . Folch-Mallol, J. L. (2020).  
 Isolation and characterization of psychrophilic and psychrotolerant plant-  
 growth promoting microorganisms from a high-altitude volcano crater in  
 Mexico. *Microbiological Research*, 232.


doi:<https://doi.org/10.1016/j.micres.2019.126394>

Villareal-Delgado, M. F. ( 95–130). The genus *Bacillus* as a biological control  
 agent and its implications in the agricultural biosecurity . *Rev. Mex.*  
*Fitopatol*, 36(1).

**RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS**  
 (Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

Resumen

El tomate es un cultivo de importancia económica en Colombia debido a que es una de las hortalizas más cultivadas en el país. Para el año 2017 se reportó un área sembrada de 6.500 (ha) y una producción nacional de 161.616 (t) con un rendimiento de 27,20 (t/ha), por años el uso irracional de fertilizantes inorgánicos ha provocado un incremento paulatino de la esterilidad de los suelos, por esto es importante implementar herramientas biotecnológicas. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de microorganismos psicrófilos en la germinación de semillas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), El experimento consistió en evaluar tres dosis de cada una de las cepas microbianas y un tratamiento control, para un total de 10 tratamientos, cada uno con 20 unidades experimentales, para evaluar el efecto de los microorganismos psicrófilos sobre las semillas de tomate se realizó un diseño completamente aleatorizado en un arreglo factorial de dos factores (3x3) donde los factores son tres microorganismos psicrófilos (*P. extremaustralis*, *Mrakia* sp. y Cepa L3B) y tres dosis del inóculo de microorganismos (0.2, 0.5 y 1.0 a OD 600nm) todo esto se realizó en condiciones controladas de laboratorio. Se observó para el porcentaje de germinación que las levaduras Cepa 3B OD600 0.2 y 0.5 y *Mrakia* sp. OD600 0.5 presentaron el 100 % de la germinación y para *P. extremaustralis* OD600. 0.5 presentó el 95% de germinación estando por encima de control.

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 11 de 51</b>

#### Abstract

Tomato is a crop of economic importance in Colombia because it is one of the most cultivated vegetables in the country. For the year 2017 it was reported a sown area of 6,500 (ha) and a national production of 161,616 (t) with a yield of 27.20 (t/ha), for years the irrational use of inorganic fertilizers has caused a gradual increase in soil sterility, this is why it is important to implement biotechnological tools. The objective of this work was to evaluate the effect of psychrophilic microorganisms on the germination of tomato seeds (*Solanum lycopersicum* L.) The experiment consisted of evaluating three doses of each of the microbial strains and a control treatment, for a total of 10 treatments, each with 20 experimental units. To evaluate the effect of the psychrophilic microorganisms on tomato seeds, a completely randomised design was carried out in a two-factor factorial arrangement (3x3) where the factors are three psychrophilic microorganisms (*P. extremaustralis*, *Mrakia* sp. and L3B strain) and three doses of the microorganism inoculum (0.2, 0.5 and 1.0 at OD 600nm) were used under controlled laboratory conditions. It was observed for the germination percentage that the yeasts Strain 3B OD600 0.2 and 0.5 and *Mrakia* sp. OD600 0.5 presented 100 % of germination and for *P. extremaustralis* OD600. 0.5 presented 95 % of germination being above the control.

### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son: Marque con una "X":

<b>AUTORIZO (AUTORIZAMOS)</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	X	
2. La comunicación pública, masiva por cualquier procedimiento o medio físico, electrónico y digital.	X	
3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X	

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca

Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414


[www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co) E-mail: [info@ucundinamarca.edu.co](mailto:info@ucundinamarca.edu.co)

NIT: 890.680.062-2

 <b>UDECA</b> UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 12 de 51</b>

4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	X	
<p>De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.</p> <p>Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.</p> <p>Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.</p> <p>De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, <i>“Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”</i>, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.</p> <p><b>NOTA:</b> (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):</p> <p><b>Información Confidencial:</b></p>		

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
 Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414  
[www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co) E-mail: [info@ucundinamarca.edu.co](mailto:info@ucundinamarca.edu.co)  
 NIT: 890.680.062-2

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 13 de 51</b>

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado.

**SI \_\_\_ NO \_X\_.**

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos) en carta adjunta, expedida por la entidad respectiva, la cual informa sobre tal situación, lo anterior con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

### LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 14 de 51</b>

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el “Manual del Repositorio Institucional AAAM003”

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.




**Nota:**

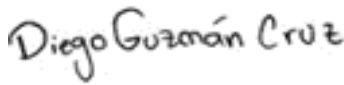
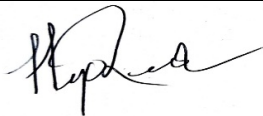
Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

<b>Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. Nombre completo del proyecto.pdf)</b>	<b>Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)</b>
1. Efecto de Microorganismos Psicrófilos Sobre la Germinación de Semillas de Tomate (Solanum lycopersicum L.).pdf	Texto, imagen
2.	
3.	
4.	

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 15 de 51</b>

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

<b>APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>FIRMA (autógrafo)</b>
Guzmán Cruz Diego Alfonso	
Ramírez Moya Hugo Alejandro	

21.1-51-20.

**Efecto de Microorganismos Psicrófilos Sobre la Germinación de Semillas de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.)**

Diego Alfonso Guzmán Cruz y Hugo Alejandro Ramírez Moya

Trabajo de grado opción investigación

Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Ingeniería Agronómica  
Universidad de Cundinamarca  
2022

**Efecto de Microorganismos Psicrófilos Sobre la Germinación de Semillas de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.)**

Diego Alfonso Guzmán Cruz y Hugo Alejandro Ramírez Moya

Trabajo de grado opción investigación

Directora: Pilar Rojas Gracia  
Codirector: Juan Camilo Álvarez Mahecha

Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Ingeniería Agronómica  
Universidad de Cundinamarca  
2022



## Contenido

Resumen.....	20
Abstract.....	20
I. Introducción.....	20
II. Planteamiento del Problema .....	21
III. Justificación .....	21
IV. Objetivos .....	22
7. Objetivo general.....	22
8. Objetivos específicos .....	22
V. Marco Teórico .....	22
1. Origen Solanum lycopersicum L. ....	22
2. Clasificación Taxonómica .....	23
3. Producción mundial del cultivo de tomate.....	23
4. Producción nacional del cultivo de tomate .....	24
5. Valor nutricional .....	24
6. Condiciones agroclimáticas del cultivo de tomate.....	25
7. Germinación.....	25
8. Microorganismos Promotores del Crecimiento Vegetal (MPCV).....	26
9. Microorganismos Psicrófilos .....	26
VI. Materiales y Métodos.....	27
1. Ubicación y Características agroclimatológicas .....	27
2. Universo, población y muestra .....	27
VII. Metodología .....	27
VIII. Resultados y Discusión.....	29
Efecto de microorganismos psicrófilos a distintas concentraciones sobre la germinación de las semillas. ....	29
7.1. Velocidad de germinación.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
7.2 Vigor de germinación.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

7.3 Longitud de raíz.....	¡Error! Marcador no definido.
.....	¡Error! Marcador no definido.
7.4 Número de raíces secundarias.....	¡Error! Marcador no definido.
.....	¡Error! Marcador no definido.
7.5 Longitud caulinar .....	34
.....	35
7.6 Peso fresco plántula.....	35
7.7 Peso fresco raíz.....	36
7.8 Peso seco raíz.....	38
Conclusiones.....	39
Bibliografía.....	40

#### Lista de figuras

Figura 1: Los diez principales países productores de tomate a nivel mundial para el año 2020. Fuente: elaboración propia basado en datos de (FAO, 2020).....	24
Figura 2: Porcentaje de germinación según los tratamientos con microorganismos psicrófilos.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3 Efecto de los microorganismos psicrófilos sobre la velocidad de germinación en: a) <i>Pseudomonas extremaustralis</i> , b) <i>Mrakia</i> sp. y c) Cepa 3B.....	31

Figura 4: Índice de vigor de acuerdo con cada uno de los tratamientos utilizados. **¡Error!**

**Marcador no definido.**

Figura 5: Longitud de raíz principal. .... 33

Figura 6: Efecto de los microorganismos psicrófilos sobre el número de raíces secundarias en: a) *Pseudomonas extremaustralis*, b) *Mrakia* sp. y c) Cepa 3B..... 34

Figura 7: Efecto de los microorganismos psicrófilos sobre la longitud caulinar en: a) *Pseudomonas extremaustralis*, b) *Mrakia* sp. y c) Cepa 3B..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 8: Efecto de los microorganismos psicrófilos sobre el Peso fresco de las plántulas. .... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 9: Peso fresco raíz..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 10: Efecto de los psicrófilos evaluados sobre el peso seco de la raíz..... **¡Error!**

**Marcador no definido.**

**Lista de tablas**

Tabla 1: Clasificación taxonómica del tomate. Fuente (Schoch, 2020) .....	23
Tabla 2: Composición nutricional del tomate por 100 gramos de tomate fresco. Fuente: tomado de (Jaramillo et al., 2007). .....	24
Tabla 3: Formulas corresp.ondientes de las variables a evaluar en los experimentos formulados. ....	28

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414  
[www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co) E-mail: [info@ucundinamarca.edu.co](mailto:info@ucundinamarca.edu.co)  
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad  
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

## Resumen

El tomate es un cultivo de importancia económica en Colombia debido a que es una de las hortalizas más cultivadas en el país. Para el año 2017 se reportó un área sembrada de 6.500 (ha) y una producción nacional de 161.616 (t) con un rendimiento de 27,20 (t/ha), por años el uso irracional de fertilizantes inorgánicos ha provocado un incremento paulatino de la esterilidad de los suelos, por esto es importante implementar herramientas biotecnológicas. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de microorganismos psicrófilos en la germinación de semillas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), El experimento consistió en evaluar tres dosis de cada una de las cepas microbianas y un tratamiento control, para un total de 10 tratamientos, cada uno con 20 unidades experimentales, para evaluar el efecto de los microorganismos psicrófilos sobre las semillas de tomate se realizó un diseño completamente aleatorizado en un arreglo factorial de dos factores (3x3) donde los factores son tres microorganismos psicrófilos (*P. extremaustralis*, *Mrakia sp.* y *Cepa L3B*) y tres dosis del inoculo de microorganismos (0,2, 0,5 y 1,0 a OD 600<sub>nm</sub>) todo esto se realizó en condiciones controladas de laboratorio. Se observó para el porcentaje de germinación que las levaduras *Cepa 3B OD600* 0,2 y 0,5 y *Mrakia sp.* OD600 0,5 presentaron el 100 % de la germinación y para *P. extremaustralis* OD600. 0,5 presentó el 95% de germinación estando por encima de control.

**Palabras claves:** Extremófilos Promotores de crecimiento vegetal, bacterias, levaduras, *Mrakia sp.*, *Pseudomonas extremaustralis*.

## Abstract

Tomato is a crop of economic importance in Colombia because it is one of the most cultivated vegetables in the country. For the year 2017 it was reported a sown area of 6,500 (ha) and a national production of 161,616 (t) with a yield of 27.20 (t/ha), for years the irrational use of inorganic fertilizers has caused a gradual increase in soil sterility, this is why it is important to implement biotechnological tools. The objective of this work was to evaluate the effect of psychrophilic microorganisms on the germination of tomato seeds (*Solanum lycopersicum* L.) The experiment consisted of evaluating three doses of each of the microbial strains and a control treatment, for a total of 10 treatments, each with 20 experimental units. To evaluate the effect of the psychrophilic microorganisms on tomato seeds, a completely randomised design was carried out in a two-factor factorial arrangement (3x3) where the factors are three psychrophilic microorganisms (*P. extremaustralis*, *Mrakia sp.* and L3B strain) and three doses of the microorganism inoculum (0.2, 0.5 and 1.0 at OD 600nm) were used under controlled laboratory conditions. It was observed for the germination percentage that the yeasts Strain 3B OD600 0.2 and 0.5 and *Mrakia sp.* OD600 0.5 presented 100 % of germination and for *P. extremaustralis* OD600. 0.5 presented 95 % of germination being above the control.

**Key words:** Extremophiles, Plant growth promoters, bacteria, yeasts, *Mrakia sp.*, *Pseudomonas extremaustralis*.

## I. Introducción

El tomate, es una de las principales especies de interés agronómico que se cultiva alrededor del mundo, por su alto valor nutricional. La producción de tomate en el país está directamente influenciada por el uso de una gran cantidad de agroquímicos (fertilizantes y plaguicidas), que afectan negativamente el

suelo en términos de agotamiento de la capacidad de retención de agua, fertilidad, aumento de la salinidad y cambios en la concentración de nutrientes. En este sentido, la agricultura sostenible usa productos biotecnológicos con efectos en promoción de crecimiento de plantas, como lo son diversas especies de bacterias y hongos que han sido descritas con propiedades como lo son la fijación de nitrógeno, solubilización de fosfatos, producción de sideróforos o producción de hormonas, entre otros, que mejoran las condiciones del suelo y aumentan la productividad de los cultivos (Pardo et al., 2021). Dentro de este grupo, se ha evidenciado que los microorganismos psicrófilos, los cuales crecen a temperaturas de  $-5^{\circ}\text{C}$  a  $25^{\circ}\text{C}$  surgen como una alternativa potencial en la producción de enzimas como celulasas, xilanasas y proteasas, importantes en los procesos de colonización de la raíz, y proteínas anticongelantes y exopolímeros que les permiten su adaptación a condiciones de frío. A la fecha existen pocos reportes de psicrófilos en agricultura, algunos de ellos, por ejemplo, describen el aislamiento y caracterización y otros, la producción de compuestos metabólicos promotores de crecimiento vegetal bajo parámetros de laboratorio (Tapia-Vázquez et al., 2020; Orobio-López & Rozo, 2019). De acuerdo a lo anterior, este trabajo se centra en determinar cuál es el efecto de tres cepas de microorganismos psicrófilos (Cepa L3B, *Mrakia* sp. y *Pseudomonas extremaustralis*) sobre la germinación de semillas de tomate.

## II. Planteamiento del Problema

El tomate es una de las especies vegetales más cultivadas alrededor del mundo con una producción promedio anual de 171.737.000 toneladas que crece y se desarrolla en climas cálidos, es sensible a cambios extremos en la temperatura, siendo este el mayor factor climático que influye en la mayoría de los estados de desarrollo y procesos fisiológicos de la planta (Orús, 2022). El buen desarrollo de sus diferentes fases: germinación, crecimiento vegetativo, floración, fructificación y maduración de frutos depende de los rangos de temperatura que se presenten en el ambiente (Jaramillo et al., 2012). Sin embargo, su producción no está exenta de las principales limitantes del rendimiento dada por el estrés biótico (plagas y enfermedades) y abiótico (sequía, salinidad, temperatura), los cuales son generados principalmente por cambios en las condiciones agro-climatológicas sumado a las malas prácticas de tipo agrícola dentro de las cuales se encuentra el uso excesivo e indiscriminado de agroquímicos que perturban el suelo en su capacidad de retención de agua, fertilidad y salinidad (Savci, 2012). En este contexto, se hace necesario continuar con la búsqueda de herramientas biotecnológicas como alternativa para promover el crecimiento vegetal y que mitiguen el estrés en los cultivos en el marco de una agricultura limpia que se encuentre a la altura de los nuevos desafíos en producción e inocuidad que demandan los objetivos del desarrollo sostenible. Debido a esto en la presente investigación se planteó cual es el efecto de los microorganismos psicrófilos en la germinación de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

## III. Justificación

La agricultura sostenible plantea objetivos a largo plazo que buscan disminuir los problemas y barreras que afectan la viabilidad económica, el impacto ambiental y la aceptación social de los sistemas de producción agrícola alrededor del mundo. El uso continuo y excesivo de fertilizantes inorgánicos sin el uso de fertilizantes de tipo orgánico como balanceadores conlleva a un incremento paulatino de la esterilidad de los suelos y a una disminución de la productividad. El uso de microorganismos con capacidad para promover el crecimiento de las plantas es una excelente alternativa para la biofertilización y el uso en la protección contra los estreses provocados por factores bióticos y abióticos convirtiéndose en uno de los pilares de la agricultura sostenible. Dentro de las estrategias que desarrollan se encuentran el secretar Ácido Indol Acético (AIA), enzimas esenciales, factores primarios y metabolitos activos como fosfatasa, sideróforos y compuestos antimicrobianos de importancia práctica

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
 Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414  
[www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co) E-mail: [info@ucundinamarca.edu.co](mailto:info@ucundinamarca.edu.co)  
 NIT: 890.680.062-2

para la agricultura sostenible y otros rasgos propios desarrollados a partir de sus contextos ambientales que pueden promover el crecimiento de las plantas para ser utilizados adecuadamente en el aumento de forma natural de la productividad de los cultivos en distintas regiones (Rai & Sharma, 2022). Los microorganismos psicrófilos como se ha reportado previamente (Orobio-López & Rozo, 2019), cumplen con las características antes descritas para ser catalogados como microorganismos promotores del crecimiento vegetal que puedan incorporarse como herramientas útiles a los planes de manejo integrado de cultivos de gran importancia en el país siempre en el marco de la protección de la calidad del suelo y el incremento de la producción de los cultivos reduciendo así la aplicación de productos con efectos negativos para el medio ambiente. Por lo tanto, la finalidad de esta investigación consistió en evaluar el efecto de tres cepas de microorganismos sobre el proceso de germinación y la promoción del crecimiento en tomate (*Solanum lycopersicum*).

## IV. Objetivos

### 7. Objetivo general

- Evaluar el efecto de microorganismos psicrófilos en la germinación de semillas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

### 8. Objetivos específicos

- Determinar el porcentaje de germinación de semillas de tomate inoculadas con microorganismos psicrófilos.
- Analizar el crecimiento radicular de plántulas de tomate inducido por microorganismos psicrófilos en condiciones controladas *in vitro*.
- Establecer la concentración óptima de cada microorganismo psicrófilo a la cual se genere un efecto positivo sobre la germinación de semillas.

## V. Marco Teórico

### 1. Origen *Solanum lycopersicum* L.

La distribución geográfica natural del *Solanum lycopersicum* L. se ha delimitado entre la cordillera de los Andes y la costa oeste del pacífico sudamericano según (Group & Oversight, 2017) Citando a (WWF y UICN, 1997). Esta zona se extiende desde el sur de Ecuador hasta el norte de Chile incluyendo las Islas Galápagos (Group & Oversight, 2017) citando a (Peralta, Spooner and Knapp, 2008; Nuez et al., 1996; Jenkins, 1948). Según lo investigado por el Tomato Genome Consortium 2012, las tres especies silvestres más estrechamente relacionadas con el tomate cultivado actualmente incluyen la especie de frutos rojos *S. pimpinellifolium* y las especies de fruto naranja que se encuentran en las Islas Galápagos, *S. galapagense* & *S. cheesmaniae* (Group & Oversight, 2017) mencionando a (Menda, Strickler y Mueller, 2013). México se sitúa como el centro de domesticación y Perú como centro de biodiversidad, se cree que *Solanum lycopersicum cerasiforme* es el ancestro del tomate cultivado actualmente, esto basándose en su amplia presencia en Centro América (Group & Oversight, 2017).

## 2. Clasificación Taxonómica

El tomate es una planta dicotiledónea perteneciente a la diversa familia Solanaceae; esta cuenta con aproximadamente 100 géneros y unas 2.600 especies (Christenhusz & Byng, 2016). Dentro de esta familia se encuentra el género *Solanum* el cual cuenta con una gran diversidad de especies; aproximadamente 1.234 (Solanaceae Source, 2019). *Solanum lycopersicum* L., es un miembro de la pequeña sección Lycopersicon la cual consta de 13 taxones estrechamente relacionados, el tomate solo existe como planta domestica o asilvestrada y cuenta con 12 parientes silvestres (Peralta *et al.*, 2008). La taxonomía del tomate ha sido discutida ampliamente a lo largo de la historia; *Solanum lycopersicum* L., se reconocía anteriormente como *Lycopersicon esculentum* Mill., pero los datos morfológicos, así como de las secuencias moleculares apoyan su inclusión en el gran género *Solanum* L. (Knapp & Peralta, 2016). Según la base de datos Taxonómica del Centro Nacional para la Información Biotecnológica NCBI, la clasificación más actualizada para el tomate se puede ver en la tabla 1.

**Tabla 1: Clasificación taxonómica del tomate. Fuente (Schoch, 2020)**

<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Subclase</b>	Asteridae
<b>Orden</b>	Solanales
<b>Familia</b>	Solanaceae
<b>Género</b>	<i>Solanum</i>
<b>Esp.ecie</b>	<i>Solanum lycopersicum</i> L.

## 3. Producción mundial del cultivo de tomate

Por su importancia económica y comercial a nivel mundial; esta hortaliza es cultivada y está distribuida en todos los continentes; aportando altos contenidos de vitaminas y minerales a la alimentación humana (Esquinas-Alcázar & Nuez, 1995). La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) reporta en su base de datos FAOSTAT, (2020) 164 países a nivel mundial como productores de tomate; con una producción mundial de un poco más de 186 millones de toneladas producidas: siendo China el principal productor mundial de tomate con 64.768.158 (t), y un rendimiento de 58,48 (t/ha), seguido por India con 20.573.000 (t) y un rendimiento de 25,33 (t/ha), Turquía con 13.204.015(t) y un rendimiento de 72,59 (t/ha), Estados Unidos 12.227.402 (t) y un rendimiento de 110,71 (ha/t) y Egipto con 6.731.22 (t) y un rendimiento de 39,39 (t/ha) (Figura 1). En cuanto a rendimiento Bélgica ocupa el primer lugar a nivel mundial con 502,41 (t/ha), seguido de Países Bajos y Finlandia con 486,63 y 412,5 (t/ha) respectivamente. Por su parte a nivel mundial la FAO posiciona a Colombia en el puesto 38 de 164 países productores de tomate (FAO, 2020).



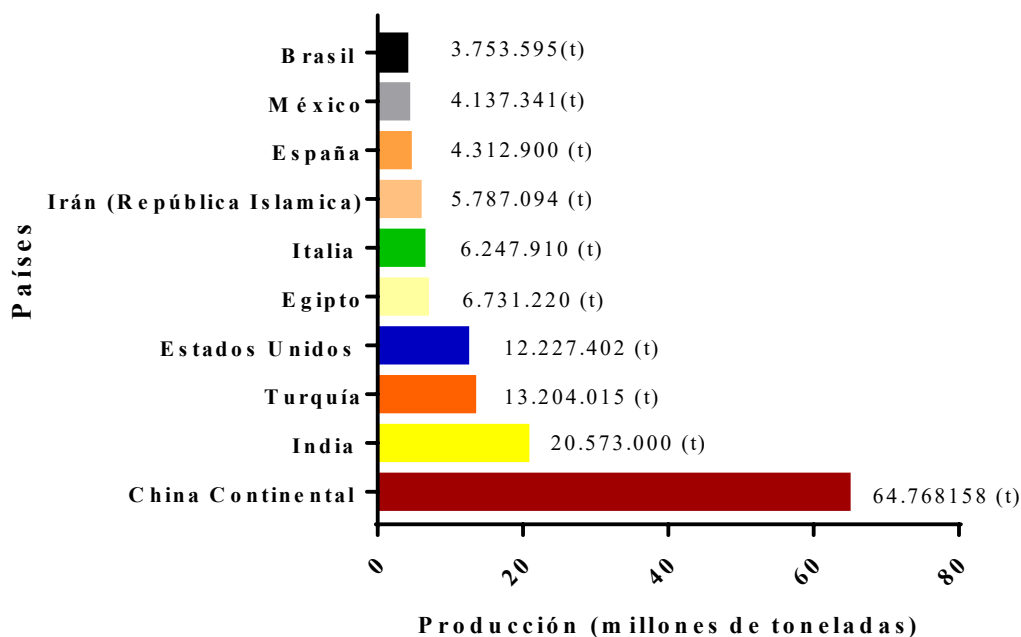


Figura 1: Los diez principales países productores de tomate a nivel mundial para el año 2020. Fuente: elaboración propia basado en datos de (FAO, 2020).

#### 4. Producción nacional del cultivo de tomate

El tomate es una de las hortalizas más cultivadas en Colombia; por su área cosechada y el volumen de producción, presentando los mejores rendimientos en producción sembrado bajo cubierta (Minagricultura, 2020). Para el año 2017 se reportó un área sembrada de 6.500 (ha) y una producción nacional de 161.616 (t) con un rendimiento de 27,20 (t/ha), siendo cinco departamentos que participan en el 68% de la producción nacional; distribuidos en el siguiente orden: Antioquia 190.522 (t) 28%, seguido por Cundinamarca 75.312 (t) 11%, Norte de Santander 68.312 (t) 10%, Boyacá 66.684 (t) 10% y Santander 59.262 (t) 9% (Agronet, 2017).

#### 5. Valor nutricional

El tomate contiene vitaminas: A, B1, B2, B6, C y E y minerales como: fósforo, potasio, magnesio, manganeso, zinc, cobre, sodio, hierro y calcio. También cuenta con un importante valor nutricional ya que incluye: proteínas, hidratos de carbono, fibra, ácido fólico, ácido tartárico, ácido succínico y ácido salicílico (Tabla 2) (Jaramillo et al., 2007). En Colombia este fruto puede ser consumido en fresco o transformado; puede ser como condimentos, salsas, pastas o como ingredientes de sopa, ensalada y guisos (Jaramillo et al., 2012).

**Tabla 2: Composición nutricional del tomate por 100 gramos de tomate fresco. Fuente: tomado de (Jaramillo et al., 2007).**

Elemento	Cantidad
Agua	93,5%

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca

Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414

[www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co) E-mail: [info@ucundinamarca.edu.co](mailto:info@ucundinamarca.edu.co)

NIT: 890.680.062-2

<b>Proteína</b>	0,9 g
<b>Grasa</b>	0,1 g
<b>Calorías</b>	23
<b>Carbohidratos</b>	3,3 g
<b>Fibra</b>	0,8 g
<b>Fósforo</b>	19 mg
<b>Calcio</b>	7 mg
<b>Hierro</b>	0,7 mg
<b>Vitamina A</b>	1,100 UI
<b>Vitamina B1</b>	0,05 mg
<b>Vitamina B2</b>	0,02 mg
<b>Vitamina C</b>	20 mg
<b>Niacina</b>	0,6 mg

## 6. Condiciones agroclimáticas del cultivo de tomate

### Temperatura

*Solanum lycopersicum* L. requiere clima cálido para desarrollarse plenamente y no tolera heladas, su temperatura óptima es de unos 26 °C por el día y 12 °C de noche. La temperatura mínima requerida es de 18°C para desarrollarse, sobrevive por debajo de temperaturas de los 12 °C, aunque su desarrollo es lento. Temperaturas superiores a los 31°C reducen los índices de fecundación de la flor, desarrollo de plantas y maduración de frutos según (Group & Oversight, 2017).

### Humedad relativa

Una Humedad relativa entre 60–80% favorece la polinización y garantiza buena producción. Humedad relativa por encima del 80% favorece la presencia de enfermedades aéreas, agrietamiento del fruto y la polinización se dificulta ya que el polen se humedece, además que provoca aborto floral, Humedad relativa alta y baja iluminación limita la evotranspiración disminuyendo la absorción de agua y nutrientes induciendo a desordenes fisiológicos según (Infoagro Systems S.L. 2016). La humedad relativa por debajo del 60% dificulta la polinización.

### Suelo

La planta de tomate *Solanum lycopersicum* no es exigente en cuanto a suelos, pero si requieren un buen drenaje, se desarrolla muy bien en suelos arenosos y bien drenados, el laboreo profundo y la formación de surcos altos permite la producción del tomate en suelos pesados de tipo arcilloso (Group & Oversight, 2017). Worley en 1976 demostró que el rendimiento del tomate era mayor en suelos con pH entre 6.5 y 6.9. los suelos con pH salinos o ácidos disminuyen el tamaño del fruto.

## 7. Germinación

El proceso de germinación se inicia con la absorción de agua por la semilla; al cual se le denomina imbibición y finaliza cuando el eje embrionario en dicotiledóneas o radícula en monocotiledóneas atraviesa la testa (emergencia) (Matilla, 2013). La germinación requiere de rangos óptimos de agua, temperatura y oxígeno, y a menudo también de luz y nitrato; de todos ellos, el agua es el factor más esencial (Taiz et al., 2015). La germinación consta de tres etapas; en la primera se inicia con la toma de agua por la semilla posterior a esto se presenta la activación de síntesis de proteínas permitiendo la formación de sustancias adecuadas para el desarrollo del embrión (Chen et al., 2011). En la segunda etapa se inicia la actividad metabólica las cuales se hidrolizan los lípidos, el almidón y las proteínas del endospermo en azúcares, aminoácidos y ácidos grasos que son compuestos simples y solubles y de alta

movilidad también se incluyen procesos de transcripción y traducción (Taiz et al., 2015). En la tercera etapa el embrión se expande y el eje embrionario o la radícula emerge de la cubierta seminal dando por culminada la germinación (Matilla, 2013). Las semillas de tomate en condiciones óptimas germinan en un lapso de 3 a 6 días después de la siembra (Pulido & Escobar, 2009). La temperatura óptima de germinación está entre el rango de 16-28 °C, temperaturas de 15 °C se presenta una germinación del 75% y a 35 °C germina un 70% de semillas; temperaturas menores de 10 °C y superiores a 35 °C pueden inhibir la germinación (Jaramillo et al., 2012).

## 8. Microorganismos Promotores del Crecimiento Vegetal (MPCV)

Entre los microorganismos que habitan en la rizósfera se encuentran aquellos que colaboran para el desarrollo y rendimiento en los cultivos mediante mecanismos directos e indirectos, estos se denominan microorganismos promotores de crecimiento vegetal (MPCV). Los microorganismos que más se han reportado hasta el momento con esta denominación son las bacterias edáficas benéficas de vida libre denominadas rizobacterias, las cuales colonizan generalmente las raíces generando la promoción de crecimiento en las plantas, y combatiendo a su vez microorganismos de tipo patógeno. Paralelamente, se ha reportado que algunas colonizan el interior de la planta vía tejido vascular (endófitos). Sin embargo, se han encontrado hongos y levaduras que desempeñan el mismo papel dentro de la planta (Aeron et al., 2021). Los mecanismos directos consisten en proporcionar a la planta compuestos sintetizados por ellos mismos produciendo así un beneficio a la planta. Estos pueden consistir en formas orgánicas del Nitrógeno, hormonas del crecimiento como el ácido indol acético (AIA), ácidos orgánicos, metalóforos, enzimas, vitaminas, metabolitos especializados y ciertos nutrientes como hierro o fósforo. Estos mecanismos dan disponibilidad a los nutrientes y agua en el suelo y colaboran para que la raíz mejore la captación de los mismos, mejorando el estado nutricional de la planta y la fisiología de toda la planta (Kumar et al., 2015) (Grageda-Cabrera et al., 2012) (Moreno, 2018). Por otro lado, los mecanismos indirectos protegen a la planta de fitopatógenos a través de una acción antagonista. Esto involucra la activación de la resistencia sistémica inducida, inhibición de producción de biopelículas, interferencia en la señalización *quorum sensing*, activación de mecanismos de detoxificación de factores de virulencia, y la producción de enzimas/metabolitos involucrados en funciones especializadas (Moreno, 2018) (Villareal -Delgado, 2018). Adicionalmente, los mecanismos indirectos son los encargados de proteger a la planta ante un estrés por factores bióticos, entre los que destacan la inducción de tolerancia a condiciones ambientales adversas como lo son cambios drásticos de temperatura, salinidad, oxidación entre otros. Estos mecanismos son importantes para la agricultura ya que genera alternativas para la utilización de productos biológicos, y dejar en segundo plano el uso de los agroquímicos, generando un manejo más sostenible del suelo (Karthika, 2020).

## 9. Microorganismos Psicrófilos

Se han descrito a los microorganismos psicrófilos como aquellos que tienen la capacidad de desarrollarse en ambientes de bajas temperaturas (por debajo de los 5°C) gracias a características bioquímicas y moleculares como los son (i) mayor fluidez de las membranas, (ii) mecanismos de respuesta a choque térmico, (iii) proteínas anticongelante/crioprotectantes, y (iv) actividad enzimática a bajas temperaturas (Reed, et al., 2013). Estos microorganismos psicrófilos (bacterias y levaduras), han sido objeto de distintos estudios no solo por su capacidad de sobrevivir a ambientes de extremo frío, sino por la capacidad de desarrollar cierta protección a las plantas frente a diferentes tipos de estrés; la interacción de algunas levaduras de los géneros *Rhodotorula*, *Glaciozyma*, *Metschnikowia*, *Cryptococcus* y *Mrakia*, aisladas de fitoplancton, algas y líquenes de la Antártica, sugiere que estos sustratos son de gran importancia para la adaptación de las levaduras al frío, lo que permite su supervivencia y desarrollar interacciones benéficas entre ambos participantes (Fernández, 2016). Orobio y Rozo (trabajo de grado) evaluaron la capacidad promotora del crecimiento vegetal en laboratorio mediante medios de cultivo especializados y pruebas cuantitativas de tres cepas psicrófilas del género *Pseudomonas* evidenciando

capacidad en placa para fijación de Nitrógeno, producción de AIA, amonio, solubilización de fosfatos y producción de catalasa, evidenciando el potencial que pueden tener estos microorganismos para su análisis en la interacción con especies de interés agronómico (Orobio-López & Rozo, 2019).

## VI. Materiales y Métodos

### 1. Ubicación y Características agroclimatológicas

Los ensayos se realizaron en condiciones *in-vitro* en el laboratorio de microbiología de la Universidad de Cundinamarca sede Fusagasugá.

Fusagasugá cuenta con un clima tropical. De acuerdo con Köppen y Geiger el clima se clasifica como Af (Cálido y lluvioso todo el año). La temperatura en promedio es 18.6 °C, teniendo una temperatura máxima promedio de 22°C en el día y mínima de 14°C. La precipitación aproximada es de 1896 mm/año (Meteoblue, 2022).

### 2. Universo, población y muestra

**Microorganismos psicrófilos.** Se evaluó la capacidad inductora de la germinación y promotora del crecimiento vegetal en semillas de tomate de tres cepas de microorganismos psicrófilos; *P. extremaustralis* (bacteria), *Mrakia sp.* y Cepa L3B (Levaduras) amablemente cedidas por el Centro de Investigación en Dinámica Celular del Instituto de Investigación en Ciencias Básicas y Aplicadas de la Universidad Autónoma de Morelos (México), y por el grupo de investigación en Ciencias Biológicas y Químicas de la Universidad Antonio Nariño (Colombia).

**Material vegetal.** Consistió en semillas de tomate chonto (*Solanum lycopersicum*) híbrido roble 956 F1 tipo Santa Clara, ya que es de los materiales con mejores rendimientos en producción, siendo el más sembrado a nivel nacional.

El experimento consistió en evaluar tres dosis de cada una de las cepas microbianas y un tratamiento control, para un total de 10 tratamientos, cada uno con 20 unidades experimentales, para evaluar el efecto de los microorganismos psicrófilos sobre las semillas de tomate se realizó un diseño completamente aleatorizado en un arreglo factorial de dos factores (3x3) donde los factores son tres microorganismos psicrófilos (*P. extremaustralis*, *Mrakia sp.* y *Cepa L3B*) y tres dosis del inóculo de microorganismos (0,2, 0,5 y 1.0 a OD 600<sub>nm</sub>) todo esto se realizó en condiciones controladas de laboratorio.

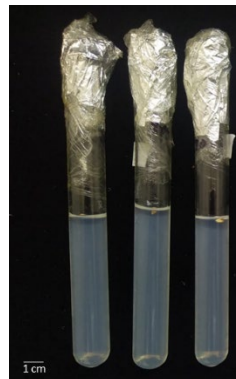
### 3. Metodología

Para alcanzar el objetivo principal se inocularon semillas con microorganismos psicrófilos teniendo en cuenta el siguiente procedimiento:

- Esterilización de las semillas. La esterilización de las semillas se llevó a cabo sumergiendo las semillas de tomate en una solución de hipoclorito del sodio al 1,5 % durante 20 minutos, posterior a ello se realizará un triple lavado con agua destilada estéril de 5, 10 y 15 minutos.
- Preparación del inóculo. Las cepas microbianas de levaduras *Mrakia sp.* y la cepa L3B, se colocaron a crecer en caldo Sabouraud. Por su parte la cepa bacteriana *P. extremaustralis* se cultivó en caldo nutritivo. En todos los casos el procedimiento se realizó con 48 horas previas a la inoculación y se mantuvieron en agitación constante a una temperatura de 22°C. Transcurrido el tiempo los cultivos líquidos se centrifugaron y se eliminó el sobrenadante para

quedar con el pellet y se ajustó la Densidad Óptica (OD) de 0.2, 0.5 y 1.0 con una longitud de onda de 600 nm.

- Inoculación de semillas por tratamiento. Las semillas se sumergieron durante un periodo de 20 minutos, transcurrido el tiempo se escurrieron y se colocaron en una caja de Petri que contenía una toalla de papel absorbente previamente humedecida con 5 ml de agua destilada estéril.
- Las semillas se colocaron en oscuridad a una temperatura de 4°C. Las cajas se observaron diariamente para determinar el número de semillas germinadas.
- Cada semilla germinada se disp.uso en tubos que contenían agar agua (0.8%).



**Figura 2.** Semillas de tomate germinadas sembradas en Agar Agua 0,8%

Objetivo 1: Determinar el porcentaje de germinación de semillas de tomate inoculadas con microorganismos psicrófilos.

Para alcanzar este objetivo se calculó:

- Porcentaje de germinación
- Velocidad de germinación.
- Índice de vigor

**Tabla 3: Formulas correspondientes de las variables a evaluar en los experimentos formulados.**

Variable	Fórmula	Fuente
Porcentaje de germinación (PG)	$PG = \frac{\# \text{ Semillas germinadas}}{\# \text{ Total semillas sembradas}} \times 100$	

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
 Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414  
[www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co) E-mail: [info@ucundinamarca.edu.co](mailto:info@ucundinamarca.edu.co)  
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad  
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

<b>Velocidad de germinación (VG)</b>	$VG = \sum \left( \frac{n_i}{t} \right)$	(González-Zertuche & Orozco-Segovia, 1996)
<b>Índice de vigor (IV)</b>	$IV = (\% \text{ Germinación}) \times (\text{media caulinar} + \text{media radicular})$	(Abdul-Baki & Anderson, 1973)

**Donde:**  $n_i$  = número de semillas germinadas el día  $i$ ,  $t$  = tiempo de germinación desde la siembra hasta la germinación de la última semilla.

**Objetivo 2:** Analizar el crecimiento radical de plántulas de tomate inducido por microorganismos psicrófilos en condiciones controladas *in vitro*.

Para determinar cómo los microorganismos podrían promover el crecimiento radical se realizó la medición de la longitud de la raíz en plántulas 8 días post emergencia mediante el programa de procesamiento de imágenes Fiji Image J (licencia abierta). Adicionalmente se midió el número de raíces secundarias, longitud caulinar, pesos frescos de la raíz y peso fresco de las plántulas en el último muestreo ya que es un abordaje destructivo.

**Objetivo 3:** Establecer la concentración óptima de cada microorganismo psicrófilo a la cual se genere un efecto positivo sobre la germinación de semillas y el crecimiento radical de las plantas.

Los resultados de los objetivos 1 y 2 no se pudieron analizar mediante ANAVA debido a que los datos no se comportaron de manera normal, debido a esto se analizaron mediante las tendencias presentadas por los tratamientos.

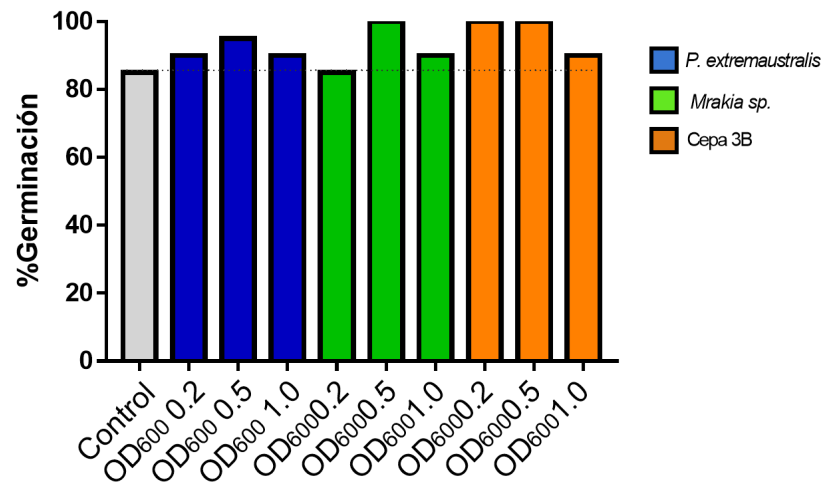
## VII. Resultados y Discusión

En este trabajo se evaluó el efecto de tres cepas microbianas de psicrófilos, dos levaduras, *Mrakia sp.* y la cepa L3B, y una bacteria *P. extremaustralis*, sobre la germinación del tomate teniendo en cuenta 3 concentraciones de cada microorganismo, baja OD<sub>600</sub> 0.2, media OD<sub>600</sub> 0.5 y alta OD<sub>600</sub> 1.0.

### Efecto de microorganismos psicrófilos a distintas concentraciones sobre la germinación de las semillas.

Para determinar el efecto de las cepas microbianas sobre la germinación se realizó en primer lugar la medición del porcentaje de germinación. Para ello, se llevaron a cabo dos ensayos cada uno con 10 unidades experimentales. Una vez que las semillas se dejaron a temperatura ambiente se realizaron observaciones diarias para determinar el número de semillas germinadas. Para la mayoría de los tratamientos la germinación se presentaba al tercer día, sin embargo, la evaluación se realizó hasta el día séptimo día (7), pues según Pulido y Escobar (2009) las semillas de tomate en condiciones óptimas germinan en un lapso de 3 a 6 días desp.ué de la siembra.

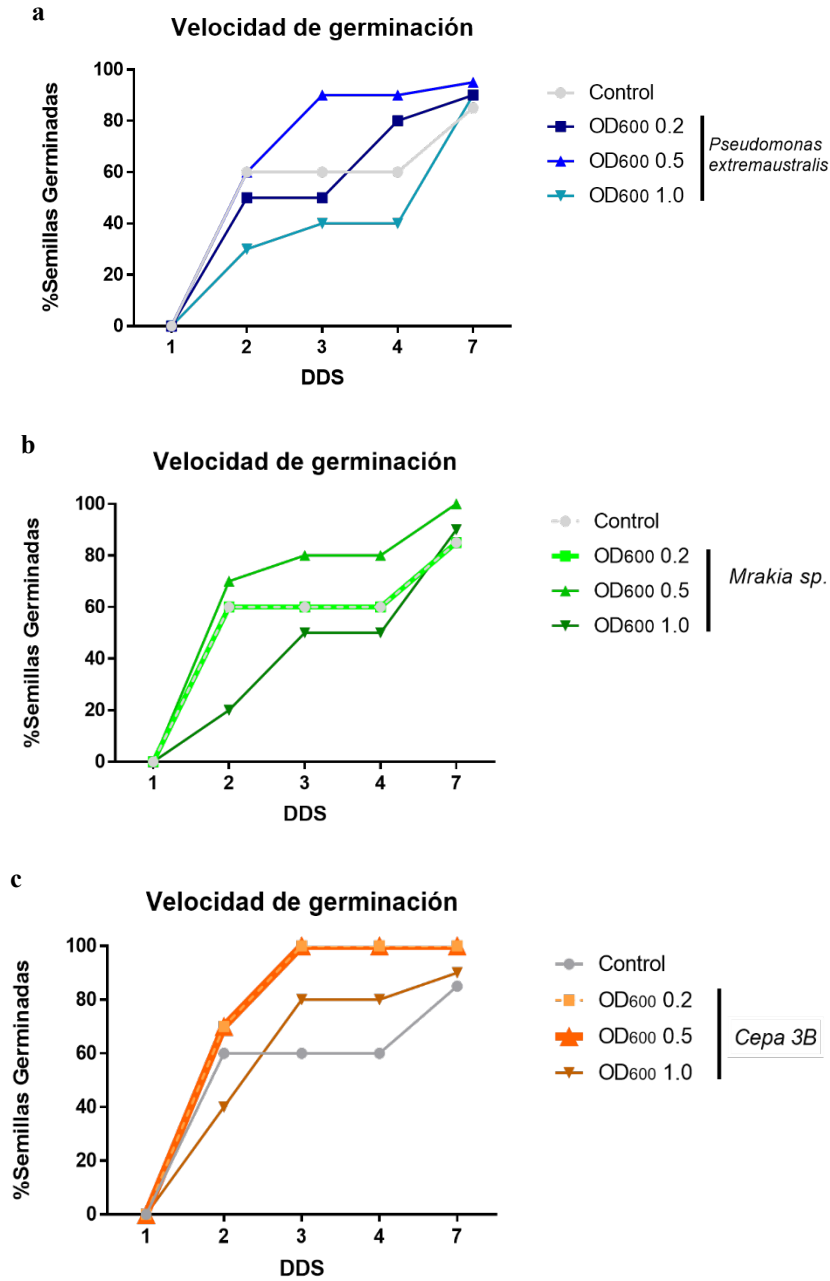
Tres tratamientos con levaduras presentaron el mayor porcentaje de germinación, Cepa 3B a concentración de Baja y media (OD<sub>600</sub> 0.2 y 0.5) y *Mrakia sp.* a concentración media (OD<sub>600</sub> de 0.5), con un 15 % de germinación por encima del tratamiento control (Figura 3). Dichos resultados concuerdan con estudios previos, donde a los 3 días la germinación de semillas inoculadas con psicrófilos era 18% mayor que las semillas no inoculadas (Tapia-Vázquez et al., 2020). En comparación con el testigo, el tratamiento con cepa bacteriana *P. extremaustralis*, tuvo una tendencia positiva, esp.ecialmente para la dosis media, de la misma forma que la dosis de alta de las cepas de las levaduras.



**Figura 3.** Porcentaje de germinación según los tratamientos con microorganismos psicrófilos.

La germinación del control, las levaduras (*Mrakia sp.* y Cepa 3B) y la bacteria (*P. extremaustralis*) se observó desde el día 2 desp.úes de la siembra en los tubos de ensayo (DDS); El tratamiento control inicio con un porcentaje de germinación del 60% manteniéndose hasta el día 4, posteriormente al día 7 obtuvo un 85% de la germinación (Figura 4). En relación a la bacteria *P. extremaustralis*, el tratamiento de dosis media tuvo un comportamiento en la germinación similar al control, sin embargo, a partir del 4 día la germinación de semillas es mayor, y se mantiene así hasta el día 7 donde se evidencia un 90% de germinación. Los tratamientos de dosis baja y alta de *P. extremaustralis* presentaron un porcentaje de germinación del 50% y 30% resp.ectivamente, manteniéndose por debajo del control hasta el tercer día. A partir del cuarto día las semillas de dichos tratamientos muestran un aumento progresivo hasta superar el control en el día 7 (Figura 4a). Las semillas inoculadas con la levadura Cepa 3B en dosis baja y media presentaron el 100% de la germinación en el día 3. Por otra parte, la dosis alta de la Cepa 3B permitió una germinación del 80% al tercer día, manteniéndose hasta el día 4 y al día 7 alcanzó una germinación del 90% (Figura 4c). En cuanto a los tratamientos con la levadura *Mrakia sp.* la dosis media evidencio un 80% de la germinación al segundo día, aumentando al transcurrir los días para presentar el 100% de la germinación en el día 7. El tratamiento de dosis baja de *Mrakia sp.* presentó un comportamiento similar al del control, mientras que la dosis alta se mantuvo por debajo del control en los días 2, 3 y 4, para el día 7 aumentar su porcentaje de germinación por encima del control con el 90% (Figura 4b). Los resultados obtenidos muestran que la aplicación de microorganismos psicrófilos utilizando diferentes dosis de inculo influyen directamente en la velocidad de la germinación de las semillas. Según Domínguez-Castillo et al., (2020), las rizobacterias (*Dyella*, *Luteimonas*, *Enterobacter*, *Paraburkholderia* y *Bacillus*) aisladas del suelo de *Pinus chiapensis* aumentan significativamente el porcentaje de germinación y el tiempo de germinación de *P. chiapensis* generando mecanismos directos de crecimiento vegetal como la producción de ácido indol acético y giberelinas. Por su parte Kucera et al., (2005) encontraron que en la germinación de semillas *Arabidopsis thaliana* y *Solanum lycopersicum* están implicadas fitohormonas como: el ácido abscísico (ABA), las giberelinas (GA), el etileno y los brasinoesteroides (BR); el ABA es un regulador positivo de la inducción de latencia y muy probablemente también de mantenimiento, mientras que es un regulador negativo de la germinación, GA libera la inactividad, promueve la germinación y contrarresta los efectos ABA y el etileno y los BR promueven la germinación de las semillas y también contrarrestar los efectos ABA.





**Figura 4.** Velocidad de germinación de semillas inoculadas con psicrófilos. a) *Pseudomonas extremaustralis* b) *Mrakia sp.* y c) Cepa 3B.

Con el fin de tener una inferencia en el vigor de germinación se realizaron los cálculos para determina el índice de vigor, como se describe en el apartado de metodología. En la figura 5 se pueden observar los resultados obtenidos, encontrando que el tratamiento control muestra un índice de 886.7. En



comparación con las cepas microbianas se observa una tendencia superior en los tratamientos con *Mrakia sp.* OD<sub>600</sub> 0.5 y Cepa 3B OD 0.2, aumentando el índice de Vigor en un 10 y 6 % en relación al tratamiento control, respectivamente. Por el contrario, la dosis baja y alta de los tratamientos con *P. extremaustralis* y *Mrakia sp.* Mostraron valores inferiores al control. Sin embargo, la toma de datos no permitió el análisis estadístico debido a que el conteo fue total y no por repetición.

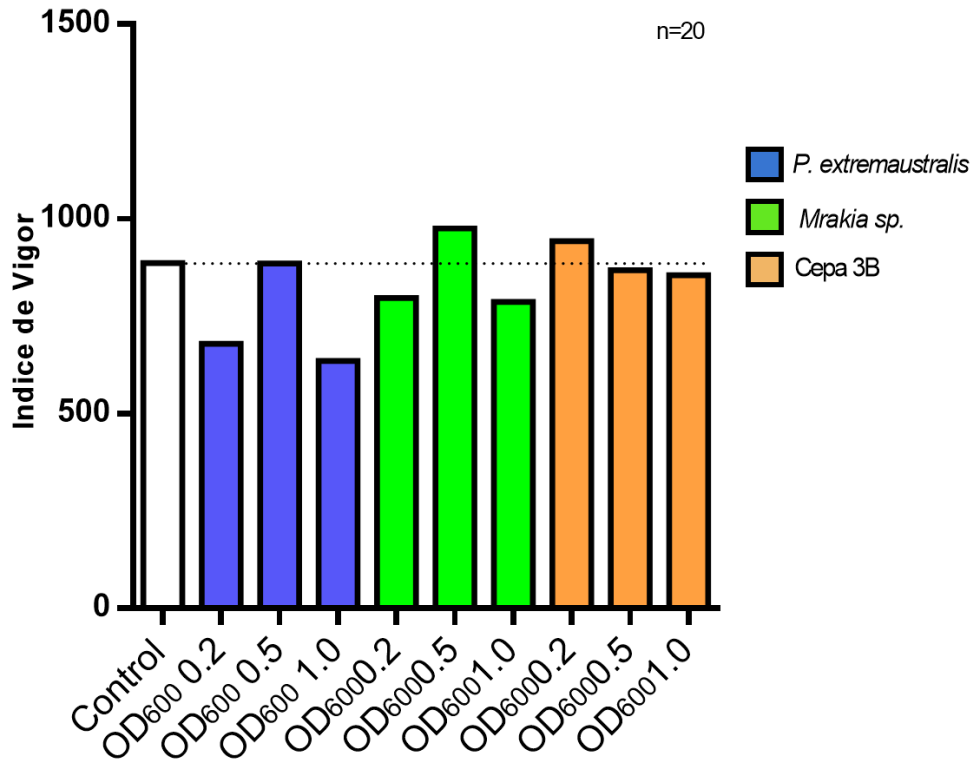


Figura 5. Índice de vigor de acuerdo con cada uno de los tratamientos utilizados.

Los resultados obtenidos tras la investigación sugieren que la dosis del microorganismo puede influir en la promoción de la germinación por parte de los microorganismos psicrófilos y que además cada cepa microbiana tiene una concentración ideal para influir positivamente en la germinación. En el caso de la cepa bacteriana *P.extremaustralis* se puede ver que el índice de vigor de germinación es menor a concentraciones bajas y a concentraciones altas. Esto puede verse relacionado con la comunicación que tienen las bacterias en función de su densidad poblacional, mecanismo conocido como *Quorum sensing* (QS), el cual regula la expresión genes involucrados en la virulencia, competencia, patogenicidad y resistencia. Dicha comunicación es fundamental para activar o desactivar genes regulados por el QS, que participan en procesos tales como mantenimiento celular, formación de Biofilms, transferencia horizontal de genes, quimiotaxis, entre otros (Pena et al., 2019; Shrestha et al., 2020). En este sentido, los resultados del tratamiento de concentración baja de *P.extremaustralis*, muestran que el mecanismo de comunicación podría estar apagado. Por otra parte, una mayor densidad de población podría estar activando el QS, no obstante, dicha activación podría estar influyendo negativamente la interacción entre la esp.ecie bacteriana y la planta.

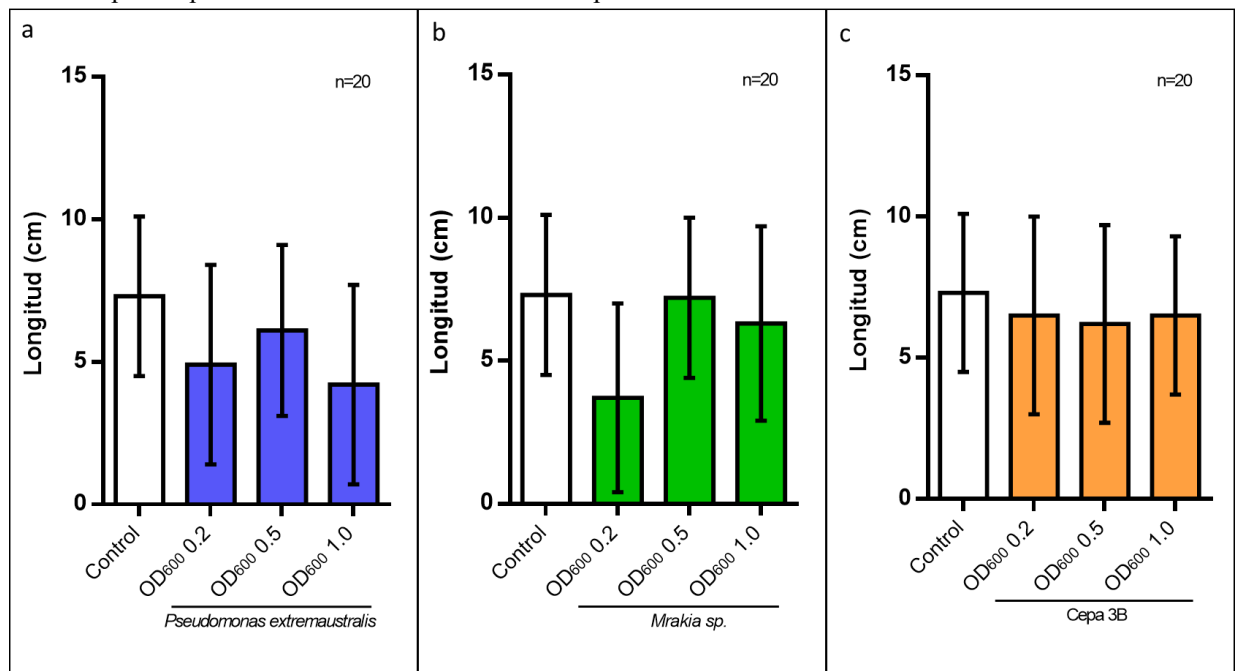
### Desarrollo de plántulas de tomate bajo la aplicación de microorganismos Psicrófilos

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
 Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414  
[www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co) E-mail: [info@ucundinamarca.edu.co](mailto:info@ucundinamarca.edu.co)  
 NIT: 890.680.062-2

Para determinar el efecto directo de las tres cepas de microorganismos psicrófilos en el desarrollo de las plántulas de tomate, se realizó una siembra de las semillas germinadas en tubos de ensayo que contenían un sustrato completamente inerte (Figura 2). Allí se mantuvieron en condiciones de fotoperiodo y temperatura ambiente durante 7 días. Transcurrido el tiempo se realizaron las mediciones descritas en la metodología.

### Efectos de microorganismos en el sistema radical

la medición de longitud de la raíz se muestra en la figura 6, donde se pueden observar los resultados obtenidos, allí se evidencia que el tratamiento control obtuvo un promedio de 7,29 cm demostrando una tendencia superior en cuanto se refiere a los tratamientos de *P.extremoaustralis* y *Cepa L3B*, cabe resaltar que el tratamiento *Makria sp.* OD<sub>600</sub> 0.5 Presento un de 7,16 cm mostrando una tendencia por debajo del control pero superior a los demás tratamientos del experimento.



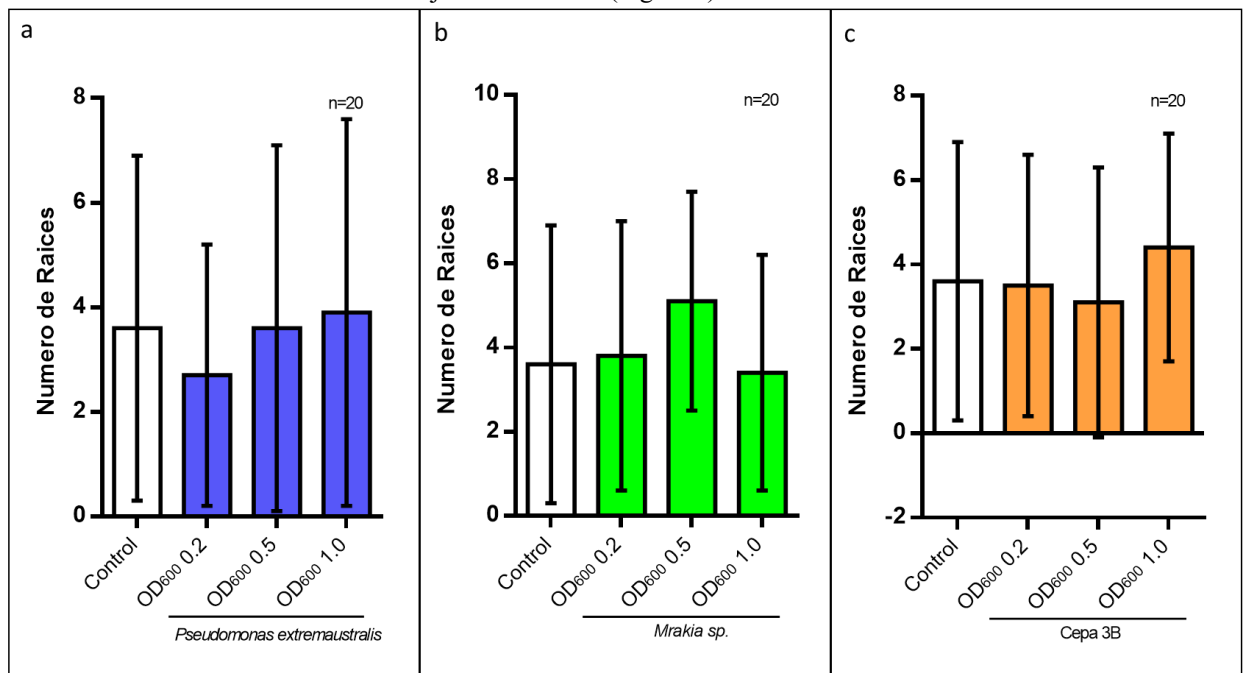
**Figura 6.** Longitud de raíz principal de plántulas tratadas con microorganismos psicrófilos. a. *P. extremaustralis*. b. *Mrakia sp.* c. Cepa 3B.

De acuerdo con los resultados obtenidos tras la investigación que apuntan a que las dosis de los microorganismos psicrófilos no influyen positivamente en la longitud de la raíz se observa que en el caso de *P.extremoaustralis* OD<sub>600</sub> 0.5 y *Makria sp.* OD<sub>600</sub> 0.5 (figura 6 a y c) presentan tendencia superior respecto a las concentraciones de de *P.extremoaustralis* OD<sub>600</sub> 0.2, 1.0 y *Makria sp.* OD<sub>600</sub> 0.2, 1.0 y Cepa L3B OD<sub>600</sub> 0.2, 0.5, 1.0 pero por debajo del control (figura 6).

González y Fuentes en (2017) reportan resultados similares en cuanto a la variable longitud de raíz., observaron que no todas las cepas de los microorganismos evaluados tuvieron efectos positivos sobre las plantas y que por lo contrario mientras que los tratamientos favorecían una variable podían tener influencia negativa sobre otra. Por otra parte, Sánchez *et al.*, (2012) encontró que las cepas *Enterobacter sp.* y *Pseudomonas sp.* presentaron potencial para estimular el crecimiento radical y producción en el cultivo de tomate. Además, Luna *et al.*, (2013) señala que el ácido indol acético (AIA) producido por las algunas cepas microbianas es el metabolito encargado de inducir el crecimiento vegetal ya que aumenta la división celular y la diferenciación de tejidos, efectos reflejados en un mayor contenido de

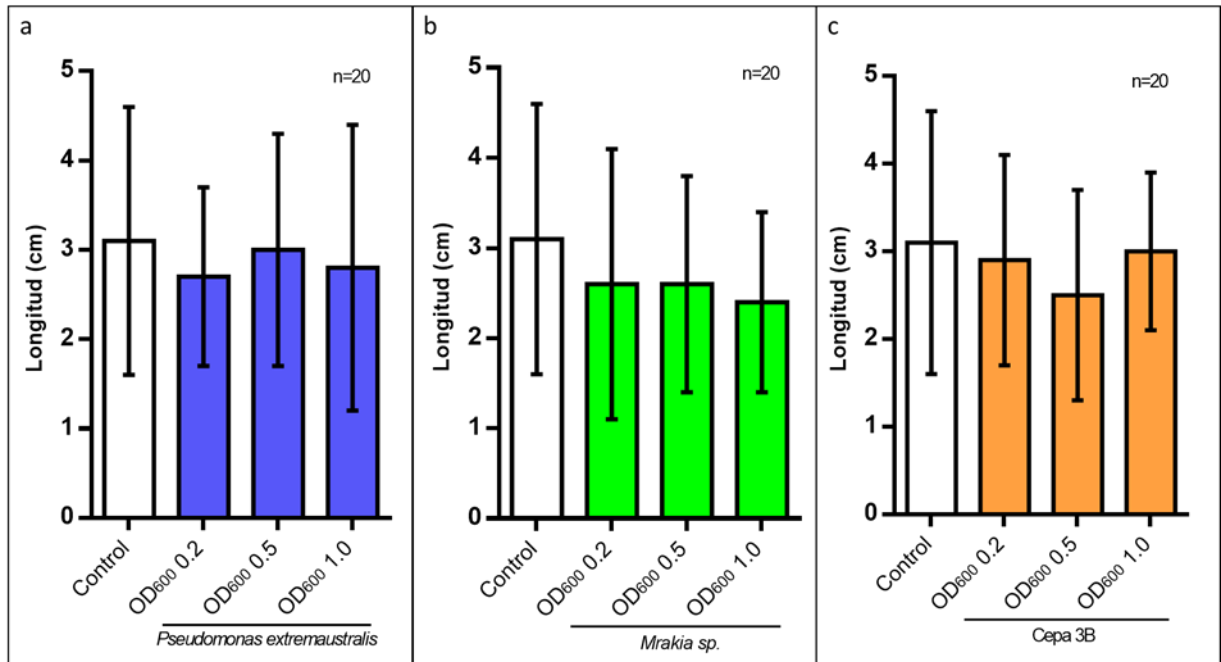
biomasa. Aunque no se realizaron ensayos para determinar la producción de fitohormonas por parte de los psicrófilos, los resultados de esta investigación demuestran que posiblemente las cepas microbianas utilizadas no secretan reguladores hormonales en las condiciones que se plantearon.

Los microorganismos promotores de crecimiento vegetal para colonizar la raíz y promover el crecimiento en las plantas de una forma exitosa tienen que; sobrevivir después de la inoculación, crecer en la esfera de la región que rodea a la semilla, fijarse en la superficie de las primeras raíces y por último colonizar todo el sistema radicular de la planta (Noumavo et al., 2016). En este sentido, otro parámetro evaluado fue el número de raíces secundarias, los resultados demuestran que el control presentó un valor de 3,5 raíces en promedio. Los tratamientos que presentaron una tendencia con valores por encima del control corresponden a: *Mrakia* sp. OD<sub>600</sub> 0.5 con una media de 5,1, seguido de *P. extremaustralis* OD<sub>600</sub> 1.0 con una media de 3,94 y la Cepa 3B OD<sub>600</sub> 1.0 con una media de 4,44 de número de raíces secundarias (Ver Figura 7). Los tratamientos que presentaron una tendencia con valores inferiores al control fueron los siguientes: *P. extremaustralis* OD<sub>600</sub> 0.2 con una media de 2,66 seguido de Cepa 3B OD<sub>600</sub> 0.5 con una media 3,1 y *Mrakia* sp. OD<sub>600</sub> 1.0 con una media de 3,3 de número de raíces secundarias. Por su parte, los tratamientos; *P. extremaustralis* OD<sub>600</sub> 0.5, *Mrakia* sp. OD<sub>600</sub> 0.2 y Cepa 3B OD<sub>600</sub> 0.2 presentaron una media de 3.6, 3.7 y 3.5 respectivamente, en estos tratamientos se observó una tendencia con valores semejantes al control (Figura 7).



**Figura 7.** Número de raíces secundarias de plántulas tratadas con microorganismos psicrófilos. a. *P. extremaustralis*. b. *Mrakia* sp. c. Cepa 3B.

En relación a la longitud caulinar, se obtuvieron los siguientes resultados: se observó que el tratamiento control con un promedio de 3.14cm fue el tratamiento que presentó una tendencia superior respecto a los demás tratamientos. Seguido por Cepa L3B OD<sub>600</sub> 1.0 con un promedio de 3.02cm y *P. Extremaustralis* OD<sub>600</sub> 0.5 con un promedio de 3.0 cm. (figura 8). Por otro lado, *Makria* sp. OD<sub>600</sub> 0.2, 0.5 y 1.0, presentaron promedios de 2.62 cm, 2.59 cm y 2.42 cm respectivamente reportando este microorganismo con los promedios más bajos en comparación de los demás tratamientos.

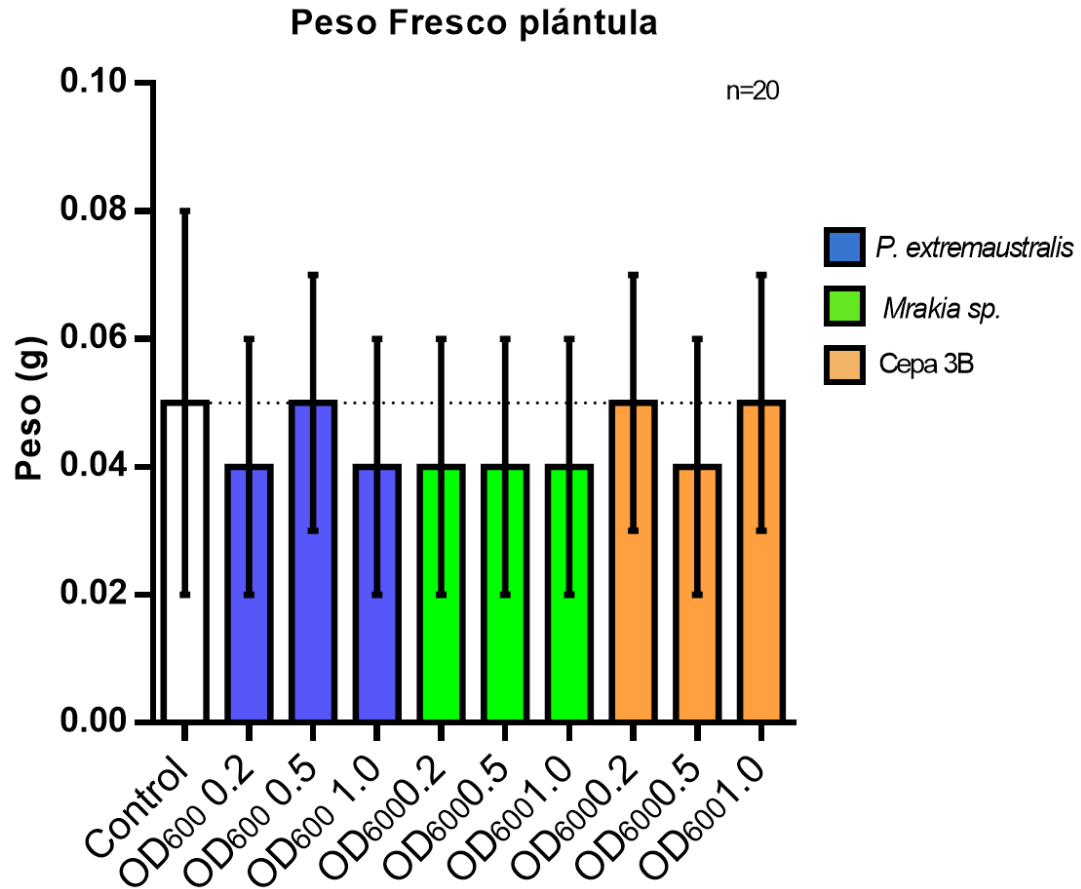


**Figura 8.** Longitud caulinar de plántulas tratadas con microorganismos psicrófilos. a. *P. extremaustralis*. b. *Mrakia sp.* c. Cepa 3B.

Algunos estudios con microorganismos han demostrado no tener un éxito en la promoción de crecimiento vegetal, por ejemplo, González y Fuentes (2017) determinaron que, aunque la germinación de semillas de papaya fue más rápida debido a la inoculación de los microorganismos no resulta efectivo la aplicación de estos debido a que frente al control no se obtuvo mejoras significativas en cuanto a las variables largo de tallo, número de hojas, número de raíces, entre otras. Por otro lado, Sánchez et al., (2012) mostraron que en el primer mes de muestreo la inoculación de bacterias promotoras de crecimiento incrementó el crecimiento de las plantas en un 15,2% y 15,4 % frente al testigo absoluto.

#### Peso fresco plántula.

En el peso fresco de las plántulas de tomate se presentó una misma tendencia con valores similares para el control, *P. extremaustralis* OD<sub>600</sub> 0.5, Cepa 3B OD<sub>600</sub> 0.2 y Cepa 3B OD<sub>600</sub> 1.0 con medias de 0,049, 0,05, 0,046 y 0,05 g respectivamente figura 8. De igual manera se observó una misma tendencia con valores similares por debajo del control para; *P. extremaustralis* OD<sub>600</sub> 0.2, *P. extremaustralis* OD<sub>600</sub> 1.0, *Mrakia sp.* OD<sub>600</sub> 0.2, *Mrakia sp.* OD<sub>600</sub> 0.5, *Mrakia sp.* OD<sub>600</sub> 1.0 y Cepa 3B OD<sub>600</sub> 0.5 con medias de alrededor de 0,04 g de peso fresco (Figura 9).

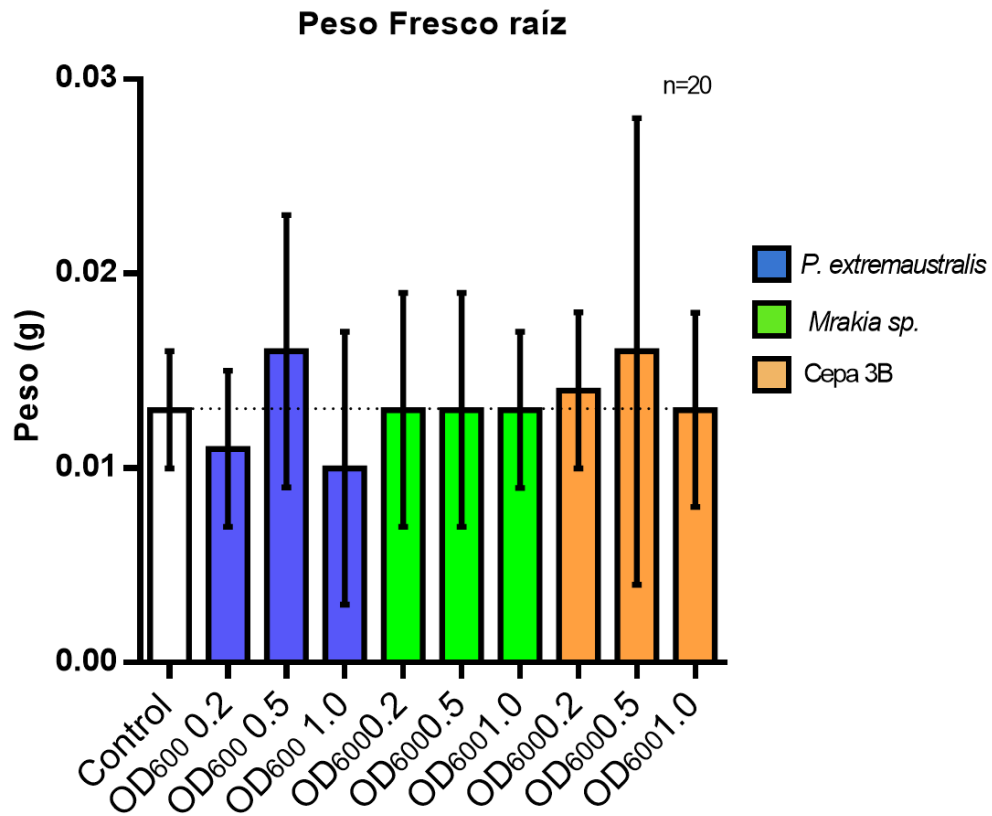


**Figura 9.** Peso fresco de las plántulas tratadas con microorganismos psicrófilos a tres concentraciones. Según Huang *et al.* (2017) utilizar el peso fresco de la plantas para analizar el efecto de la promoción del crecimiento vegetal inducida por microorganismos es una variable poco confiable y defectuosa ya que la cantidad de agua presente en las plantas dependen de numerosos parámetros ambientales y técnicos que incluyen la humedad relativa, la temperatura, las corrientes de aire, la eliminación del exceso de humedad en los tejidos durante la recolección y la preparación de los tejidos para pesarlos además estos autores recomiendan utilizar la medición del peso seco en lugar de la medición del peso fresco para analizar el efecto de la promoción vegetal inducida por microorganismos.

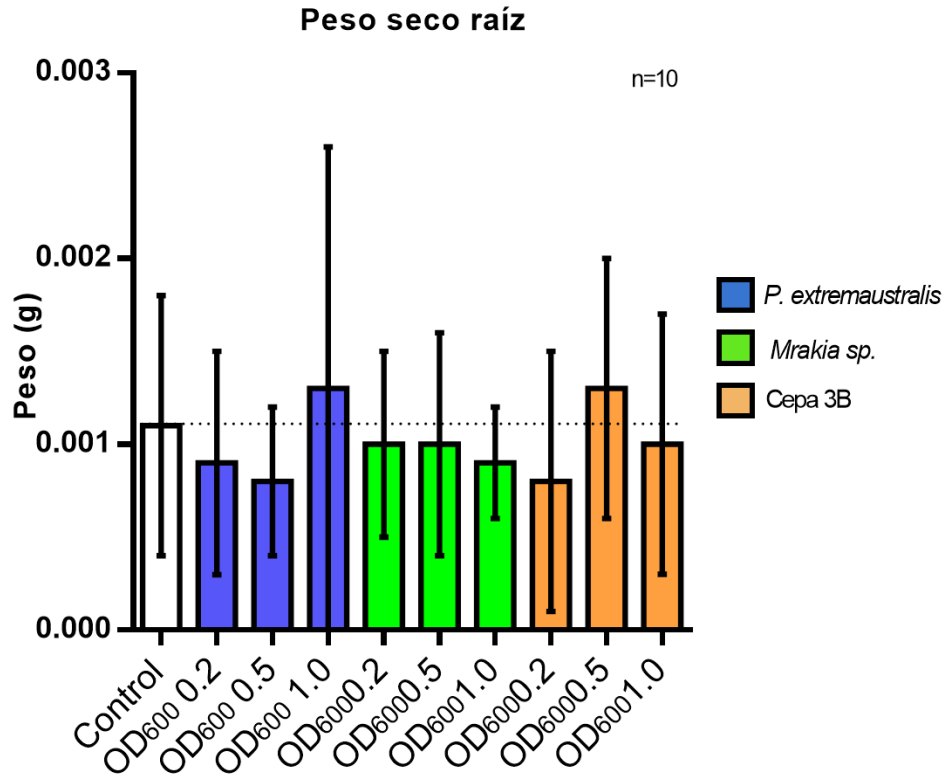
### Peso fresco de raíz.

Se realizó la medición del peso fresco de la raíz obteniendo los siguientes resultados: los tratamientos que presentaron una tendencia del valor de la media por encima del control 0.012 g fueron; *P. extremaustralis* OD<sub>600</sub> 0.5, Cepa 3B OD<sub>600</sub> 0.2 y Cepa 3B OD<sub>600</sub> 1.0 con unos valores de 0.015 g, 0.015 g, 0.012 g de peso fresco de raíz. Para *P. extremaustralis* OD<sub>600</sub> 0.2 y *P. extremaustralis* OD<sub>600</sub> 1.0 con valores de la media 0.013 y 0.012 respectivamente, se mantuvieron por debajo del control y para *Mrakia sp.* OD<sub>600</sub> 0.2, 0.5, 1.0 y Cepa 3B OD<sub>600</sub> 1.0 con valores de la media de 0.012, 0.013, 0.013 y 0.010 g, se observaron valores similares al tratamiento control (Figura 10). Esta variación en el efecto de la promoción del crecimiento entre los pesos fresco podría explicarse por el contenido de agua inconsistente en los tejidos de las plantas entre el control y los tratamientos inoculados con microorganismos psicrófilos. Los resultados concuerdan con la investigación realizada por Bashan y de-

Bashan (2005), quienes utilizaron tres cepas de *Azosp. irillum* y *Pseudomonas fluorescens* 313, para inocular semillas de trigo, tomate, pimiento y algodón para analizar el efecto de estos microorganismos en las variables de peso fresco y seco de la raíz encontrando que en los datos del peso fresco de la raíz podía variar de un 10 a un 18% siendo afectados por; la temperatura del aire, la humedad relativa, corrientes de aire, diferentes intensidades de luz durante la extracción de las plántulas del sustrato, duración de la extracción del suelo y el tipo de papel absorbente utilizado para secar el exceso de agua de las raíces concluyendo que las determinaciones de peso fresco se ven alteradas por factores independientes de las variables experimentales previstas y no deben utilizarse para evaluar el efecto de PGPB en las plantas.



**Figura 10.** Peso fresco de la raíz de las plántulas tratadas con microorganismos psicrófilos a tres concentraciones.



**Figura 11.** Peso seco de la raíz de las plántulas tratadas con microorganismos psicrófilos a tres concentraciones.

### Peso seco de la raíz.

La medición del peso seco de la raíz se realizó en el último día de muestro ya que este es un abordaje destructivo de las plántulas; se cortó la raíz del eje caulinar de la plántula posterior a esto se procedió a empacar las raíces en sobres de papel para dejarlas en el horno de secado durante dos días, pasado los dos días se procedió a pesar las raíces en una balanza analítica obteniendo los siguientes resultados: el control presento una media de 0.0012 g. Los tratamientos que mostraron una tendencia a estar por encima del control fueron: *P. extremaustralis* OD<sub>600</sub> 1.0 con una media de 0.0013 g y Cepa 3B OD<sub>600</sub> 0.5 con una media de 0,0013 g (Figura 11). Los siguientes tratamientos presentaron una tendencia de valores de media por debajo del control así; *P. extremaustralis* OD<sub>600</sub> 0.2 y 0.5 con medias de 0.0009 y 0.0008 g, *Mrakia sp.* OD<sub>600</sub> 0.2, 0.5 y 1.0 con unas medias de 0.0010, 0.0009, y 0.0020 g y para Cepa 3B OD<sub>600</sub> 0.2 y 1.0 con unas medias de 0.0008 y 0.0009 g (Figura 11). Numerosos estudios han demostrado que la determinación del peso seco es una medida precisa de muchos efectos sobre el crecimiento de las plantas inducidos por las cepas PGPR/PGPB (Huang et al., 2017). De similar manera Bashan et al., (2005) reportan que la medición del peso seco de las raíces aporta datos confiables para demostrar la promoción del crecimiento vegetal por microorganismos que habitan la rizosfera. Según Sousa et al., (2016) observaron el incremento de peso seco de la parte aérea y de la raíz en plántulas de plátano aplicando combinaciones triples de PGPB como *B. subtilis* (EB-40), *Bacillus pumilus* (EB-51), *Lysinibacillus sp.*(EB-53), *Paenibacillus sp.*(EB-144) y *Bacillus sp.*(EB-194) las cuales generan mecanismos promotores de crecimiento vegetal.

## Conclusiones

- La presencia de los microorganismos psicrófilos *Mrakia* sp., Cepa 3B y P. *extremaustralis* podrían incrementar el porcentaje de germinación de semillas de tomate a una temperatura promedio de 18.6 °C.
- La Cepa de levadura 3B puede acelerar el proceso de germinación en dosis baja OD<sub>600</sub> 0.2 y media OD<sub>600</sub> 0.5.
- Los microorganismos psicrófilos utilizados parecen no tener un efecto directo para la promoción del crecimiento en plántulas de tomate.
- En general, la aplicación de dosis intermedias de los microorganismos psicrófilos utilizados, parecen ser las más apropiadas para incentivar y acelerar el proceso de germinación.

## Recomendaciones.

- Para determinar la acción de los microorganismos en las plántulas, se hace necesario llevar a más tiempo el experimento, de tal manera que se permita un tiempo prudencial a la planta para su crecimiento y desarrollo.
- Es importante realizar más réplicas don el fin de darle robustez al trabajo, pues con los datos obtenidos no se pudo realizar el análisis estadístico en un principio planteado.
- Sería importante realizar investigaciones donde se involucre la aplicación de materia orgánica, pues los microorganismos psicrófilos podrían participar en la solubilización de nutrientes para la promoción del crecimiento vegetal.



## Bibliografía

- Aeron, A., Dubey, R. C., & Maheshwari, D. K. (2021). *Archives of Microbiology*. 203(6), 3715–3726.
- Agronet. (2017). *Sistema de estadísticas agropecuario* . Obtenido de Producción nacional por producto. Tomate : <https://www.agronet.gov.co/Paginas/ProduccionNacionalProducto.asp.x>
- Baki, A. A., & Anderson, J. (1973). Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. *Crop Sci.* 13, 630-633.
- Bashan, Y., & De-Bashan, L. (2005). Fresh-weight measurements of roots provide inaccurate estimates of the effects of plant growth-promoting bacteria on root growth: a critical examination. *Soil Biology and Biochemistry* (37), 1795-1804.
- Christenhusz, M. J., & Byng, J. W. (2016). The number of known plants species in the world and its annual increase. *Phytotaxa* 261 (3), 201-217.
- Domínguez-Castillo, C., Alatorre-Cruz, J. M., Castañeda-Antonio, D., Munive, J. A., Guo, X., López-Olguín, J. F., . . . Carreño-López, R. (2020). Potential seed germination-enhancing plant growth-promoting rhizobacteria for restoration of *Pinus chiapensis* ecosystems. *Journal of forestry Research*, 11.

- Escobar, H. (2009). Generalidades del cultivo. En H. Escobar, & R. Lee, *Manual de producción del cultivo de tomate bajo invernadero* (págs. 13-15). Bogotá: Fundación Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- Esquinas-Alcázar, J., & Nuez V., F. (1994). Anatomía y fisiología de la planta. En: El Cultivo del Tomate. F. Nuez. *Mundi-Prensa*, 793.
- FAO. (2020). *FAOSTAT*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Datos sobre la alimentación y la Agricultura. Cultivos productos de Gadería. Tomate fresco:  
<https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- González-Zertuche, L., & Orozco-Segovia, A. (1996). Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas. un ejemplo: *Manfreda brachystachya*. *Boletín de la sociedad Botánica de México* 58, 15-30.
- Grageda-Cabrera, O. A.-F., & Pena-Cabriales, J. J.-N. (2012). Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 3, 1261–1274.  
[doi:http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342012000600015&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000600015&nrm=iso)
- Group, O. W., & Oversight, R. (2017). Tomato (*Solanum lycopersicum*). 69-104.
- Huang, P., de-Bashan, L., Crocker, T., Kloepper, J. W., & Bashan, Y. (2017). Evidence that fresh weight measurement is imprecise for reporting the effect

of plant growth-promoting (rhizo)bacteria on growth promotion of crop plants. *Biology and fertility of Soil* (53), 199-208.

Infoagro System S.L. (2018). El cultivo de tomate (parte 1).

Jaramillo, J., Rodríguez, V. P., Guzmán, M., Zapata, M., & Rengifo, T. (2007).

Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Tomate Bajo Condiciones Protegidas. *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Gobernación de Antioquia (MANA), Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -CORPOICA-, Centro de Investigación La Selva.*, 316.

Jaramillo, N. J., Rodríguez, P. V., & Aguilar, A. P. (2012). Capítulo 4 factores climáticos y su influencia en la producción de tomate. En N. J. Jaramillo, P. V. Rodríguez, & A. P. Aguilar, *Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas* (págs. 141–164).

Jaramillo, N. J., Sánchez, L. G., Rodríguez, V. P., Aguilar, A. P., Zapata, C. M., & Guzmán, A. M. (2012). Capítulo 3. Generalidades del cultivo. En N. J. Jaramillo, L. G. Sánchez, V. P. Rodríguez, & A. P. Aguilar, *Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas* (págs. 93-138). Bogotá: Corpoica.

Karthika, S. V., & J., M. S. (2020). Exploring the efficacy of antagonistic rhizobacteria as native biocontrol agents against tomato plant diseases 3. *Biotech*, 10(7).

- Knapp, S., & Peralta, I. E. (2016). The Tomato (*Solanum lycopersicum* L., Solanaceae) and its Botanical Relatives . En M. Causse, J. Giovannoni, M. Bouzayer, & Z. Mohamed, *The Tomato Genome* (págs. 7-21). Sp.ringer .
- Kucera, B., Coh, M. A., & Leubner-Metzger, G. (2005). Plant hormone interactions during seed dormancy release and germination. *Seed Science Research* (15), 281-307.
- Kumar, A., Bahadur, D. M., Raghuwanshi, R., Meena, V., Singh, S., & Dixit, J. (2015). Does a plant growth promoting rhizobacteria enhance agricultural sustainability? *Journal of Pure and Applied Microbiology*. 9, 715–72.
- Limanska, N., Ivanytsia, T., Basiul, O., Krylova, K., Biscola, V., Chobert, J.-M., . . . Thomas. (2013). Effect of *Lactobacillus plantarum* on germination and growth of tomato seedlings. *Acta Physiol Plant* (35), 1587-1595.
- Luna L., M. R. (2013). Caracterización de rizobacterias aisladas de tomate y sus efectos en el crecimiento del Tomate y Pimiento. *Fitotec, Mex*, 36: 63-69.
- Matilla, Á. J. (2013). Capítulo 27. Desarrollo y germinación de las semillas . En J. Azcón-Bieto, & M. Talón, *Fundamentos de fisiología vegetal. Segunda edición* (págs. 537-558). Madrid: McGRAW-HILL.
- Minagricultura. (2020). Cadena de hortalizas. Dirección de Cadena Agrícola y Forestal . *Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural*, 22.
- Molina-Romero, D., Bustillos-Cristales, R., M., Rodríguez, a., O., & Elizabeth, Y. (2015). Mecanismos de fitoestimulación por rizobacterias, aislamientos en

- América y potencial biotecnológico. *Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias* 17(2), 24-34.
- Moreno, R. e. (2018). Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable. *Rev. Colomb. Biotecnol*, 20(1), 68–83.
- Noumavo, P. A., Agbodjato, N. A., Baba-Moussa, F., Adjanohoun, A., & Baba-Moussa, L. (2016). Plant growth promoting rhizobacteria: Beneficial effects for healthy and sustainable agriculture. *African Journal of Biotechnology* 15(27), 1452-1463.
- Orobio-López, A. M., & Rozo, A. J. (2019). Caracterización de Factores Promotores de Crecimiento Vegetal de *Pseudomonas Psicrófilas* y su Efecto en la Promoción de Crecimiento en Tomate (*Solanum Lycopersicum*). *[Trabajo de Grado] Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca*, 73.
- Orús, A. (2022). Volumen de tomates frescos producidos al año en el mundo en 2012 y 2020.
- Pardo, D. S. (2021). Capítulo 2. Bacterias promotoras de crecimiento vegetal: filogenia, microbioma, y perspectiva. En B. R. Bonilla, L. E. Gonzáles de Bashan, & R. O. Pedraza, *Bacterias promotoras de crecimiento vegetal en sistemas de agricultura sostenible* (págs. 46-77). AGROSAVIA.
- Paredes, Z. A. (2009). Manual del cultivo de tomate en invernadero. *Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica)*, 56.

- Pena, T. R., Blasco, L., Ambroa, A., González.Pedrajo, B., Fernández-García, L., López, M., . . . Tomás, M. (2019). Relationship Between Quorum Sensing and Secretion Systems. *Frontiers in microbiology (10)*, 14.
- Peralta, I., Spooner, D., & Knapp, S. (2008). Taxonomy of wild tomatoes and their relatives (Solanum sections Lycopersicoides, Juglandifolia, Lycopersicon; Solanaceae). *Syst Bot Monogr* 84, 1-186.
- Pulido, S., & Escobar, H. (2009). Capítulo 2. Propagación de tomate . En H. Escobar, & R. Lee, *Manual de producción de tomate bajo invernadero* (págs. 17-23). Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Rai, A. K., & Sharma, H. (2022). Cold-Adapted Microorganisms and their Potential Role in Plant Growth. *Survival Strategies in Cold-adapted Microorganisms*, 321–342.
- Sánchez, B. A. (2011). Efecto de la inoculación con bacterias promotoras de crecimiento vegetal sobre el cultivo de (*Solanum lycopersicum* var. sofia) Bajo invernadero. *Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Ciencias Bogota* , 77.
- Savci, S. (2012). An Agricultural Pollutant: Chemical Fertilizer. *International Journal of Environmental Science and Development* 3(1).
- Schoch, C. e. (2020). NCBI Taxonomy: a comprehensive update on curation, resources and tools. Database (Oxford).

- Shrestha, A., Grimm, M., Ojiro, I., Krumwiede, J., & Schikora, A. (2020). Impact of Quorum Sensing Molecules on Plant Growth and Immune System. *Frontiers in Microbiology*, 11.
- Solanaceae Source. (2019). *Solanaceae Source*. Obtenido de a global taxonomic resource for the nightshade family: <https://solanaceaesource.mysp.ecies.info/>
- Souzaa, G. L., & Santosa, M. A. (2016). Triple combinations with PGPB stimulate plant growth in micropropagated banana plantlets. *Applied Soil Ecology (103)*, 31-35.
- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., & Murphy, A. (2015). Chapter 18. Seed dormancy, germination, and seedling establishment. En L. Taiz, E. Zeiger, I. M. Moller, & A. Murphy, *Plant physiology and development. Sixth edition* (págs. 513-552). Massachusetts U.S.A.: Sinauer Associates.
- Tapia-Vázquez, I., Sánchez-Cruz, R., Arroyo-Domínguez, M., Lira-Ruan, V., Sánchez-Reyes, A., del Rayo, S.-C. M.-C., . . . Folch-Mallol, J. L. (2020). Isolation and characterization of psychrophilic and psychrotolerant plant-growth promoting microorganisms from a high-altitude volcano crater in Mexico. *Microbiological Research*, 232.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.micres.2019.126394>
- Villareal-Delgado, M. F. ( 95–130). The genus *Bacillus* as a biological control agent and its implications in the agricultural biosecurity . *Rev. Mex. Fitopatol*, 36(1).

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414  
[www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co) E-mail: [info@ucundinamarca.edu.co](mailto:info@ucundinamarca.edu.co)  
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad  
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*



Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414  
[www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co) E-mail: [info@ucundinamarca.edu.co](mailto:info@ucundinamarca.edu.co)  
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad  
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414  
[www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co) E-mail: [info@ucundinamarca.edu.co](mailto:info@ucundinamarca.edu.co)  
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad  
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414  
[www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co) E-mail: [info@ucundinamarca.edu.co](mailto:info@ucundinamarca.edu.co)  
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad  
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*