

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

21.1

FECHA	martes, 25 de julio de 2023
--------------	-----------------------------

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
 BIBLIOTECA
 Ciudad

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

El Autor(Es):

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS	No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN
MENESES YARA	ANGELA MARÍA	1004248230

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

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS
ROJAS GARCIA	PILAR
PRADA CASTRO	YORLEY MILENA
ESPINOZA MARTINEZ	JUAN ANDRES

TÍTULO DEL DOCUMENTO

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: 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*

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

Explorando el papel de los microorganismos en mitigación del estrés causado por el uso excesivo de fertilizantes químicos en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) mediante una recopilación bibliográfica.

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 EDICION DEL DOCUMENTO	NÚMERO DE PÁGINAS
10/07/2023	25

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


ESPAÑOL	INGLÉS
1. Adaptación	Adaptation
2. bioestimulante	Bio-stimulant
3. crecimiento	Growth
4. estrés abiótico	Abiotic stress
5. fitoreguladores	Phytohormones
6. salinidad	Salinity

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

1. Jiménez, H. Generalidades del cultivo del café. Diplomado, en producción sostenible y empresarial de café. [Internet] 2018 [consultado 2021 abril 12]. Universidad ISA. Disponible en: <https://procagiacard.com/download/45/modulo-1-contexto-del-cultivo-de-cafe-en-la-republica-dominicana-y-el-mundo-produccion-de-plantas-y-manejo-deplantaciones/1104/1-1-aspectos-generales.pdf>


	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 3 de 14

2. Arcila, J. Farfán, F. Moreno, A. Salazar, L. Sistemas de producción de café en Colombia, 2007 Blanecolor Ltda, cenicafé, Colombia, p 309. Disponible en: <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/720/1/Sistemas%20producci%C3%B3n%20caf%C3%A9%20Colombia.pdf>.
3. Cálculos a partir de FNC (1970) Censo Nacional Cafetero y FNC (2021) Sistema de Información Cafetera - SICA.
4. Herrera, J. C., & Cortina, H. A. (2013). Taxonomía y clasificación del café. En Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura (Vol. 1, pp. 117–121). Cenicafé; 7. https://doi.org/10.38141/cenbook-0026_07
5. Pérez, J. 2013. Economía cafetera y desarrollo económico en Colombia, Economía cafetera, Bogotá Colombia, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, p. 25-30. ISBN: 978-958-725-125-8.
6. González-Osorio, H., & Lince-Salazar, L. A. (2013). Suelos de la zona cafetera. En Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura (Vol. 1, pp. 239–268). Cenicafé. https://doi.org/10.38141/cenbook0026_11
7. FNC. Cálculos propios con base en información de la FNC (base 2022). [Publicado en 2021] Disponible en: <https://federaciondecafeteros.org/wp/listado-noticias/produccion-anual-de-cafe-de-colombia-cierra-2022-en-111-millones-de-sacos/>
8. Turbay, B. Nates, F. Jaramillo, J. Vélez y L. Ocampo (2014). Adaptación a la variabilidad climática entre los caficultores de las cuencas de los ríos Porce y Chinchiná, Colombia. Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía, 2014(85), 95- 112. <https://doi.org/10.14350/ rig.42298>
9. Park, H. Kazerooni, E. Kang, S. Sandi, A. Lee, J. Melatonin Enhances the Tolerance and Recovery Mechanisms in Brassica juncea (L.) Czern. Under Saline Conditions. 2021 Doctoral thesis. School of Applied Biosciences, Kyungpook National University, Daegu, South Korea. Vol 12, Article number 593717. DOI: 10.3389/fpls.2021.593717
10. Sadeghian, k., S. Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia: Guía práctica. [Internet] 2013 [consultado 2021 mayo 10] ISSN 0120-047-X. CENICAFE. Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura. Centro de Investigaciones del Café. Chinchiná. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10778/587>
11. Salamanca, J., A.; Sadeghian K., S. Almácigos de café con distintas proporciones de lombrinaza en suelos con diferente contenido de materia orgánica. 2008. ISSN 0120-0275. Cenicafé. Vol. 59 (2). p. 91-102. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10778/217>


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

12. Li, H., Zhao, H. M., Purchase, D., & Chen, X. W. (2022). Editorial: Microbial communities and functions contribute to plant performance under various stresses. *Frontiers in microbiology*, 13, 992909. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.992909>
13. Bartels, D., Ramanjula, S. Drought and salt tolerance in plants. *Critical reviews in the plants sciences*, [Internet] 2007 [consultado 2021 Abril 10]. Volumen 24, p 23-27. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/07352680590910110>.
14. Rodríguez, D.G. (2003). El papel de los microorganismos en la biodegradación de compuestos tóxicos. DOI:10.7818/RE.2014.12-2.00
15. Berg G., Cernava T. (2022). La firma del microbiota vegetal del Antropoceno como un desafío para la investigación del microbioma. *Microbioma* 10, 54. doi: 10.1186/s40168-021-01224-5
16. Martin F. M., Uroz S., Barker D. G. (2017). Ancestral alliances: plant mutualistic symbioses with fungi and bacteria. *Science* 356, DOI: [10.1126/science.aad4501](https://doi.org/10.1126/science.aad4501)
17. Caballero, R. L. A. Insectos escama (Hemiptera: Coccoidea) en la rizósfera de cafetales de Norte de Santander y Valle del Cauca. 2015. Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. Tesis Ingeniero Agrónomo
18. Sevilla, F. (2015). The tirodoxin/ peroxiredoxin/ sulfiredoxin system: Current overview in its redox fuction in plantas and regulation by reactive oxygen and nitrogen species. *Journal of Experimental Botany*. <https://doi.org/10.1093/jxb/erv146>
19. GUERRERO, R.R. 2001. Propiedades generales de los fertilizantes químicos. En: Silva, F. Ed. *Fertilidad de Suelos Diagnóstico y Control*. Segunda Edición, p.221- 245.
20. Haile, M. Transcriptome profiling of the coffee (*C. arabica* L.) seedlings under salt stress condition (2018). ISSN 1229-2818. *Revista J Plant Biotechnol*. Universidad Nacional, Chuncheon 24341. Vol 45. P. 45-54.
21. Mogy M.M., Garchery C., Stevens R (2018). Irrigation with Salt Water Affects Growth, Yield, Fruit Quality, Storability and Marker-Gene Expression in Cherry Tomato. *Acta Agric. Scand. Sect. B Soil Plant Sci*; 68:727–737. doi: 10.1080/09064710.2018.1473482.
22. Machado R.M.A., Serralheiro R.P. Soil Salinity: Effect on Vegetable Crop Growth. *Management Practices to Prevent and Mitigate Soil Salinization*. *Horticulturae*, 3:30. doi: 10.3390/horticulturae3020030.
23. Ismail, A., Takeda, S., & Nick, P. (2014). Life and death under salt stress: same players, different timing?. *Journal of experimental botany*, 65(12), 2963–2979. <https://doi.org/10.1093/jxb/eru159>
24. Eynard, A., Lal, R., & Wiebe, K. (2005). Crop response in salt-affected soils. *Journal of sustainable agriculture*, 27(1), 5-50.


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

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 5 de 14

25. Flores, T. J., y Colmer, T. D. (2008). Tolerancia a la salinidad en halófitas. *El Nuevo Fitólogo*, 179(4), 945–963. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02531.x>
26. Gul, Z., Tang, Z. H., Arif, M. y Ye, Z. (2022). Una visión del estrés abiótico y los mecanismos de tolerancia a la afluencia en las plantas para hacer frente a los ambientes salinos. *Biología*, 11(4), 597. <https://doi.org/10.3390/biology11040597>
27. Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual review of plant biology*, 59, 651–681. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>
28. Zhang, J, Fu-Ping, Z., Jin-Hua, Y., Jin-Ping, W., Ming-Li, C., Li, C. F., & Cao, C. G. (2011). Emissions of N₂O and NH₃, and nitrogen leaching from direct seeded rice under different tillage practices in central China. *Agriculture, ecosystems & environment*, 140(1-2), 164-173. DOI: 10.1016/j.agee.2010.11.023
29. Gu, Y. Wang, J. Cai, W. Guoliang, L (2021). Different Amounts of Nitrogen Fertilizer Applications Alter the Bacterial Diversity and Community Structure in the Rhizosphere Soil of Sugarcane. *Front. Microbiol*, DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.721441>
30. Chen, S., Waghmode, T. R., Sun, R., Kuramae, E. E., Hu, C., & Liu, B. (2019). Root-associated microbiomes of wheat under the combined effect of plant development and nitrogen fertilization. *Microbiome*, 7(1), 136. <https://doi.org/10.1186/s40168-019-0750-2>
31. Duan, C. Yuxia, Y. Qiang, W. Yuhan, L. Qi, H (2022). Rhizobium Inoculation Enhances the Resistance of Alfalfa and Microbial Characteristics in Copper-Contaminated Soil, *Frontiers in Microbiology*. Vol, 12, DOI:10.3389/fmicb.2021.781831
32. Osorio, H. G., Sadeghian k., S. Respuesta del café (coffea arabica l.) a fuentes y dosis de nitrógeno en la etapa de almacigo (2014) ISSN: 0120-0275. *Cenicafé* Vol. 65. p. 34-43. 2014. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10778/542>
33. Antonio, P. Cícero, S. Erico, T (2015). Crecimiento de cultivares de cafeeiro conilon submetidas ao estresse salino-hídrico. ISSN 0100-316X. *Revista Caatinga*. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Disponible en: <http://periodicos.ufersa.edu.br/revistas/index.php/sistema>
34. [Datos tomados por International fertilizer development center. 1979. Fertilizer Manual. Muscle shoals, Alabama, IFDC. 353 p](#)
35. Bockheim J.G., Gennadiyev A.N (2000). The Role of Soil-Forming Processes in the Definition of Taxa in Soil Taxonomy and the World Soil Reference Base. *Geoderma*. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(99\)00083-X](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(99)00083-X)


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

36. Shrivastava, P., & Kumar, R. (2015). Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi journal of biological sciences*, 22(2), 123–131. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2014.12.001>
37. Rogel, J.A., Ariza, F.A. & Silla, R.O (2001). Soil salinity and moisture gradients and plant zonation in Mediterranean salt marshes of Southeast Spain. *Wetlands* 20, 357–372. [https://doi.org/10.1672/0277-5212\(2000\)020\[0357:SSAMGA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1672/0277-5212(2000)020[0357:SSAMGA]2.0.CO;2)
38. Hanin, M., Ebel, C., Ngom, M., Laplaze, L., & Masmoudi, K. (2016). New Insights on Plant Salt Tolerance Mechanisms and Their Potential Use for Breeding. *Frontiers in plant science*, 7, 1787. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01787> (Hanin., et al, 2016)
39. Ondrasek, G., & Rengel, Z. (2021). Environmental salinization processes: Detection, implications & solutions. *The Science of the total environment*, 754, 142432. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142432>
40. Zhao, S., Zhang, Q., Liu, M., Zhou, H., Ma, C. y Wang, P. (2021). Regulación de las respuestas de las plantas al estrés salino. *Revista internacional de ciencias moleculares*, 22(9), 4609. <https://doi.org/10.3390/ijms22094609>
41. Khan, N., Bano, A., & Babar, M. D. A. (2019). The stimulatory effects of plant growth promoting rhizobacteria and plant growth regulators on wheat physiology grown in sandy soil. *Archives of microbiology*, 201(6), 769–785. <https://doi.org/10.1007/s00203-019-01644-w>
42. Farsi, S. M., Nawaz, A., Nadaf, S. K., Al-Sadi, A. M., Siddique, K. H., & Farooq, M. (2020). Effects, tolerance mechanisms and management of salt stress in lucerne (*Medicago sativa*). *Crop and pasture science*, 71(5), 411-428. doi: 10.1071/CP20033
43. Lima, R. Santos, T. Esteves, L. Ferrarese, M. Torres, M. Oliveira, L. Salt stress alters the cell wall polysaccharides and anatomy of coffee (*Coffea arabica* L.) leaf cells. [Internet] 2014 [consultado 2021 abril 25]. *Carbohydrate Polymers*. ISSN 0144-8617. Vol 112, p. 686-694. Disponible en: <https://doi.org.ucundinamarca.basesdedatosezproxy.com/10.1016/j.carbpol.2014.06.042>.
44. Caballero, R. L. A. Insectos escama (Hemiptera: Coccoidea) en la rizósfera de cafetales de Norte de Santander y Valle del Cauca. 2015. Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. Tesis Ingeniero Agrónomo.
45. Dawood MG. Alleviation of salinity stress on Vicia faba L. plants via seed priming with melatonin. *Acta biol. Colomb.* [Internet]. 1 de mayo de 2015 [citado 5 de junio de 2021];20(2). Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/43291>.
46. Sanchez, D. Parra, J (2019). Fumonisin – Síntesis y función en la interacción *Fusarium verticillioides*-maíz. Mexico, ciencias químicas. DOI: 10.1016/S1405-888X (14)70321-3

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 7 de 14


47. Peña, J.A. (1994). Los biofertilizantes en la agricultura.
48. Quiroga, M.F., Agüero, D., Zapata, R.R., Busilacchi, H., & Bueno, M.S. (2016). ACTIVADORES DE CRECIMIENTO Y BIOFERTILIZANTES COMO ALTERNATIVA AL USO DE FERTILIZANTES QUÍMICOS EN CULTIVO DE CHÍA (*Salvia hispanica* L.).
49. Unday, Z.G., Henderson, D.H., Hurtado, A.C., & Hernández, J.J. (2018). USO DE EFLUENTE DE PLANTA DE BIOGÁS Y MICROORGANISMOS EFICIENTES COMO BIOFERTILIZANTES EN PLANTAS DE CEBOLLA (*Allium cepa* L., cv. 'Caribe-71').
50. Lopes, M.J., Santiago, B.S., Silva, I.F., & Gurgel, E.S. (2021). Biotecnología microbiana: inoculação, mecanismos de ação e benefícios às plantas. *Research, Society and Development*. DOI:10.33448/rsd-v10i12.20585
51. Rodríguez, D.G. (2003). El papel de los microorganismos en la biodegradación de compuestos tóxicos. DOI:10.7818/RE.2014.12-2.00
52. Ibrahim, M. S., & Ikhajagbe, B. (2021). The growth response of rice (*Oryza sativa* L. var. FARO 44) in vitro after inoculation with bacterial isolates from a typical ferruginous ultisol. *Bulletin of the National Research Centre*, 45, 1-20.
53. Herren, G. L., Habraken, J., Waeyenberge, L., Haegeman, A., Viaene, N., Cougnon, M., Reheul, D., Steel, H., & Bert, W. (2020). Effects of synthetic fertilizer and farm compost on soil nematode community in long-term crop rotation plots: A morphological and metabarcoding approach. *PloS one*, 15(3), e0230153. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230153>
54. Posso, S., & José, E. (2019). Evaluación de la producción de ácidos orgánicos en Microorganismos rizosféricos y sus efectos en la solubilización de fosfatos.
55. Rezende, C.C., Silva, M.A., Frasca, L.L., Faria, D.R., Filippi, M.C., Lanna, A.C., & Nascente, A.S. (2021). Microorganismos multifuncionais: utilização na agricultura. *Research, Society and Development*, 10. DOI:10.33448/RSD-V10I2.12725
56. Gutjahr, C., & Parniske, M. (2013). Cell and developmental biology of arbuscular mycorrhiza symbiosis. *Annual review of cell and developmental biology*, 29, 593–617. <https://doi.org/10.1146/annurev-cellbio-101512-122413>
57. Miransari M. (2010). Contribution of arbuscular mycorrhizal symbiosis to plant growth under different types of soil stress. *Plant biology (Stuttgart, Germany)*, 12(4), 563–569. <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.2009.00308.x>
58. Kumar, V. Satyanarayana, K. V., Sarala Itty, S., Indu, E. P., Giridhar, P., Chandrashekar, A., Ravishankar, G. A. Stable transformation and direct regeneration in *Coffea canephora* P ex. Fr. by

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


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

Agrobacterium rhizogenes mediated transformation without hairy-root phenotype. [Internet] 2006 [consultado 2021 abril 08]. Plant cell reports, Vol 25 (3), p. 214–222. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00299-005-0045-x>.

59. Bécquer, C., Salas, B. Slaski., J.; Archambault., D. y Anya, A. (2013). Influencia de bacterias rizosféricas en la germinación y crecimiento inicial de *Sporobolus cryptandrus* (Torr.) A. Gray. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 47 (4). p 431-436. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193029815018.pdf>
60. Marquina, M & Castro, Y. (2018). Efecto de bacterias rizosféricas en la germinación y crecimiento del pimentón *Capsicum annum* L. var. Cacique Gigante. *Bioagro*, 30(1), 3-16. Recuperado en 19 de mayo de 2023, de http://homolog-ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612018000100001&lng=es&tlng=es.
61. Shrivastava P., Kumar R. Salinidad del suelo: un problema ambiental grave y bacterias promotoras del crecimiento de las plantas como una de las herramientas para su alivio. Saudi J. Biol. Sci. 2015; 22:123–131. doi: 10.1016/j.sjbs.2014.12.001
62. Lumba, S. y Cutler, S. (2010). Plant nuclear hormone receptors: a role for small molecules in protein-protein interactions. Annual Review of Cell and Developmental Biology. 26 p. 445-469. <https://sci-hub.se/10.1146/annurev-cellbio-100109-103956>
63. Alejandro, G. Marta, M. Andrés, A. Responses of Arabica coffee (*Coffea arabica* L. var. Catuai) cell suspensions to chemically induced mutagenesis and salinity stress under in vitro culture conditions. In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant. [Internet] 2018 [consultado 2021 mayo 24]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11627-018-9918-x>
64. Li, H., Zhao, H. M., Purchase, D., & Chen, X. W. (2022). Editorial: Microbial communities and functions contribute to plant performance under various stresses. *Frontiers in microbiology*, 13, 992909. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.992909>
65. Mehmood, H., Abbasi, G. H., Jamil, M., Malik, Z., Ali, M., & Iqbal, R. (2021). Assessing the potential of exogenous caffeic acid application in boosting wheat (*Triticum aestivum* L.) crop productivity under salt stress. PloS one, 16(11), e0259222. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0259222>
66. Campos, C. Avilab, R. Dazio, K. R., Azevedob L. M., Alves, J. D. Melatonin reduces oxidative stress and promotes drought tolerance in young *Coffea arabica* L. plants. [Internet] 2018 [consultado 2021 abril 20]. Gestión del agua agrícola Volumen 211 p. 37-47. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.09.025>.
67. Quiñones, E., Hernández, L., López, L. y Rincón, G. (2018). Efectividad de hongos micorrizicos arbusculares nativos de rizósfera de *Agave* como promotores de crecimiento de papaya. Revista Terra Latinoamericana. 37. p. 163-174. 2395-8030-tl-37-02-163.pdf (scielo.org.mx) (Quiñones, 2018) (10)

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

68. Desgarenes, D. Carrión, G (2021). *LAS BACTERIAS QUE AYUDAN A LAS PLANTAS A CRECER*, INECOL <https://elportal.mx/princ/las-bacterias-que-ayudan-a-las-plantas-a-crecer/>.
69. Camelo, M., Vera, S. y Bonilla, R. 2011. Mecanismos de acción de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria* (2011) 12(2), 159-166. <http://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/227/233>
70. Puga, R. y Blouin, M. (2015). A review of the effects of soil organisms on plant hormone signalling pathways. *Revista Elsevier*. 114. p. 104-116. A review of the effects of soil organisms on plant hormone signalling pathways – ScienceDirect
71. Filippou, P., Tanou, G., Molassiotis, A., & Fotopoulos, V. (2013). Plant acclimation to environmental stress using priming agents. *Plant acclimation to environmental stress*, 1-27.
72. Leuendorf, J. E., Frank, M., & Schmölling, T. (2020). Acclimation, priming and memory in the response of *Arabidopsis thaliana* seedlings to cold stress. *Scientific reports*, 10(1), 689. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56797-x>
73. Rowland D.L., Faircloth W.H., Payton P., Tissue D.T., Ferrell J.A., Sorensen R.B., Butts C.L (2012). Primed acclimation of cultivated peanut (*Arachis hypogaea* L.) through the use of deficit irrigation timed to crop developmental periods. *Agric. Water Manag.*; 113:85–95. doi: 10.1016/j.agwat.2012.06.023.
74. Wiszniewska, A., Muszyńska, E., Hanus-Fajerska, E., Dziurka, K., & Dziurka, M. (2018). Evaluation of the protective role of exogenous growth regulators against Ni toxicity in woody shrub *Daphne jasminea*. *Planta*, 248(6), 1365–1381. <https://doi.org/10.1007/s00425-018-2979-6>
75. Calabrese E.J., Blain R.B. Hormesis and plant biology. *Environ. Pollut.* 2009; 157:42–48. doi: 10.1016/j.envpol.2008.07.028.
76. Sivritepe N., Sivritepe H., Eris A. The effects of NaCl priming on salt tolerance in melon seedlings grown under saline conditions (2013). *Sci. Hort.* 97:229–237. doi: 10.1016/S0304-4238(02)00198-X.
77. Hernández, A. E., Aucique-Perez, C. E., Čavar Zeljković, S., Štefelová, N., Salcedo Sarmiento, S., Spíchal, L. y De Diego, N. (2022). Preparación con bioestimulantes basados en moléculas pequeñas para mejorar la tolerancia al estrés abiótico en *Arabidopsis thaliana*. *Plantas* (Basilea, Suiza), 11(10), 1287. <https://doi.org/10.3390/plants11101287>
78. Sanmartín N, Pastor V, Pastor J, Flors V, Pozo M (2020). Role and mechanisms of callose priming in mycorrhiza-induced resistance. *J Exp Bot.* 9;71(9):2769-2781. doi: 10.1093/jxb/eraa030

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

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

RESUMEN

Esta revisión se basa en el impacto del estrés abiótico, especialmente el estrés salino provocado por la excesiva fertilización química, que afecta negativamente el crecimiento y desarrollo de las plantas. La acumulación de sal en el suelo causa efectos adversos, como el aumento de la presión osmótica intracelular, lo que resulta en una disminución en la capacidad de las plantas para absorber agua y nutrientes, así como en una acumulación perjudicial de sodio. Esto provoca daños en las hojas fotosintéticas jóvenes y acelera su proceso de senescencia. En esta revisión, se resumen los avances recientes en la regulación del estrés salino en suelos agrícolas debido al destacado papel que cumplen los microorganismos benéficos en su mitigación. Así como, la potenciación de las defensas naturales mediante la acción de microorganismos, fitohormonas y biofertilizantes puede lograrse a través de tratamientos externos, lo que conduce a una mayor capacidad de supervivencia y desarrollo en condiciones de estrés. Así mismo, los bioestimulantes han adquirido una importancia crucial en los esfuerzos por mitigar los efectos negativos del estrés abiótico en los cultivos. Se discuten diversas alternativas para abordar este problema, como la implementación de bacterias fijadoras de nitrógeno y hongos micorrízicos arbusculares, así como la eficacia de las poliaminas como bioestimulante en la mitigación de los efectos adversos del estrés abiótico. Además, se examina el proceso de priming o "estado de alerta" en las plantas, que les confiere una mayor capacidad de supervivencia y desarrollo en condiciones estresantes. En conjunto, estos hallazgos proporcionan información valiosa para desarrollar alternativas sostenibles que mejoren la productividad y, a largo plazo, promuevan prácticas agro-sostenibles en el cultivo de café.

ABSTRACT

This review focuses on the impact of abiotic stress, particularly salt stress caused by excessive chemical fertilization, which negatively affects plant growth and development. The accumulation of salt in the soil leads to adverse effects, such as increased intracellular osmotic pressure, resulting in a decreased ability of plants to absorb water and nutrients, as well as a harmful buildup of sodium. This causes damage to young photosynthetic leaves and accelerates their senescence process. In this review, recent advances in the regulation of salt stress in agricultural soils are summarized. The key role played by beneficial microorganisms in mitigating salt stress is highlighted. Additionally, the enhancement of natural defenses through the action of microorganisms, phytohormones, and biofertilizers is discussed can be achieved through external treatments, leading to increased survival and development capacity under stress conditions. Likewise, biostimulants have gained crucial importance in efforts to mitigate the negative effects of abiotic stress on crops. Various alternatives to address this

 UDECA UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 11 de 14

issue are discussed, such as the implementation of nitrogen-fixing bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi, as well as the effectiveness of polyamines as biostimulants in mitigating the adverse effects of abiotic stress. Additionally, the priming process or "alert state" in plants is examined, which provides them with a greater capacity for survival and development under stressful conditions. Together, these findings provide valuable information for developing sustainable alternatives that improve productivity and, in the long term, promote agro-sustainable practices in coffee cultivation.


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":

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
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	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	X	

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

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 12 de 14

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.

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.

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.


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, “*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*”, 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.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:

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_.

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

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.
- 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.

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

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).

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. Nombre completo del proyecto.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1. Microorganismos en el efecto del estrés salino en el cultivo de café.pdf	Texto

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

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA (autógrafa)
MENESES YARA ANGELA MARÍA	

21.1-51-20.

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: 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*

1 **TITULO** Explorando el papel de los microorganismos en mitigación del estrés causado por el uso
2 excesivo de fertilizantes químicos en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.). Una Revisión

3 **TITLE** Exploring the role of microorganisms in mitigating stress caused by excessive use of chemical
4 fertilizers in coffee (*Coffea arabica* L.). A review.

5 **Autor:** Angela María Meneses Yara
6 Orcid: 0009-0001-7858-315X
7 Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá- Cundinamarca
8 E-mail: ammeneses@ucundinamarca.edu.co
9 Pilar rojas Gracia
10 Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2960-4129>
11 Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá- Cundinamarca
12 E-mail: projasg@ucundinamarca.edu.co

13 14 **RESUMEN**

15 Esta revisión se basa en el impacto del estrés abiótico, especialmente el estrés salino provocado por
16 la excesiva fertilización química, que afecta negativamente el crecimiento y desarrollo de las plantas.
17 La acumulación de sal en el suelo causa efectos adversos, como el aumento de la presión osmótica
18 intracelular, lo que resulta en una disminución en la capacidad de las plantas para absorber agua y
19 nutrientes, así como en una acumulación perjudicial de sodio. Esto provoca daños en las hojas
20 fotosintéticas jóvenes y acelera su proceso de senescencia. En esta revisión, se resumen los avances
21 recientes en la regulación del estrés salino en suelos agrícolas y se destaca el papel de los
22 microorganismos benéficos en la mitigación. La potenciación de las defensas naturales mediante la
23 acción de microorganismos, fitohormonas y biofertilizantes puede lograrse a través de tratamientos
24 externos, lo que conduce a una mayor capacidad de supervivencia y desarrollo en condiciones de
25 estrés. Así mismo, los bioestimulantes han adquirido una importancia crucial en los esfuerzos por
26 mitigar los efectos negativos del estrés abiótico en los cultivos. Se discuten diversas alternativas para
27 abordar este problema, como la implementación de bacterias fijadoras de nitrógeno y hongos
28 micorrízicos arbusculares, así como la eficacia de las poliaminas como bioestimulantes en la
29 mitigación de los efectos adversos del estrés abiótico. Además, se examina el proceso de priming o
30 "estado de alerta" en las plantas, que les confiere una mayor capacidad de supervivencia y desarrollo
31 en condiciones estresantes. En conjunto, estos hallazgos proporcionan información valiosa para
32 desarrollar alternativas sostenibles que mejoren la productividad y, a largo plazo, promuevan prácticas
33 agro-sostenibles en el cultivo de café.

34 **Palabras Clave:** Adaptación, bioestimulante, crecimiento, estrés abiótico, fitorreguladores, salinidad

35 **ABSTRACT**

36 This review focuses on the impact of abiotic stress, particularly salt stress caused by excessive
37 chemical fertilization, which negatively affects plant growth and development. The accumulation of salt
38 in the soil leads to adverse effects, such as increased intracellular osmotic pressure, resulting in a
39 decreased ability of plants to absorb water and nutrients, as well as a harmful buildup of sodium. This
40 causes damage to young photosynthetic leaves and accelerates their senescence process. In this
41 review, recent advances in the regulation of salt stress in agricultural soils are summarized, and the
42 role of beneficial microorganisms in mitigating salt stress is highlighted. The enhancement of natural
43 defenses through the action of microorganisms, phytohormones, and biofertilizers can be achieved
44 through external treatments, leading to increased survival and development capacity under stress
45 conditions. Likewise, biostimulants have gained crucial importance in efforts to mitigate the negative
46 effects of abiotic stress on crops. Various alternatives to address this issue are discussed, such as the
47 implementation of nitrogen-fixing bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi, as well as the
48 effectiveness of polyamines as biostimulants in mitigating the adverse effects of abiotic stress.
49 Additionally, the priming process or "alert state" in plants is examined, which provides them with a
50 greater capacity for survival and development under stressful conditions. Together, these findings
51 provide valuable information for developing sustainable alternatives that improve productivity and, in
52 the long term, promote agro-sustainable practices in coffee cultivation.

53

54 **Keywords:** Bio-stimulant, Growth, Abiotic stress, Phytohormones, Salinity

55

56 **INTRODUCCIÓN**

57

58 El café (*Coffea arabica* L) es oriundo de las tierras altas de Etiopía, ubicada a elevaciones que oscilan
59 entre los 1,350 y los 2,000 msnm. Es posiblemente nativo de otras partes de África y Arabia (1). De
60 las diversas variedades de cafeto, sólo tres son de importancia comercial, de las cuales dos son
61 ampliamente utilizadas: *Coffea arabica*, es la que más se cultiva y tiene mayor demanda, crece en
62 tierras altas a 1000 y 2000 msnm (2), *C. robusta* es una variedad más resistente que se cultiva a
63 menor altura y menores precipitaciones y de menor demanda la variedad *C. liberica*, la cual también
64 es resistente y se cultiva en tierras bajas (3).

65 Colombia es el tercer productor mundial de café, después de Brasil y Vietnam y el primer productor de
66 café arábigo suave lavado en el mundo (4). El nivel de producción colombiano compromete a 590
67 municipios y los departamentos andinos del país (5). El área disponible para el cultivo del café es de
68 cerca de 3,6 millones de hectáreas y se cultiva en 842,40 mil hectáreas a nivel nacional (5). De los
69 cuales son principales departamentos productores del café en Colombia : Huila, Tolima, Antioquia y
70 Cauca, debido a la cordillera de los andes al brindar a los suelos cafeteros cenizas volcánicas óptimas
71 para un buen desarrollo de la planta de café (6). Colombia tuvo una producción para el año 2022 de
72 11,1 millones de sacos de 60 kg de café verde. Alrededor del 97% de café producido a finales del 2021

73 y el año del 2022 se destinó a la exportación, el cual pertenece a 13,1 millones de sacos de 60kg, lo
74 cual genera ingresos por divisas equivalentes a US \$3.488 millones, y lo posiciona como segundo país
75 exportador de café en términos de valor, después de Brasil (7).

76 La actividad cafetera se ve afectada por distintos factores abióticos como lo son la sequía, la salinidad
77 por el exceso de fertilizantes, afectando la producción, la presencia y distribución de plagas y
78 enfermedades (8), así como el incremento en la dinámica poblacional y competencia interespecífica
79 de arvenses agresivas y a su vez la disminución de la interacción de microfauna benéfica del suelo.
80 Según el autor Park (9) existen cambios fenotípicos en la planta cuándo está sometida a estrés salino,
81 el cual rompe la homeostasis del potencial hídrico y la distribución de iones, afectando directamente
82 las variaciones en la concentración y en la relación de las hormonas endógenas estimuladoras e
83 inhibitoras del crecimiento de las plantas (10). Así mismo, el estrés salino puede generar problemas
84 en el cultivo de café como desbalances nutricionales; en casos severos se produce toxicidad e incluso
85 la muerte de la planta (11). Consecuentemente, provoca cambios complejos en la fisiología y el
86 metabolismo de las plantas, que tratan de hacer frente a los estreses asociados como: estrés iónico,
87 osmótico y oxidativo (12).

88 Por esta razón el uso de los microorganismos en la agricultura se ha establecido como una alternativa
89 sostenible y eficaz para mejorar tanto la productividad, así como la calidad de los cultivos. Esta práctica
90 contribuye a reducir la dependencia de fertilizantes químicos y pesticidas, lo que resulta en beneficios
91 tanto para el medio ambiente como para la salud del suelo (13). Algunos microorganismos tienen la
92 capacidad de modular la señalización celular mediante la producción de fitorreguladores o sus
93 precursores (11), lo que favorece el crecimiento, desarrollo y adaptación de las plantas en condiciones
94 ambientales adversas y estrés relacionado con la contaminación química (14). Estos factores tienen
95 un impacto significativo en las interacciones planta-microbio (15). Además, los simbioses de las
96 plantas, como los hongos micorrícicos y los rizobios, desempeñan un papel crucial en la adquisición
97 de nutrientes, como la solubilización de fósforo en el suelo y la mejora del crecimiento de las plantas
98 (16). En conjunto, el uso de microorganismos en la agricultura representa una estrategia prometedora
99 para promover la sustentabilidad y la eficiencia en la producción de alimentos (17) (18).

100 En este sentido, este trabajo pretende realizar una búsqueda bibliográfica para investigar y evaluar el
101 impacto de la aplicación de microorganismos benéficos en la mitigación del estrés ocasionado por el
102 uso excesivo de fertilizantes de síntesis química en el cultivo de café, con el fin de desarrollar
103 alternativas sostenibles que mejoren la productividad y a largo plazo desarrollar producciones agro-
104 sostenibles del cultivo de café.

105 **MATERIALES Y MÉTODOS**

106

107 La metodología usada en esta investigación es de tipo revisión descriptiva y mayormente sistemática,
108 de carácter explicativo y analítico. El trabajo se basa en su mayoría en una búsqueda de 78 artículos

109 científicos de revistas indexadas para contextualizar los estudios realizados sobre el efecto del papel
110 de los microorganismos en la mitigación y adaptación al estrés abiótico en plantas.

111

112 El desarrollo del artículo comprendió tres etapas. La primera se orientó a una búsqueda de artículos
113 indexados en inglés y español de los últimos diez años en bases de datos como Google Académico,
114 Scopus, ScienceDirect, Pubmed, Springer, Koreascience y NCBI (*National Center for Biotechnology
115 Information*). Así mismo, se utilizaron estrategias de búsqueda como la definición de las palabras clave
116 como: adaptación, bioestimulante, crecimiento, estrés abiótico, fitoreguladores, salinidad. De igual
117 manera para optimizar la ecuación de búsqueda y establecer una relación entre las palabras clave, se
118 implementaron conectores booleanos lógicos como and, or not y and not, además los operadores
119 lógicos de: comillas, paréntesis para optimizar la búsqueda bibliográfica y llegar a encontrar
120 los artículos relacionados estrechamente con el tema, posteriormente se realizó la lectura de los
121 artículos y se determinó si la información encontrada correspondía a lo que se pretendía buscar, lo
122 cual se llevó a cabo gracias a una matriz de búsqueda, la cual permitiera organizar y esclarecer mejor
123 la información encontrada por medio de los filtros aplicados a los artículos encontrados como:
124 objetivos, título y resultados de las investigaciones. La investigación actual se centra en la recopilación
125 de estudios que analizan el papel de los microorganismos en las respuestas de las plantas frente a
126 tensiones abióticas, investigando las rutas de señalización y los mecanismos de modulación del estrés
127 abiótico.

128

129 **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

130

131 **Efectos nocivos de una excesiva aplicación por fertilizantes inorgánicos**

132 Se define como fertilizante a toda sustancia, de origen natural o artificial, orgánica o inorgánica, que
133 provee a las plantas uno o varios de los elementos químicos esenciales requeridos para su adecuado
134 desarrollo (19). En el área cafetera, son muchos los fertilizantes inorgánicos que se llegan a utilizar de
135 forma irracional, con el propósito de aumentar el rendimiento, el cual puede ser transitorio, y finalmente
136 no se refleja en la mejora de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos y, por el
137 contrario, se pueden llegar a deteriorar, ya sea por factores edafoclimáticos por incrementos de la
138 acidez, la salinidad, la alcalinidad o por la cantidad de nutrientes no balanceados adecuadamente en
139 los suelos agrícolas (20), A largo plazo, estas propiedades deterioradas se irán a reflejar en una
140 apreciable disminución de los rendimientos y peor aún, en un incremento en la susceptibilidad del café
141 a la incidencia de agentes plaga que pueden ocasionar disminución de la productividad y pérdidas
142 económicas (10).

143 El estrés ocasionado por la presencia de altos niveles de sal en el suelo representa una amenaza
144 significativa para el crecimiento y desarrollo de los cultivos, desde la etapa de germinación de las
145 semillas hasta el rendimiento final (21). Esta condición ha sido responsable de una disminución del

146 30% en la producción global de alimentos (22). A nivel mundial, se estima que aproximadamente mil
147 millones de hectáreas de suelo se encuentran afectadas por la salinización (22).

148

149 El estrés salino es causado por un alto contenido de sodio (Na) y cloruro (Cl^{+−}) (23) y por la
150 acumulación excesiva de calcio, magnesio, potasio, cloruro, sodio y algunos aniones como
151 carbonatos, sulfatos, nitratos, bicarbonatos (24). A diferencia de las halófitas, que son plantas capaces
152 de tolerar la salinidad, los glucófitos (plantas sensibles a la sal) experimentan una reducción
153 significativa en su productividad debido al estrés salino (25). En relación con este tema, es crucial
154 hacer una distinción entre suelo salino y suelo sódico. La sodicidad se refiere a la cantidad de sodio
155 presente en el suelo (24). La presencia de sodicidad indica que las concentraciones de sodio son un
156 5% más elevadas en comparación con las concentraciones catiónicas generales (26). La salinidad
157 obstaculiza el movimiento del aire y el agua, además de provocar una expansión excesiva de la arcilla
158 cuando se encuentra húmeda, lo que resulta en un sistema de drenaje deficiente (27).

159 En este orden de ideas, se ha adoptado el enfoque eficiente de aplicar fertilizante nitrogenado (N) en
160 los suelos. Sin embargo, esta práctica conlleva problemas relacionados con la emisión y lixiviación de
161 N, así como alteraciones significativas en las actividades microbianas del suelo (28). En un estudio
162 reciente realizado por Gul (27) descubrió que la aplicación de N afecta la diversidad bacteriana y las
163 estructuras de las comunidades en los sistemas de cultivo, respaldando así la idea planteada por Chen
164 (30) de que se requiere un nivel óptimo de aporte químico para mantener el funcionamiento beneficioso
165 de los microorganismos.

166 Por otra parte, se llevó a cabo una evaluación del cobre (Cu) como metal pesado por el autor Duan
167 (31), examinando sus efectos en el crecimiento de la alfalfa y las características microbianas del suelo
168 bajo estrés de Cobre, el estudio reveló que la inoculación de rizobios tuvo un impacto notable en el
169 alivio de la inhibición del crecimiento inducida por Cu en la alfalfa. Este efecto positivo se manifestó
170 mediante el aumento del contenido de clorofila, la altura y la biomasa de la planta, así como los niveles
171 de N y P. Los hallazgos de esta investigación ofrecen una visión más clara sobre el mecanismo de
172 acción del sistema simbiótico leguminosa-rizobio en la mitigación del estrés causado por el cobre Cu.

173

174 Los cultivos que presentan los niveles más bajos de conductividad eléctrica (CE) en el suelo saturado
175 (EC_e) (un índice estándar utilizado para medir la salinidad del suelo y evaluar la tolerancia de las
176 plantas a la sal) y superan los cuatro decisiemens/metro, finalmente muestran una disminución en el
177 rendimiento de los cultivos cuando se cultivan en condiciones de alta salinidad. (26). En un estudio
178 realizado en plantas de café, se aplicaron sales como sulfatos de potasio, calcio y magnesio, además
179 dos meses después se aplicaron 2 g de fósforo (P₂O₅) en forma de fosfato diamónico-DAP (18% de N
180 y 46% de P₂O₅), los valores más bajos de CE (Conductividad eléctrica) se alcanzaron con el sulfato
181 de potasio, mientras que en el de Magnesio y Calcio, se obtuvieron valores que iban de 2 a 5,1 dS m⁻
182 1. En este experimento, se encontró que conforme los aumentos de la CE se presentaba una
183 disminución significativa del crecimiento de la planta, disminución del peso de estas, e incluso la

184 muerte de algunas plantas, pocos días después del trasplante. Se determinó un nivel crítico promedio
185 de 1,1 dS m⁻¹ para la CE a partir del cual se pueden dar afectaciones considerables (32).

186 Siguiendo lo anterior, el autor Antonio en el año 2014 (33), reportan valores similares, ya que afirman
187 que para el valor crítico de café variedad Catuaí se presenta a partir de una CE de (1,2 y 0,9 dS m⁻¹).
188 Estos mismos autores señalan que la salinidad extrema resultante de la fertirrigación con urea y KCl
189 causaba la muerte de las plantas (33). De igual manera, estas inadecuadas prácticas agrícolas puede
190 acidificar el suelo y disminuir el peso de la planta y por ende su producción, en respuesta al estrés
191 salino.

192 Posteriormente, el autor (34) en el año 2010, se encontró que existen fertilizantes que tienen
193 residualidad alta en cuanto al índice de salinidad, un ejemplo de estos es fertilizantes como: la urea;
194 con un valor de 75,5, fosfato monoamónico; 69, nitrato de amonio; 104,7, cloruro de potasio; 116,3.
195 Por la investigación anteriormente mencionada, se debe tener en cuenta el índice de salinidad, que
196 presentan los fertilizantes como se observa en la (tabla 1) para no aplicar en exceso y no generar
197 repercusiones negativas en las plantas. De igual manera, el autor Alejandro (33), quien expone el
198 caso que después de un valor de 1,2 dsm⁻¹ en la conductividad eléctrica (CE), la planta comienza a
199 sufrir daños en la morfología y fisiología, disminuyendo las actividades metabólicas de la planta.
200 Además, en un estudio realizado por Sadeghian y Zapata (32), se examinó el impacto de la salinidad
201 generada por fertilizantes inorgánicos en el crecimiento del café (*Coffea arabica* L.) durante la etapa
202 de almácigo, en dicha investigación los resultados revelaron que el límite crítico para la conductividad
203 eléctrica (CE) es de 1,1 dS m⁻¹. Superado este nivel, la planta experimenta daños severos que pueden
204 conducir a su deterioro y senescencia prematura (34).

205

206 **Tabla 1** Equivalentes de acidez o basicidad residual e índices de salinidad de algunos fertilizantes
 207 comerciales. Tomado de IFDC (1979).

Fertilizante	Equivalente de acidez (-) o basicidad (+) kg de Ca CO ₃ /100 kg de fertilizante	Índice de salinidad NaNO ₃ = 100
Urea	-84	75,4
Nitrato de amonio	-63	104,7
Sulfato de amonio	-112	69,0
MAP	-65	29,9
DAP	-64	34,2
Superfosfato triple	0	10,1
Roca fosfórica	+56	-
Cloruro de potasio	0	116,3
Sulfato de potasio	0	46,1
Sulpomag	0	43,2
Nitrato de potasio	0	40,2
Sulfato de calcio	0	8,1
Cales calcíticas	+80 a + 95	4,7
Cales dolomíticas	+90 a +100	0,8
Azufre elemental	-312	-

208
 209

210 En este modo aplicar fertilizantes inorgánicos de forma desmesurada aumenta la concentración de sal
 211 en el suelo y, en consecuencia, incrementa la presión osmótica del agua en el entorno donde se
 212 encuentran las raíces de las plantas hasta niveles que son difíciles de tolerar. Una elevada presión
 213 osmótica en la solución del suelo disminuye la disponibilidad de agua, lo que tiene un impacto negativo
 214 en la absorción del agua y ciertos nutrientes por parte de las plantas (32).

215

216 Como alternativa de mejora, se recomienda realizar adecuados planes de fertilización con base a un
 217 análisis de suelo o foliar, con el fin de conocer la fertilidad natural del suelo y, los nutrientes que están
 218 siendo asimilados por la planta, los cuales se ajusten a las necesidades según las etapas fisiológicas
 219 de las plantas y con ello, lograr disminuir el uso excesivo de fertilizantes, pues excederse en la
 220 aplicación de fertilizantes puede ocasionar daños irreversibles tanto para la planta como para el suelo.

221

222

223 **Visión general de la salinización del suelo: efectos y consecuencias en la respuesta fisiológica**
 224 **de las plantas**

225 La acumulación de exceso de sales solubles en el suelo se llama salinización del suelo (35). Existen
 226 múltiples agentes responsables de las condiciones abióticas, tales como la salinidad. Entre los
 227 principales factores que contribuyen a este fenómeno, se encuentran representados en dos tipos de
 228 salinización; la primaria se refiere a la salinización natural del suelo. Debido al aumento de
 229 temperaturas, la escasez de agua, presencia de la roca madre en los estratos superficiales del suelo,
 230 la intrusión del agua de mar o la presencia de sal transportado por el viento, la cual ocurre

231 principalmente en zonas climáticas áridas y semiáridas (36), la cual representa una mayor
232 evapotranspiración que la tasa de precipitación.

233 Por el contrario, la salinización secundaria se refiere, a las modificaciones que se presentan por las
234 actividades antropogénicas, la cual es causada por el cambio climático, la degradación de los
235 ecosistemas, la pérdida de hábitat, la desertificación (37). Además, la presencia de metales tóxicos
236 por el uso inadecuado de fertilizantes químicos sintéticos constituye otro elemento crucial en la
237 salinización del suelo (38). La salinización secundaria del suelo se está expandiendo en todo el mundo,
238 imponiendo efectos nocivos y un impacto significativo en la disminución de la productividad agrícola
239 (39), calidad y rendimiento de los cultivos, representando un desafío significativo para la agricultura
240 sostenible. Del mismo modo, la salinidad del suelo ocasiona un impacto perjudicial en el desarrollo de
241 las plantas al provocar un crecimiento insuficiente, alteraciones genéticas o la supresión de procesos
242 bioquímicos y fisiológicos (38).

243 Las plantas que se encuentran bajo condiciones de estrés salino pueden experimentar una
244 acumulación de iones de sodio a niveles tóxicos, lo cual puede afectar el metabolismo y generar estrés
245 oxidativo en las plantas (40). El estrés causado por la salinidad provoca consecuentemente estrés
246 osmótico y iónico, lo cual afecta el desarrollo de las plantas al generar deficiencias nutricionales. Las
247 altas concentraciones de sal consistentemente disminuyen el potencial osmótico del suelo (41), lo cual
248 impide que las soluciones de nutrientes del suelo sean accesibles para las plantas (42). En
249 consecuencia, las raíces se vuelven incapaces de absorber agua del suelo (sequía fisiológica). Al
250 mismo tiempo, la acumulación gradual de sales en los tejidos vegetales a lo largo del tiempo provoca
251 estrés iónico (43).

252 Para enfrentar entornos con altos niveles de salinidad, las plantas han desarrollado diversos
253 mecanismos de adaptación. Estos mecanismos incluyen la regulación del equilibrio de los iones, la
254 activación de la vía de respuesta al estrés osmótico, la participación en la señalización de las
255 hormonas vegetales (26), así como la modulación de la estructura del citoesqueleto y la composición
256 de la pared celular (44).

257 La planta experimenta estrés abiótico que afecta su crecimiento, desarrollo y rendimiento, debido a
258 factores ambientales como salinidad, deficiencias hídricas, altas temperaturas, precipitación, luz solar
259 y viento. Estos factores externos tienen el potencial de alterar los procesos fisiológicos y metabólicos
260 de la planta (40). La producción de café también se ve afectada por este estrés, ya que las plantas
261 son sensibles al exceso de sales en el suelo (40).

262 Se ha investigado la respuesta fisiológica de las plantas de café sometidas a estrés salino, ya que se
263 han observado cambios fenotípicos, que incluyen la alteración de la homeostasis del potencial hídrico
264 y la distribución de iones (9). Los autores (43) también han estudiado el comportamiento estructural
265 de la planta frente al estrés salino, demostrando que este estrés afecta los polisacáridos de la pared
266 celular, la anatomía de las células de la hoja de café y la composición de componentes esenciales. La

267 composición monosacárida de la pectina y hemicelulosa, con aumentos en el ácido urónico en todas
268 las fracciones y daño estructural a las células de la mesófila (17).

269 Así mismo, en el ámbito fisiológico, el autor Dawood (45), evaluó como las concentraciones de
270 melatonina mejora los mecanismos de tolerancia y recuperación de plantas con daños de estrés salino
271 en la especie (*Vicia faba* L.), encontraron que dichas concentraciones ayudaron a la recuperación de
272 tejidos dañados a causa de la tensión abiótica generada (46). Finalmente, uno de los factores
273 principales que contribuyen a los efectos negativos en el crecimiento de las plantas en condiciones de
274 salinidad es la alteración en la concentración y la proporción de las hormonas endógenas que
275 estimulan e inhiben el crecimiento (10).

276 **Papel de los microorganismos en la disponibilidad de nutrientes para las plantas y** 277 **enriquecimiento del suelo.**

278
279 Tradicionalmente, los agricultores han empleado fertilizantes sintéticos como método para mejorar la
280 fertilidad del suelo. El uso excesivo de estos químicos ha provocado la acumulación de contaminantes
281 en los suelos agrícolas (52). Como consecuencia de ello, se han observado importantes daños en
282 cultivos debido a la salinidad generada en los suelos (53). Para combatir esos efectos, los
283 microorganismos son clave en la agricultura, ya que permite a las plantas el acceso mediante la
284 movilización y solubilización de nutrientes esenciales que no estarían disponibles para su fácil
285 absorción (54). Estos organismos, incluyen bacterias y hongos, los cuales producen compuestos
286 orgánicos y enzimas que transforman los nutrientes en formas más accesibles para las plantas.

287 El autor Rodríguez (51), concluyó que una de las estrategias más utilizadas para corregir la
288 contaminación del suelo es el uso de microorganismos. Estos microorganismos tienen la capacidad
289 de absorber las sustancias orgánicas presentes en el suelo, utilizándolas como fuente de carbono para
290 su crecimiento y energía para sus procesos metabólicos (49). Este enfoque se basa en la capacidad
291 de los microorganismos para utilizar y degradar las sustancias contaminantes, lo que contribuye a la
292 descontaminación del suelo por el efecto de la salinización con metales pesados.

293
294 Los biofertilizantes agrícolas son formulaciones que albergan microorganismos vivos, los cuales, al
295 ser administrados en el suelo, optimizan la asimilación de nutrientes por parte de las plantas y
296 fomentan su desarrollo. Estos microorganismos pueden pertenecer a diversas categorías, según su
297 metabolismo y pueden así mismo fijar nitrógeno, solubilizar fosfatos y producir sustancias promotoras
298 del crecimiento vegetal, como hormonas y enzimas (47).

299 El uso de microorganismos fijadores de nitrógeno, como *Azospirillum*, cianobacterias y actinomicetos
300 del género *Frankia*, en forma de biofertilizantes, ofrece a las plantas la capacidad de obtener nitrógeno
301 directamente del aire y el suelo, reduciendo así la dependencia de fertilizantes químicos. Este enfoque
302 no solo aumenta la resistencia de las plantas a diferentes tipos de estrés, tanto bióticos como abióticos,

303 sino que también mejora la calidad nutricional de los alimentos y contribuye al desarrollo sostenible de
304 la agricultura (48).

305 Entre los principales biofertilizantes comerciales disponibles en el mercado, incluyen productos como
306 Azotobacterina (basada en *Azotobacter chroococcum*), nitraginas (basadas en *Rhizobium* spp y
307 *Bradyrhizobium* spp), fosfobacterinas y fosforinas (basadas en *Bacillus megaterium*) y micorrizas
308 (basadas en hongos de los géneros *Gomus*, *Acuolospora*, *Entrophospora* y *Gigaspora*) (49). Un
309 ejemplo exitoso en la agricultura fue la aplicación del lixiviado de vermicomposta y microorganismos
310 eficientes en cultivos de cebolla (*Allium cepa* L., cv. Caribe-71). Se observó que este tratamiento tuvo
311 un efecto positivo en el crecimiento y desarrollo de las plantas, superando los resultados de la
312 fertilización química convencional (50). Esto indica que los biofertilizantes pueden ser una alternativa
313 prometedora y sostenible para mejorar la productividad de los cultivos y reducir la dependencia de los
314 fertilizantes químicos en la agricultura (51).

315 Según el autor Rezende (55), se ha observado que el fósforo, es un nutriente esencial para el
316 crecimiento y desarrollo de las plantas, el cual puede ser solubilizado por ciertos microorganismos
317 presentes en el suelo (55). Específicamente, las bacterias del género *Pseudomonas* y los hongos
318 micorrízicos han demostrado tener la capacidad de convertir el fósforo de formas insolubles a solubles,
319 lo que facilita su acceso y absorción por parte de las raíces de las plantas. Este proceso se lleva a
320 cabo mediante la producción de ácidos orgánicos y enzimas por parte de los microorganismos, los
321 cuales desempeñan un papel crucial en la movilización y disponibilidad del fósforo para las plantas
322 (54). Estos hallazgos resaltan la importancia de estos microorganismos en la mejora de la
323 disponibilidad de fósforo en el suelo, lo que tiene implicaciones significativas para el desarrollo y
324 crecimiento saludable de las plantas.

325

326 Algunos microorganismos también pueden producir sideróforos, compuestos que tienen la capacidad
327 de quelar y solubilizar metales, como el hierro, facilitando su absorción por las plantas, esta
328 solubilización de nutrientes es especialmente importante en suelos con condiciones extremas de pH,
329 donde la disponibilidad de nutrientes puede verse limitada (50).

330 De igual manera, los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) se encuentran ampliamente distribuidos
331 en entornos agrícolas y naturales. Estos hongos forman una relación de simbiosis mutualista con las
332 raíces de las plantas (56). formando estructuras especializadas llamadas arbusculos en la corteza
333 radicular, donde tiene lugar el intercambio de nutrientes (56). Una vez establecida la simbiosis, la
334 planta suministra fotosintéticos y lípidos al hongo, mientras que los HMA mejoran la disponibilidad de
335 nutrientes minerales y la absorción de agua de la planta. Además de estos beneficios, las plantas
336 asociadas a HMA muestran una mayor resistencia al estrés abiótico (57).

337

338 La utilización de estos microorganismos en la agricultura puede mejorar la eficiencia en el uso de
339 nutrientes, reducir la dependencia de fertilizantes químicos y promover prácticas agrícolas sostenibles

340 (54). Además, los microorganismos pueden aumentar la resistencia de las plantas a estreses bióticos
341 y abióticos, mejorando la calidad nutricional de los alimentos y promoviendo el desarrollo sostenible
342 de la agricultura (50).

343 **Modulación microbiana de la señalización hormonal ante el estrés abiótico en plantas**

344

345 Las interacciones microbianas en el suelo desempeñan un papel fundamental en el desarrollo de las
346 plantas, al tiempo que fortalecen los mecanismos naturales de defensa contra enfermedades e
347 insectos (58). Estos microorganismos pueden responder a las vías de señalización hormonal de las
348 plantas, protegiéndolas y promoviendo su crecimiento. Además, optimizan la captación de nutrientes
349 disponibles en el suelo, lo que resulta en un aumento de la productividad de los cultivos (23). Se
350 emplea una táctica para fomentar el crecimiento de las plantas que consiste en la introducción de
351 microorganismos en las semillas, lo cual tiene el efecto de alterar las comunidades microbianas en las
352 proximidades de las plantas y estimular su crecimiento y rendimiento (59).

353 Lo que conlleva a tener relación con los resultados encontrados ya que prácticamente la relación
354 microorganismo-planta sucede en estructuras, mediante la introducción de células bacterianas en la
355 superficie de semillas, raíces y tubérculos (59). Se ha comprobado en investigaciones previas
356 realizadas en otras plantas que la biofertilización tiene efectos positivos en la germinación, crecimiento
357 y producción de frutos en el pimentón y otras plantas de la familia Solanáceas (60). Según Marquina,
358 la inoculación de semillas de pimentón con rizobacterias de los géneros *Azotobacter* y *Rhizobium*
359 aumentó significativamente el índice de germinación, mientras que la presencia de *Azospirillum* y
360 *Azotobacter* aumentó el peso seco de la planta (60).

361 La salinidad tiene un efecto negativo en la vida vegetal causando un crecimiento deficiente,
362 mutaciones o inhibición de mecanismos bioquímicos y fisiológicos (61). En la respuesta al estrés
363 abiótico interactúan los fitorreguladores vegetales del etileno, el ácido jasmónico y el ácido abscísico
364 ABA, donde este último presenta una mayor interacción con este tipo de estrés, de igual manera,
365 según Lumba (62) el etileno, el ácido jasmónico AJ (ácido jasmónico) y el ácido abscísico ABA son
366 fitorreguladores del crecimiento vegetal con un papel bien documentado en la respuesta de la planta
367 frente al estrés abiótico. Por su parte, el etileno es una hormona del estrés importante porque sus
368 síntesis se inducen bajo diferentes ambientes oxidativos, regulando el estrés salino en las plantas de
369 café (63); Estos hallazgos se fundamentan en los mecanismos de señalización desencadenados por
370 un factor abiótico y pueden ser influenciados tanto por el ácido abscísico, en conjunto con la
371 acumulación de proteínas asociadas a la patogénesis, como por el ácido jasmónico y el etileno. Las
372 señales generadas por un inductor abiótico siguen únicamente la vía del ácido jasmónico, ácido
373 abscísico y etileno, que se conoce como resistencia sistémica inducida (64).

374 Además, se ha investigado el uso de compuestos exógenos como el ácido cafeico, la prolina y el ácido
375 ascórbico para contrarrestar los efectos adversos del estrés salino en el crecimiento y desarrollo de

376 las plantas. Estudios han explorado la aplicación de estos compuestos como una estrategia para
377 mitigar los impactos negativos causados por el estrés salino (65). El autor Campos (66), describe el
378 papel fundamental de la melatonina, la cual reduce el estrés oxidativo y promueve la tolerancia a la
379 sequía en las plantas jóvenes de café. Así mismo, la interacción del aminoácido prolina mantiene el
380 ajuste osmótico, previene la deshidratación ayudando a reducir el potencial hídrico y se puede concluir
381 que es una alternativa para contrarrestar el efecto salino en las plantas de café.

382 Por su parte, la tolerancia de la planta al déficit hídrico implica la acumulación de solutos orgánicos,
383 como la prolina, que funcionan para mantener su ajuste osmótico. En este sentido, la prolina aumenta
384 la resistencia a deshidratación, ayudando a reducir el potencial hídrico, ya que permite el movimiento
385 de agua al interior de las células, minimizando el daño causado por el exceso de iones (66). Otra
386 alternativa para mitigar los efectos del estrés salino es recurrir a los inoculantes micorrízicos (IM),
387 gracias a sus beneficios planta suelo afectados por el estrés salino y poder recuperarse parcialmente
388 (67).

389 Teniendo en cuenta que los microorganismos juegan un papel importante en la planta, las bacterias y
390 los hongos se relacionan con hormonas para estimularse de forma simbiótica con las rutas de
391 señalización hormonal. Las bacterias que estimulan el crecimiento de las plantas son beneficiosas en
392 la agricultura al contribuir y mejorar el rendimiento de los cultivos aumentando la disponibilidad de
393 nutrientes esenciales disponibles para las plantas, además de proteger contra fitopatógenos y mejorar
394 la tolerancia al estrés abiótico (68).

395 Los hongos y bacterias son organismos vivos que interactúan entre sí con la planta, en la consulta de
396 información se encontró que las bacterias se relacionan principalmente con el etileno. La producción
397 de etileno por parte de bacterias incluye *Escherichia coli*, *Rhizobium trifoli*, *P. syringae* (bacteria
398 fitopatógena), entre otros, (69). Mientras que por el lado de los grupos de hongos se destacan el ácido
399 salicílico, auxinas, ácido abscísico ABA y el etileno (70).

400

401 **Papel de los microorganismos en el efecto *Priming***

402

403 Se entiende por estado de priming o estado de alerta a la fase fisiológica en la cual las plantas pueden
404 activar de manera más ágil y eficiente respuestas defensivas ante situaciones de estrés (71). La
405 duración de este estado de preparación la determinan varios factores, como el tipo de estímulo de
406 estrés, el agente de preparación utilizado y la condición fisiológica de la planta (72). Los agentes de
407 preparación pueden desencadenar el estrés directamente o actuar como un compuesto o estímulo
408 que anticipa la aparición del estrés.

409

410 En el fenómeno conocido como cis-priming, se desarrolla en el momento que tanto el estímulo de
411 cebado como el estímulo desencadenante de la respuesta son idénticos. Por ejemplo, se ha observado

412 que un déficit de agua a corto plazo mejora la capacidad de las plantas para sobrevivir a sequías
413 posteriores (73). En el caso de la tolerancia a metales pesados causado por la salinidad, donde las
414 plantas se someten a un estrés metálico transitorio, especialmente de baja o leve intensidad, muestran
415 un fenómeno denominado efecto hormético (74). El cual se refiere a la estimulación del crecimiento y
416 al mejor rendimiento fisiológico general tras aplicar dosis bajas no letales de un agente potencialmente
417 tóxico (75). Se postula que la hormesis es una respuesta adaptativa al estrés que permite compensar
418 una pérdida de equilibrio interno en el organismo afectado (75). Finalmente, se ha observado que los
419 iones de metales de transición, especialmente aquellos considerados elementos esenciales, pueden
420 utilizarse con éxito como agentes de priming para inducir respuestas de defensa ante otras tensiones,
421 como la sequía, la salinidad y el estrés oxidativo (76).

422

423 Por otro lado, según la investigación llevada a cabo por Hernández (77), se examinó el impacto del
424 pretratamiento con putrescina (Put) y sus precursores ornitina (Orn) y 1,3-diaminopropano (DAP) en
425 dos concentraciones distintas (0.1 y 1 mM) como agentes de priming en semillas de Arabidopsis. El
426 estudio se llevó a cabo utilizando plántulas cultivadas in vitro bajo condiciones óptimas y el estrés
427 osmótico y salino (77).

428

429 Según Hernández (77), Orn es un aminoácido esencial en el metabolismo de asimilación de nitrógeno
430 que se produce a partir del glutamato (Glu). Además, se destaca su participación en la síntesis de
431 arginina (Arg), el ciclo de la urea y su papel como precursor de diversos compuestos relacionados con
432 el estrés (78). Los resultados obtenidos del estudio de Hernández indicaron que el estrés osmótico y
433 salino redujeron significativamente el tamaño de la roseta de Arabidopsis en un 70% y 78%,
434 respectivamente, en comparación con las plántulas cultivadas en condiciones de control. Estos efectos
435 negativos fueron contrarrestados por el pretratamiento con DAP, Orn y Put, actuando como agentes
436 de priming.

437

438 Finalmente, según las conclusiones de los autores, se determinó que el pretratamiento de las semillas
439 de Arabidopsis con poliaminas, en particular putrescina (Put) y espermina (Spd), mediante el efecto
440 priming, resulta en un mejor crecimiento de las plantas en condiciones óptimas y una mayor tolerancia
441 al estrés salino. Estas poliaminas se identifican como bioestimulantes altamente efectivos basados en
442 moléculas pequeñas para contrarrestar los efectos adversos del estrés abiótico (77)

443

444 **CONCLUSIONES**

445 La presente investigación se enfoca en cómo las comunidades microbianas y sus funciones influyen
446 en el rendimiento de las plantas cuando se enfrentan a diferentes tensiones abióticas, como el efecto
447 que genera el estrés salino en la especie de (*Coffea arabica* L.), repercute directamente en el
448 crecimiento y desarrollo de sus tejidos vegetales, debido a que se activa un sistema de retención de

449 agua por el estrés osmótico, y en ocasiones finales deshidratación completa de sus tejidos y por ende
450 se presenta una senescencia total de la planta.

451 Este estudio presenta una colección diversa de investigaciones realizadas por diferentes autores de
452 artículos indexados y libros, no solo en el cultivo de café, sino también en otros cultivos. Los autores
453 han investigado el alivio del estrés salino y la relación directa de los microorganismos en la disminución
454 de las tensiones abióticas de las plantas expuestas a este tipo de estrés. El estrés salino provoca
455 consecuentemente estrés osmótico y iónico, lo cual afecta el desarrollo de las plantas al generar
456 deficiencias nutricionales. Para mitigar tal efecto, las bacterias fijadoras de nitrógeno y hongos
457 micorrícicos arbusculares pueden fijar nitrógeno, solubilizar fosfatos y producir sustancias promotoras
458 del crecimiento vegetal, como hormonas y enzimas, por ejemplo: el etileno, ácido abscísico, ácido
459 cafeico y las eficiencias de las moléculas pequeñas de poliaminas como bioestimulante en la
460 mitigación de los efectos adversos del estrés abiótico.

461 De igual manera la hormona melatonina según estudios encontrados, ayuda a el regeneramiento de
462 los tejidos de la planta y resistencia al estrés salino, además de ser un bioestimulante de crecimiento.

463 En cuanto a el efecto del proceso de priming o "estado de alerta" en las plantas, que les confiere una
464 mayor capacidad de supervivencia y desarrollo en condiciones estresantes. Este proceso logra ser
465 más efectivo que el uso de productos químicos sintéticos y no repercute en un daño sino al contrario
466 en un beneficio tanto para la planta como para el ambiente.

467 **RECOMENDACIONES**

468 De acuerdo con los criterios establecidos por Richards (1954) en el Manual 60 de USDA, y adoptado
469 mundialmente hasta el día de hoy, se recomienda hacer un uso mesurado de fertilizantes inorgánicos
470 para no llegar a el valor crítico de un suelo salino cuando la C.E. de éste sea igual o mayor a 2,0 dS
471 m⁻¹, para el cual se espera una reducción del 50% en la producción de la mayoría de los cultivos.

472 Se recomienda la incorporación de microorganismos benéficos ya que es considerada una buena
473 práctica en la agricultura al aumentar la eficacia de los fertilizantes inorgánicos, mejora el desarrollo
474 fenológico y ayuda a la asimilación de nutrientes del suelo hacia la planta. Así como el uso de
475 hormonas y enzimas que actúan como bioestimulante de crecimiento y reducen el estrés abiótico.

476 **AGRADECIMIENTOS**

477 Se agradecen los apoyos prestados del Programa de ingeniería agronómica de la Universidad de
478 Cundinamarca, a todos los revisores que contribuyeron a este tema de investigación. Especialmente
479 a los comentarios y sugerencias de mi tutora Pilar Rojas García sobre el presente artículo de revisión
480 los cuales fueron muy apreciados y de gran ayuda para ejecutar el tema de investigación.

481

482

483 **DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES:**

484 No aplica

485 **BIBLIOGRAFÍA**

- 486 1. Jiménez, H. Generalidades del cultivo del café. Diplomado, en producción sostenible y
487 empresarial de café. [Internet] 2018 [consultado 2021 abril 12]. Universidad ISA. Disponible
488 en: [https://procagicard.com/download/45/modulo-1-contexto-del-cultivo-de-cafe-en-la-](https://procagicard.com/download/45/modulo-1-contexto-del-cultivo-de-cafe-en-la-republica-dominicana-y-el-mundo-produccion-de-plantas-y-manejo-deplantaciones/1104/1-1-aspectos-generales.pdf)
489 [republica-dominicana-y-el-mundo-produccion-de-plantas-y-manejo-deplantaciones/1104/1-1-](https://procagicard.com/download/45/modulo-1-contexto-del-cultivo-de-cafe-en-la-republica-dominicana-y-el-mundo-produccion-de-plantas-y-manejo-deplantaciones/1104/1-1-aspectos-generales.pdf)
490 [aspectos-generales.pdf](https://procagicard.com/download/45/modulo-1-contexto-del-cultivo-de-cafe-en-la-republica-dominicana-y-el-mundo-produccion-de-plantas-y-manejo-deplantaciones/1104/1-1-aspectos-generales.pdf)
491
- 492 2. Arcila, J. Farfán, F. Moreno, A. Salazar, L. Sistemas de producción de café en Colombia, 2007
493 Blanecolor Ltda, cenicafé, Colombia, p 309. Disponible en:
494 [https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/720/1/Sistemas%20producci%C3%B3n%20c-](https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/720/1/Sistemas%20producci%C3%B3n%20caf%C3%A9%20Colombia.pdf)
495 [af%C3%A9%20Colombia.pdf](https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/720/1/Sistemas%20producci%C3%B3n%20caf%C3%A9%20Colombia.pdf).
496
- 497 3. Cálculos a partir de FNC (1970) Censo Nacional Cafetero y FNC (2021) Sistema de
498 Información Cafetera - SICA.
499
- 500 4. Herrera, J. C., & Cortina, H. A. (2013). Taxonomía y clasificación del café. En Federación
501 Nacional de Cafeteros de Colombia, Manual del cafetero colombiano: Investigación y
502 tecnología para la sostenibilidad de la caficultura (Vol. 1, pp. 117–121). Cenicafé; 7.
503 https://doi.org/10.38141/cenbook-0026_07
504
- 505 5. Pérez, J. 2013. Economía cafetera y desarrollo económico en Colombia, Economía cafetera,
506 Bogotá Colombia, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, p. 25-30. ISBN: 978-958-725-
507 125-8.
508
- 509 6. González-Osorio, H., & Lince-Salazar, L. A. (2013). Suelos de la zona cafetera. En Federación
510 Nacional de Cafeteros de Colombia, Manual del cafetero colombiano: Investigación y
511 tecnología para la sostenibilidad de la caficultura (Vol. 1, pp. 239–268). Cenicafé.
512 https://doi.org/10.38141/cenbook0026_11
513
- 514 7. FNC. Cálculos propios con base en información de la FNC (base 2022). [Publicado en 2021]
515 Disponible en: [https://federaciondefcafeteros.org/wp/listado-noticias/produccion-anual-de-](https://federaciondefcafeteros.org/wp/listado-noticias/produccion-anual-de-cafe-de-colombia-cierra-2022-en-111-millones-de-sacos/)
516 [cafe-de-colombia-cierra-2022-en-111-millones-de-sacos/](https://federaciondefcafeteros.org/wp/listado-noticias/produccion-anual-de-cafe-de-colombia-cierra-2022-en-111-millones-de-sacos/)
517

- 518 8. Turbay, B. Nates, F. Jaramillo, J. Vélez y L. Ocampo (2014). Adaptación a la variabilidad
519 climática entre los caficultores de las cuencas de los ríos Porce y Chinchiná, Colombia.
520 Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía, 2014(85), 95- 112.
521 <https://doi.org/10.14350/rig.42298>
522
- 523 9. Park, H. Kazerooni, E. Kang, S. Sandi, A. Lee, J. Melatonin Enhances the Tolerance and
524 Recovery Mechanisms in Brassica juncea (L.) Czern. Under Saline Conditions. 2021 Doctoral
525 tesis. School of Applied Biosciences, Kyungpook National University, Daegu, South Korea. Vol
526 12, Article number 593717. DOI: 10.3389/fpls.2021.593717
527
- 528 10. Sadeghian, k., S. Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia: Guía práctica. [Internet]
529 2013 [consultado 2021 mayo 10] ISSN 0120-047-X. CENICAFE. Manual del cafetero
530 colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura. Centro de
531 Investigaciones del Café. Chinchiná. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10778/587>
532
- 533 11. Salamanca, J., A.; Sadeghian K., S. Almácigos de café con distintas proporciones de
534 lombrinaza en suelos con diferente contenido de materia orgánica. 2008. ISSN 0120-0275.
535 Cenicafé. Vol. 59 (2). p. 91-102. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10778/217>
536
- 537 12. Li, H., Zhao, H. M., Purchase, D., & Chen, X. W. (2022). Editorial: Microbial communities and
538 functions contribute to plant performance under various stresses. *Frontiers in microbiology*,
539 13, 992909. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.992909>
540
- 541 13. Bartels, D., Ramanjula, S. Drought and salt tolerance in plants. *Critical reviews in the plants*
542 *sciences*, [Internet] 2007 [consultado 2021 Abril 10]. Volumen 24, p 23-27. Disponible en:
543 <https://doi.org/10.1080/07352680590910110>.
544
- 545 14. Rodríguez, D.G. (2003). El papel de los microorganismos en la biodegradación de compuestos
546 tóxicos. DOI:10.7818/RE.2014.12-2.00
547
- 548 15. Berg G., Cernava T. (2022). La firma del microbiota vegetal del Antropoceno como un desafío
549 para la investigación del microbioma. *Microbioma* 10, 54. doi: 10.1186/s40168-021-01224-5
550
- 551 16. Martin F. M., Uroz S., Barker D. G. (2017). Ancestral alliances: plant mutualistic symbioses
552 with fungi and bacteria. *Science* 356, DOI: [10.1126/science.aad4501](https://doi.org/10.1126/science.aad4501)
553
- 554 17. Caballero, R. L. A. Insectos escama (Hemiptera: Coccoidea) en la rizósfera de cafetales de
555 Norte de Santander y Valle del Cauca. 2015. Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. Tesis
556 Ingeniero Agrónomo

557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594

18. Sevilla, F. (2015). The tirodoxin/ peroxiredoxin/ sulfiredoxin system: Current overview in its redox fuction in plantas and regulation by reactive oxygen and nitrogen species. *Journal of Experimental Botany*. <https://doi.org/10.1093/jxb/erv146>
19. GUERRERO, R.R. 2001. Propiedades generales de los fertilizantes químicos. En: Silva, F. Ed. *Fertilidad de Suelos Diagnóstico y Control*. Segunda Edición, p.221- 245.
20. Haile, M. Transcriptome profiling of the coffee (*C. arabica* L.) seedlings under salt stress condition (2018). ISSN 1229-2818. *Revista J Plant Biotechnol. Universidad Nacional, Chuncheon* 24341. Vol 45. P. 45-54.
21. Mogy M.M., Garchery C., Stevens R (2018). Irrigation with Salt Water Affects Growth, Yield, Fruit Quality, Storability and Marker-Gene Expression in Cherry Tomato. *Acta Agric. Scand. Sect. B Soil Plant Sci*; 68:727–737. doi: 10.1080/09064710.2018.1473482.
22. Machado R.M.A., Serralheiro R.P. Soil Salinity: Effect on Vegetable Crop Growth. Management Practices to Prevent and Mitigate Soil Salinization. *Horticulturae*, 3:30. doi: 10.3390/horticulturae3020030.
23. Ismail, A., Takeda, S., & Nick, P. (2014). Life and death under salt stress: same players, different timing?. *Journal of experimental botany*, 65(12), 2963–2979. <https://doi.org/10.1093/jxb/eru159>
24. Eynard, A., Lal, R., & Wiebe, K. (2005). Crop response in salt-affected soils. *Journal of sustainable agriculture*, 27(1), 5-50.
25. Flores, T. J., y Colmer, T. D. (2008). Tolerancia a la salinidad en halófitas. *El Nuevo Fitólogo*, 179(4), 945–963. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02531.x>
26. Gul, Z., Tang, Z. H., Arif, M. y Ye, Z. (2022). Una visión del estrés abiótico y los mecanismos de tolerancia a la afluencia en las plantas para hacer frente a los ambientes salinos. *Biología*, 11(4), 597. <https://doi.org/10.3390/biology11040597>
27. Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual review of plant biology*, 59, 651–681. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>
28. Zhang, J, Fu-Ping, Z., Jin-Hua, Y., Jin-Ping, W., Ming-Li, C., Li, C. F., & Cao, C. G. (2011). Emissions of N2O and NH3, and nitrogen leaching from direct seeded rice under different

- 595 tillage practices in central China. *Agriculture, ecosystems & environment*, 140(1-2), 164-173.
596 DOI: 10.1016/j.agee.2010.11.023
597
- 598 29. Gu, Y. Wang, J. Cai, W. Guoliang, L (2021). Different Amounts of Nitrogen Fertilizer
599 Applications Alter the Bacterial Diversity and Community Structure in the Rhizosphere Soil of
600 Sugarcane. *Front. Microbiol*, DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.721441>
601
- 602 30. Chen, S., Waghmode, T. R., Sun, R., Kuramae, E. E., Hu, C., & Liu, B. (2019). Root-associated
603 microbiomes of wheat under the combined effect of plant development and nitrogen
604 fertilization. *Microbiome*, 7(1), 136. <https://doi.org/10.1186/s40168-019-0750-2>
605
- 606 31. Duan, C. Yuxia, Y. Qiang, W. Yuhan, L. Qi, H (2022). Rhizobium Inoculation Enhances the
607 Resistance of Alfalfa and Microbial Characteristics in Copper-Contaminated Soil, *Frontiers in*
608 *Microbiology*. Vol, 12, DOI:10.3389/fmicb.2021.781831
609
- 610 32. Osorio, H. G., Sadeghian k., S. Respuesta del café (*coffea arabica* L.) a fuentes y dosis de
611 nitrógeno en la etapa de almácigo (2014) ISSN: 0120-0275. *Cenicafé* Vol. 65. p. 34-43. 2014.
612 Disponible en: <http://hdl.handle.net/10778/542>
613
- 614 33. Antonio, P. Cícero, S. Erico, T (2015). Crecimiento de cultivares de cafeeiro conilon submetidas
615 ao estresse salino-hídrico. ISSN 0100-316X. *Revista Caatinga*. Universidade Federal Rural do
616 Semi-Árido. Disponible en: <http://periodicos.ufersa.edu.br/revistas/index.php/sistema>
617
- 618 34. Datos tomados por International fertilizer development center. 1979. *Fertilizer Manual*. Muscle
619 shoals, Alabama, IFDC. 353 p
620
- 621 35. Bockheim J.G., Gennadiyev A.N (2000). The Role of Soil-Forming Processes in the Definition
622 of Taxa in Soil Taxonomy and the World Soil Reference Base. *Geoderma*.
623 [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(99\)00083-X](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(99)00083-X)
624
- 625 36. Shrivastava, P., & Kumar, R. (2015). Soil salinity: A serious environmental issue and plant
626 growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi journal of biological*
627 *sciences*, 22(2), 123–131. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2014.12.001>
628
- 629 37. Rogel, J.A., Ariza, F.A. & Silla, R.O (2001). Soil salinity and moisture gradients and plant
630 zonation in Mediterranean salt marshes of Southeast Spain. *Wetlands* 20, 357–372.
631 [https://doi.org/10.1672/0277-5212\(2000\)020\[0357:SSAMGA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1672/0277-5212(2000)020[0357:SSAMGA]2.0.CO;2)
632

- 633 38. Hanin, M., Ebel, C., Ngom, M., Laplaze, L., & Masmoudi, K. (2016). New Insights on Plant Salt
634 Tolerance Mechanisms and Their Potential Use for Breeding. *Frontiers in plant science*, 7,
635 1787. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01787> (Hanin., et al, 2016)
636
- 637 39. Ondrasek, G., & Rengel, Z. (2021). Environmental salinization processes: Detection,
638 implications & solutions. *The Science of the total environment*, 754, 142432.
639 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142432>
640
- 641 40. Zhao, S., Zhang, Q., Liu, M., Zhou, H., Ma, C. y Wang, P. (2021). Regulación de las respuestas
642 de las plantas al estrés salino. *Revista internacional de ciencias moleculares*, 22(9), 4609.
643 <https://doi.org/10.3390/ijms22094609>
644
- 645 41. Khan, N., Bano, A., & Babar, M. D. A. (2019). The stimulatory effects of plant growth promoting
646 rhizobacteria and plant growth regulators on wheat physiology grown in sandy soil. *Archives*
647 *of microbiology*, 201(6), 769–785. <https://doi.org/10.1007/s00203-019-01644-w>
648
- 649 42. Farsi, S. M., Nawaz, A., Nadaf, S. K., Al-Sadi, A. M., Siddique, K. H., & Farooq, M. (2020).
650 Effects, tolerance mechanisms and management of salt stress in lucerne (*Medicago*
651 *sativa*). *Crop and pasture science*, 71(5), 411-428. doi: 10.1071/CP20033
652
- 653 43. Lima, R. Santos, T. Esteves, L. Ferrarese, M. Torres, M. Oliveira, L. Salt stress alters the cell
654 wall polysaccharides and anatomy of coffee (*Coffea arabica* L.) leaf cells. [Internet] 2014
655 [consultado 2021 abril 25]. *Carbohydrate Polymers*. ISSN 0144-8617. Vol 112, p. 686-694.
656 Disponible en: [https://doi-](https://doi-org.ucundinamarca.basesdedatosezproxy.com/10.1016/j.carbpol.2014.06.042)
657 [org.ucundinamarca.basesdedatosezproxy.com/10.1016/j.carbpol.2014.06.042](https://doi-org.ucundinamarca.basesdedatosezproxy.com/10.1016/j.carbpol.2014.06.042).
658
- 659 44. Caballero, R. L. A. Insectos escama (Hemiptera: Coccoidea) en la rizósfera de cafetales de
660 Norte de Santander y Valle del Cauca. 2015. Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. Tesis
661 Ingeniero Agrónomo.
662
- 663 45. Dawood MG. Alleviation of salinity stress on *Vicia faba* L. plants via seed priming with
664 melatonin. *Acta biol. Colomb.* [Internet]. 1 de mayo de 2015 [citado 5 de junio de 2021];20(2).
665 Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/43291>.
666
- 667 46. Sanchez, D. Parra, J (2019). Fumonisin – Síntesis y función en la interacción *Fusarium*
668 *verticillioides*-maíz. Mexico, ciencias químicas. DOI: 10.1016/S1405-888X (14)70321-3
669
- 670 47. Peña, J.A. (1994). Los biofertilizantes en la agricultura.

- 671
672 48. Quiroga, M.F., Agüero, D., Zapata, R.R., Busilacchi, H., & Bueno, M.S. (2016).
673 ACTIVADORES DE CRECIMIENTO Y BIOFERTILIZANTES COMO ALTERNATIVA AL USO
674 DE FERTILIZANTES QUÍMICOS EN CULTIVO DE CHÍA (*Salvia hispanica* L.).
675
- 676 49. Unday, Z.G., Henderson, D.H., Hurtado, A.C., & Hernández, J.J. (2018). USO DE EFLUENTE
677 DE PLANTA DE BIOGÁS Y MICROORGANISMOS EFICIENTES COMO
678 BIOFERTILIZANTES EN PLANTAS DE CEBOLLA (*Allium cepa* L., cv. 'Caribe-71').
679
- 680 50. Lopes, M.J., Santiago, B.S., Silva, I.F., & Gurgel, E.S. (2021). Biotecnologia microbiana:
681 inoculação, mecanismos de ação e benefícios às plantas. *Research, Society and*
682 *Development*. DOI:10.33448/rsd-v10i12.20585
683
- 684 51. Rodríguez, D.G. (2003). El papel de los microorganismos en la biodegradación de compuestos
685 tóxicos. DOI:10.7818/RE.2014.12-2.00
686
- 687 52. Ibrahim, M. S., & Ikhajagbe, B. (2021). The growth response of rice (*Oryza sativa* L. var. FARO
688 44) in vitro after inoculation with bacterial isolates from a typical ferruginous ultisol. *Bulletin of*
689 *the National Research Centre*, 45, 1-20.
690
- 691 53. Herren, G. L., Habraken, J., Waeyenberge, L., Haegeman, A., Viaene, N., Cougnon, M.,
692 Reheul, D., Steel, H., & Bert, W. (2020). Effects of synthetic fertilizer and farm compost on soil
693 nematode community in long-term crop rotation plots: A morphological and metabarcoding
694 approach. *PloS one*, 15(3), e0230153. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230153>
695
- 696 54. Posso, S., & José, E. (2019). Evaluación de la producción de ácidos orgánicos en
697 Microorganismos rizosféricos y sus efectos en la solubilización de fosfatos.
698
- 699 55. Rezende, C.C., Silva, M.A., Frasca, L.L., Faria, D.R., Filippi, M.C., Lanna, A.C., & Nascente,
700 A.S. (2021). Microorganismos multifuncionais: utilização na agricultura. *Research, Society and*
701 *Development*, 10. DOI:10.33448/RSD-V10I2.12725
702
- 703 56. Gutjahr, C., & Parniske, M. (2013). Cell and developmental biology of arbuscular mycorrhiza
704 symbiosis. *Annual review of cell and developmental biology*, 29, 593–617.
705 <https://doi.org/10.1146/annurev-cellbio-101512-122413>
706
- 707 57. Miransari M. (2010). Contribution of arbuscular mycorrhizal symbiosis to plant growth under
708 different types of soil stress. *Plant biology (Stuttgart, Germany)*, 12(4), 563–569.
709 <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.2009.00308.x>

- 710
711 58. Kumar, V. Satyanarayana, K. V., Sarala Itty, S., Indu, E. P., Giridhar, P., Chandrashekar, A.,
712 Ravishankar, G. A. Stable transformation and direct regeneration in *Coffea canephora* P ex.
713 Fr. by *Agrobacterium rhizogenes* mediated transformation without hairy-root phenotype.
714 [Internet] 2006 [consultado 2021 abril 08]. *Plant cell reports*, Vol 25 (3), p. 214–222. Disponible
715 en: <https://doi.org/10.1007/s00299-005-0045-x>.
716
- 717 59. Bécquer, C., Salas, B. Slaski, J.; Archambault, D. y Anya, A. (2013). Influencia de bacterias
718 rizosféricas en la germinación y crecimiento inicial de *Sporobolus cryptandrus* (Torr.) A. Gray.
719 *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 47 (4). p 431-436.
720 <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193029815018.pdf>
721
- 722 60. Marquina, M & Castro, Y. (2018). Efecto de bacterias rizosféricas en la germinación y
723 crecimiento del pimentón *Capsicum annum* L. var. Cacique Gigante. *Bioagro*, 30(1), 3-16.
724 Recuperado en 19 de mayo de 2023, de [http://homolog-](http://homolog-ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612018000100001&lng=es&tlng=es)
725 [ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-](http://homolog-ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612018000100001&lng=es&tlng=es)
726 [33612018000100001&lng=es&tlng=es](http://homolog-ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612018000100001&lng=es&tlng=es).
727
- 728 61. Shrivastava P., Kumar R. Salinidad del suelo: un problema ambiental grave y bacterias
729 promotoras del crecimiento de las plantas como una de las herramientas para su alivio. *Saudi*
730 *J. Biol. Sci.* 2015; 22:123–131. doi: 10.1016/j.sjbs.2014.12.001
731
- 732 62. Lumba, S. y Cutler, S. (2010). Plant nuclear hormone receptors: a role for small molecules in
733 protein-protein interactions. *Annual Review of Cell and Developmental Biology*. 26 p. 445-469.
734 <https://sci-hub.se/10.1146/annurev-cellbio-100109-103956>
735
- 736 63. Alejandro, G. Marta, M. Andrés, A. Responses of Arabica coffee (*Coffea arabica* L. var. Catuai)
737 cell suspensions to chemically induced mutagenesis and salinity stress under in vitro culture
738 conditions. *In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*. [Internet] 2018 [consultado 2021 mayo
739 24]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11627-018-9918-x>
740
- 741 64. Li, H., Zhao, H. M., Purchase, D., & Chen, X. W. (2022). Editorial: Microbial communities and
742 functions contribute to plant performance under various stresses. *Frontiers in microbiology*, 13,
743 992909. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.992909>
744
- 745 65. Mehmood, H., Abbasi, G. H., Jamil, M., Malik, Z., Ali, M., & Iqbal, R. (2021). Assessing the
746 potential of exogenous caffeic acid application in boosting wheat (*Triticum aestivum* L.) crop
747 productivity under salt stress. *PloS one*, 16(11), e0259222.
748 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0259222>

749

750

751

752

753

754

755

756

757

758

759

760

761

762

763

764

765

766

767

768

769

770

771

772

773

774

775

776

777

778

779

780

781

782

783

784

785

786

787

66. Campos, C. Avilab, R. Dazio, K. R., Azevedo L. M., Alves, J. D. Melatonin reduces oxidative stress and promotes drought tolerance in young *Coffea arabica* L. plants. [Internet] 2018 [consultado 2021 abril 20]. *Gestión del agua agrícola* Volumen 211 p. 37-47. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.09.025>.

67. Quiñones, E., Hernández, L., López, L. y Rincón, G. (2018). Efectividad de hongos micorrízicos arbusculares nativos de rizósfera de *Agave* como promotores de crecimiento de papaya. *Revista Terra Latinoamericana*. 37. p. 163-174. 2395-8030-tl-37-02-163.pdf (scielo.org.mx) (Quiñones, 2018) (10)

68. Desgarenes, D. Carrión, G (2021). *LAS BACTERIAS QUE AYUDAN A LAS PLANTAS A CRECER*, INECOL <https://elportal.mx/princ/las-bacterias-que-ayudan-a-las-plantas-a-crecer/>.

69. Camelo, M., Vera, S. y Bonilla, R. 2011. Mecanismos de acción de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria* (2011) 12(2), 159-166. <http://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/227/233>

70. Puga, R. y Blouin, M. (2015). A review of the effects of soil organisms on plant hormone signalling pathways. *Revista Elsevier*. 114. p. 104-116. A review of the effects of soil organisms on plant hormone signalling pathways – ScienceDirect

71. Filippou, P., Tanou, G., Molassiotis, A., & Fotopoulos, V. (2013). Plant acclimation to environmental stress using priming agents. *Plant acclimation to environmental stress*, 1-27.

72. Leuendorf, J. E., Frank, M., & Schmülling, T. (2020). Acclimation, priming and memory in the response of *Arabidopsis thaliana* seedlings to cold stress. *Scientific reports*, 10(1), 689. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56797-x>

73. Rowland D.L., Faircloth W.H., Payton P., Tissue D.T., Ferrell J.A., Sorensen R.B., Butts C.L (2012). Primed acclimation of cultivated peanut (*Arachis hypogaea* L.) through the use of deficit irrigation timed to crop developmental periods. *Agric. Water Manag*; 113:85–95. doi: 10.1016/j.agwat.2012.06.023.

74. Wiszniewska, A., Muszyńska, E., Hanus-Fajerska, E., Dziurka, K., & Dziurka, M. (2018). Evaluation of the protective role of exogenous growth regulators against Ni toxicity in woody shrub *Daphne jasminea*. *Planta*, 248(6), 1365–1381. <https://doi.org/10.1007/s00425-018-2979-6>

788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805

75. Calabrese E.J., Blain R.B. Hormesis and plant biology. *Environ. Pollut.* 2009; 157:42–48. doi: 10.1016/j.envpol.2008.07.028.
76. Sivritepe N., Sivritepe H., Eris A. The effects of NaCl priming on salt tolerance in melon seedlings grown under saline conditions (2013). *Sci. Hortic.* 97:229–237. doi: 10.1016/S0304-4238(02)00198-X.
77. Hernández, A. E., Aucique-Perez, C. E., Cavar Zeljković, S., Štefelová, N., Salcedo Sarmiento, S., Spíchal, L. y De Diego, N. (2022). Preparación con bioestimulantes basados en moléculas pequeñas para mejorar la tolerancia al estrés abiótico en *Arabidopsis thaliana*. *Plantas* (Basilea, Suiza), 11(10), 1287. <https://doi.org/10.3390/plants11101287>
78. Sanmartín N, Pastor V, Pastor J, Flors V, Pozo M (2020). Role and mechanisms of callose priming in mycorrhiza-induced resistance. *J Exp Bot.* 9;71(9):2769-2781. doi: 10.1093/jxb/eraa030