

Uso agroecológico de residuos de jitomate como biopreparado en el cultivo de tomate de cáscara

Agroecological use of tomato residues as a biopreparation in husk tomato cultivation

Félix Antonio Tapia-Zayago^a, María Fernanda Cenobio-Galindo^a, Juan Ocampo-López^a, Eliazar Aquino-Torres^a, Rene Velázquez-Jiménez^b, Iridiam Hernández-Soto^{a*}

Abstract:

This study evaluated the effect of an aqueous extract made from tomato (*Solanum lycopersicum* L.) on husk tomato (*Physalis ixocarpa* Brot.) crops. Three treatments were established: plant aqueous extract, commercial foliar fertilizer, and absolute control, applied under field conditions using a completely randomized design. The variables analyzed were plant height, stem diameter, chlorophyll content, number of fruits, fruit weight, and yield. The results indicated that the aqueous extract significantly increased stem diameter and fruit weight compared to the commercial fertilizer. Although plant height and chlorophyll content were lower than those in the control treatment, there was an improvement in fruit quality. The results confirm that the use of aqueous extracts from tomato residues represents a functional agroecological alternative for improving reproductive performance in horticultural crops.

Keywords:

Organic agriculture, phytochemicals, photosynthesis, horticultural productivity.

Resumen:

El presente estudio evaluó el efecto de un extracto acuoso elaborado a partir de residuos de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) sobre el cultivo de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Se establecieron tres tratamientos: extracto acuoso vegetal, fertilizante foliar comercial y control, aplicados en condiciones de campo mediante un diseño completamente al azar. Las variables analizadas fueron: altura de la planta, diámetro del tallo, contenido de clorofila, número de frutos, peso del fruto, rendimiento. Los resultados indicaron que el extracto acuoso incrementó significativamente el diámetro del tallo y el peso del fruto en comparación con el fertilizante comercial. Aunque la altura y el contenido de clorofila fueron menores, se observó una mejora en la calidad del fruto. Los resultados confirman que el uso de extracto acuoso de residuos de jitomate representa una alternativa agroecológica funcional para mejorar el rendimiento reproductivo en cultivos hortícolas.

Palabras Clave:

Agricultura orgánica, fitoquímicos, fotosíntesis, productividad hortícola.

^a Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Agropecuarias, Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México. Félix Antonio Tapia-Zayago <https://orcid.org/0009-0006-8815-5198>; ta419492@uaeh.edu.mx, María Fernanda Cenobio-Galindo: <https://orcid.org/0009-0000-3285-4762>, fercenobiogalindo@gmail.com Juan Ocampo-López: <https://orcid.org/0000-0002-9208-7216>, jocampo@uaeh.edu.mx, Eliazar Aquino-Torres <https://orcid.org/0000-0003-1787-6570>; eaquino@uaeh.edu.mx

^b Área Académica de Química, Centro de Investigaciones Químicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Km 4.5 Carretera Pachuca-Tulancingo, Ciudad del Conocimiento, Mineral de la Reforma, Hidalgo 42184, México. Rene Velázquez-Jiménez <https://orcid.org/0000-0002-3100-2944>, rene_velazquez10269@uaeh.edu.mx

*Autor de correspondencia <https://orcid.org/0000-0002-0307-1651>, iridiam_hernandez@uaeh.edu.mx

1. Introducción

Los biopreparados son sustancias y mezclas de origen vegetal, animal o mineral presentes en la naturaleza; estos son elaborados a partir de materiales simples que protegen y mejoran los sistemas de producción en los que son aplicados [1]. La utilización de extractos vegetales como insumos agroecológicos en el sector agrícola es cada vez más frecuente; estos se diferencian de los fertilizantes porque utilizan diferentes mecanismos y funcionan independientemente de la presencia de nutrientes en los productos [2]. Los extractos al contener compuestos bioactivos como fitohormonas, fenoles y flavonoides modulan procesos clave como la división celular, elongación, fotosíntesis y defensa. Estos compuestos estimulan el metabolismo secundario, aumentan el contenido de clorofila y activan mecanismos antioxidantes, favoreciendo el desarrollo reproductivo y la tolerancia al estrés [3]. Una fuente de origen vegetal para elaborar un biopreparado son los residuos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) debido a que son ricos en fitoquímicos altamente beneficiosos como carotenoides, compuestos fenólicos, vitaminas y fitohormonas [4]. A nivel mundial se producen 189 millones de toneladas de este cultivo [5], de los cuales ocho millones de toneladas son residuos vegetales [6]. Sin embargo, dar utilidad a estos en el sector agrícola ha sido muy poco explorado. Lo que justifica el uso de estos como posible insumo agrícola.

En la actualidad, el incremento de la población mundial alcanza un ritmo alarmante, lo que ha provocado que ciertas hortalizas constituyan un pilar básico y fundamental en la dieta mundial [7]. Una de ellas es el tomate verde (*Physalis ixocarpa* Brot.), se le conoce como “tomatillo” o “tomate de cáscara”. Su producción representa el 4,25 % del área total de hortalizas. La fruta es altamente nutritiva [8]. Para aumentar el crecimiento y la productividad de este cultivo se emplean un gran número de fertilizantes químicos que tienen efectos negativos sobre el medio ambiente [9]. Por lo anterior expuesto en esta investigación, se consideró relevante elaborar un biopreparado a base de residuos de jitomate y evaluar su efecto en el cultivo de tomate verde de cáscara para ofrecer una alternativa ecológica en la producción de este.

2. Materiales y métodos

2.1 Establecimiento del cultivo

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones del Instituto de Ciencias Agropecuarias, perteneciente a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, ubicado en Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México (Figura 1A), con coordenadas geográficas 20°05'06.07" N y 98°24'24.6" O. El cultivo se estableció en una parcela de 100 m², caracterizada por una textura franco-arcillosa con pH de 6.7 [10]. Para la preparación del terreno se formaron surcos y se utilizó acolchado plástico negro como estrategia para evitar el crecimiento de malezas (Figura 1B); la siembra de tomate se realizó de manera directa. Para la nutrición de las plantas se basó en una solución nutritiva [11], ajustada a las distintas etapas fenológicas, se instaló un sistema de riego por goteo, aplicando distintos volúmenes de agua conforme a la etapa de crecimiento, adaptándose a las condiciones ambientales y al desarrollo del cultivo [12].

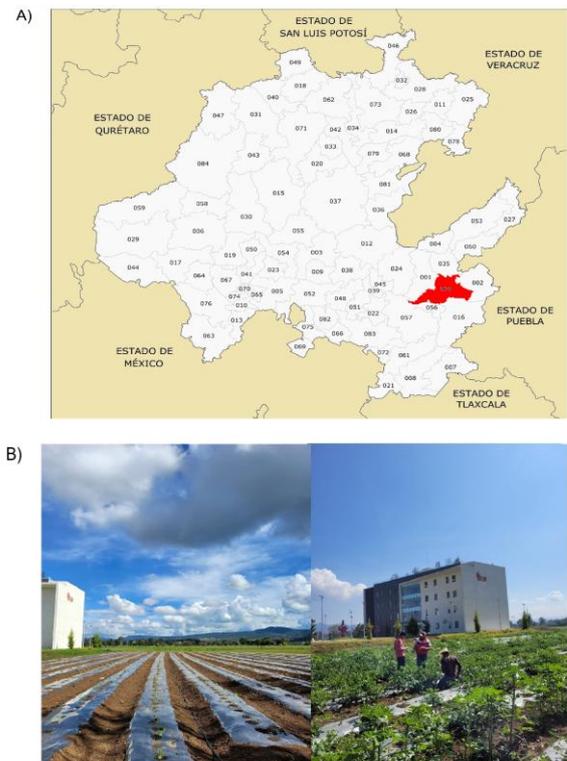


Figura 1. A) Sitio experimental; B) Establecimiento y mantenimiento del cultivo. ©2025 Google.

2.2 Colecta de muestra vegetal y preparación del extracto acuoso obtenido de residuos de jitomate

Las hojas y tallos sanos de los chupones podados de las plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) como práctica cultural, fueron recolectados en la localidad de San Miguel Xolco, municipio de Otumba de Gómez Farías, Estado de México (19.6417° N, -98.7667° O). Las muestras fueron colocadas en bolsas plásticas y trasladadas al laboratorio de Química Agrícola Ambiental de la UAEH para su procesamiento. A su llegada, se procedió a separar las hojas de los tallos. Las hojas frescas se lavaron con una solución de hipoclorito de sodio al 5 % para eliminar impurezas superficiales, y se secaron a temperatura ambiente (20 ± 2°C) durante un periodo de 15 días. Una vez deshidratadas, se trituraron hasta obtener un polvo homogéneo. Para preparar el extracto vegetal, se mezclaron 200 g del material seco con dos litros de agua, dejando reposar la mezcla por 24 horas con agitación ocasional. El extracto fue posteriormente filtrado y concentrado utilizando un evaporador rotatorio (Modelo Büchi R-215, Flawil, Suiza) durante 4 h a 50 °C y 50 mbar, ajustando la presión para prevenir la degradación térmica de compuestos bioactivos. El concentrado obtenido se almacenó en frascos de vidrio esterilizados y fue conservado en refrigeración a 4 °C hasta su aplicación [13]. Posteriormente se determinó el rendimiento del extracto mediante la siguiente fórmula [14]:

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{pE}{PI} \times 100$$

Donde: PE= Peso obtenido después de la extracción; PI= Peso inicial del material vegetal a extraer

2.3 Aplicación de los tratamientos

El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar, con tres tratamientos principales: un control en el que se aplicó únicamente agua; un control químico, que consistió en la aplicación del fertilizante foliar comercial Bayfolan © en la dosis recomendada por el fabricante; y el extracto vegetal de residuos de tomate a una concentración de 3,500 mg L⁻¹ [12]. Para todos los tratamientos se empleó un volumen total de 50 mL de solución, a la cual se añadieron 2

mL del adherente Bionex © para favorecer la adherencia foliar, excepto el control. Las aplicaciones se realizaron semanalmente durante 12 semanas. Las aplicaciones se iniciaron en la semana de la siembra. Las soluciones fueron asperjadas con una bomba manual multipropósito en la parte foliar, procurando una cobertura uniforme en la parte aérea de las plantas [15]. Cada tratamiento contó con ocho repeticiones.

2.4 Análisis agronómicos

Para evaluar el efecto de los tratamientos en las plantas de tomate de cáscara, se consideraron las siguientes variables agronómicas: altura de la planta, medida desde la base del tallo hasta el ápice de crecimiento utilizando un flexómetro (cm) (Modelo PRO-8ME-R, TRUPER, CDMX, México); diámetro del tallo, registrado en la base del tallo con un vernier digital (mm) (Modelo CALDI-6MP, Truper, México TM); número de frutos por planta, determinado mediante conteo visual; para estimar el contenido relativo de clorofila en hojas completamente expandidas se empleó un medidor portátil SPAD (Modelo -502Plus- Minolta, CDMX, México). Las lecturas se expresaron en unidades SPAD, que representan un índice no destructivo basado en la transmitancia de luz a través de la hoja en dos longitudes de onda (650 nm y 940 nm); y peso del fruto, determinado en gramos con una balanza digital (Modelo OHAUS Compass™, ULINE, CDMX, México). Para el rendimiento del cultivo, se pesaron todos los frutos por planta de tomate de cáscara en madurez comercial, posteriormente estos se pesaron en una báscula analítica (PW124®, Adam Equipment, Reino Unido) [12]. Todas las variables fueron evaluadas 90 días después de la siembra (DDS). Esto está de acuerdo con la metodología propuesta por [16].

2.5 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de las variables agronómicas, se realizó un análisis de varianza y una prueba de diferencia mínima significativa (LSD) de medidas de Fisher (p ≤ 0,05). Todos los procedimientos estadísticos se realizaron con el programa INFOSTAT 2020.

3. Resultados

El rendimiento del extracto acuoso de los residuos vegetales de jitomate fue del 9 %. En la variable altura de la planta de tomate de cáscara (Fig. 2A), los tratamientos evaluados no mostraron diferencias significativas entre sí. Estos resultados implican que la aplicación foliar del extracto acuoso y del fertilizante convencional no estimula el crecimiento de las plantas. Respecto al diámetro del tallo y contenido relativo de clorofila (Figs. 2B-C), los

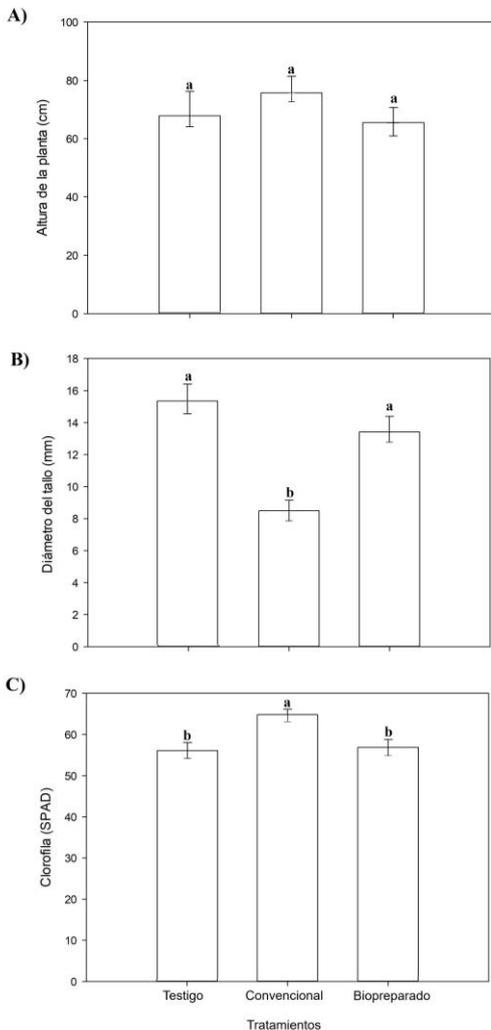


Figura 2. A) Altura de la planta; B) Diámetro del tallo; C) Clorofila. Las columnas representan el promedio de o repeticiones. Las barras representan la desviación estándar. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas según la prueba de diferencias mínimas significativas de Fisher ($p \leq 0,05$).

valores obtenidos tras el tratamiento del control y del extracto acuoso fueron estadísticamente iguales, a

diferencia del fertilizante convencional, que disminuyó un 45% el diámetro del tallo e incrementó un 11% los niveles de unidades SPAD, respecto al control. Esto indica una mayor acumulación relativa de pigmentos fotosintéticos, presumiblemente clorofila, aunque no se cuantificó directamente.

En referencia a las variables evaluadas sobre el fruto de los tomates de cáscara, el número de estos no se vio afectado por los tratamientos (Fig. 3A), a diferencia del peso de los frutos (Fig. 3B), en los que sí se observó un efecto diferencial entre todos los tratamientos. Mientras que el control fue el que presentó el menor peso fresco del fruto, el fertilizante convencional y el extracto acuoso incrementaron el peso del fruto un 40% y un 25%, respectivamente, en comparación con el control. El efecto diferencial también fue evidenciado por el tamaño de los frutos (Fig. 4A).

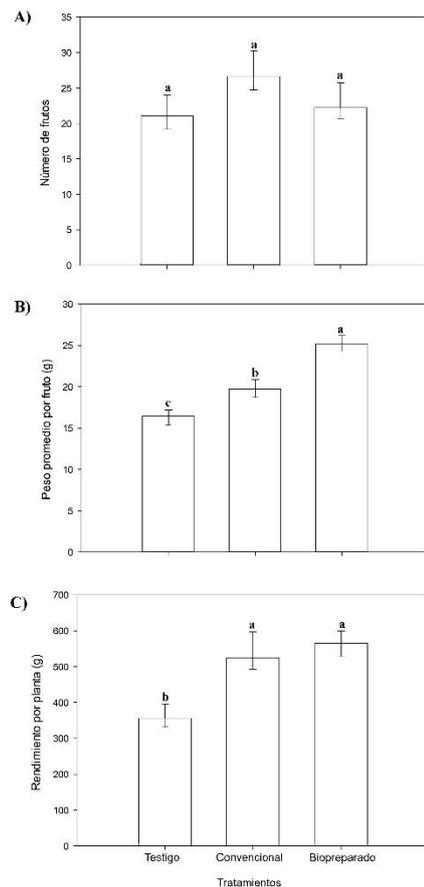


Figura 3. A) Número de frutos; B) Peso promedio del fruto; C) Rendimiento por planta. Las columnas representan el promedio de o repeticiones. Las barras representan la desviación estándar. Letras diferentes sobre

las barras indican diferencias significativas según la prueba de diferencias mínimas significativas de Fisher ($p \leq 0,05$)

Finalmente, el efecto sobre el rendimiento por planta de tomates de cáscara (Fig. 3C) varió de acuerdo con los tratamientos. El fertilizante foliar convencional y el extracto acuoso incrementaron los rendimientos en un 171% y un 163%, respectivamente, en referencia al control.

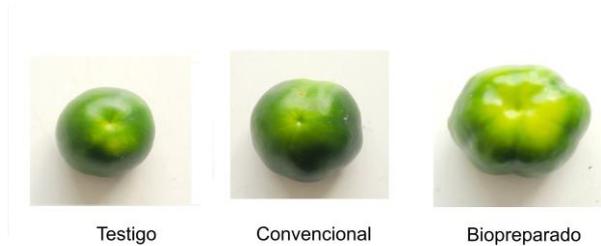


Figura 4. Frutos de tomate de cáscara a los 90 días después de la siembra con los distintos tratamientos evaluados.

4. Discusión

Los efectos positivos de la aplicación foliar del fertilizante foliar convencional y del extracto acuoso derivado de plantas de jitomate se observaron exclusivamente sobre el fruto del tomate de cáscara (Fig. 3 y 4). El extracto acuoso resultó ser más eficiente en el incremento del tamaño del fruto, mientras que el fertilizante convencional con respecto al aumento en el número de frutos por planta; este efecto se ve reflejado en el rendimiento, pues ambos tratamientos son estadísticamente iguales. De acuerdo con la ficha técnica del fertilizante convencional [17], éste contiene macro y micronutrientes, entre los que incluye al calcio, un nutriente que participa en la síntesis y estabilidad de la pared celular de las células en formación, así como en la división celular, elongación y el crecimiento de la fruta, A su vez, contiene ácido indolacético, una auxina que también regula la división y elongación celular [18].

Respecto al extracto acuoso obtenido de los residuos de los chupones de plantas de jitomate, si bien no se analizó su composición química, es altamente probable que contenga también hormonas vegetales solubles en agua que son promotoras de la división y elongación celular, entre ellas las auxinas y citocininas [19]. La expansión celular es un proceso fundamental en el tamaño del fruto, pues es el proceso responsable de aumentar el volumen de las células [20] (Figura 4). Por otro

lado, la altura de la planta no fue tan elevada como el control químico (Fig. 2A); el extracto acuoso pudo haber promovido un crecimiento más balanceado, lo cual puede ser más eficiente al optimizar la asignación de recursos hacia la parte reproductiva de la planta [21].

El incremento en el diámetro del tallo en plantas de tomate de cáscara tratadas con el biopreparado a base de extracto acuoso de residuos de jitomate puede explicarse debido a que este tipo de extractos puede mejorar la disponibilidad de nutrientes en la rizosfera al actuar como elicitores o bioactivadores del metabolismo del carbono y nitrógeno, procesos estrechamente ligados al desarrollo del tallo [22]. Por otro lado, aunque las unidades SPAD no cuantifican directamente la concentración de clorofila, están altamente correlacionadas con su contenido, en esta investigación el incremento observado en plantas de tomate de cáscara tratadas con Bayfolan puede justificarse debido a que la aplicación foliar permite una absorción más rápida y directa de los nutrientes, estimulando la formación de cloroplastos activos y mejorando la eficiencia fotosintética de las hojas. Esto se traduce en una mayor capacidad de captación de luz y en una intensificación del metabolismo fotosintético, lo cual puede tener efectos positivos en el crecimiento y desarrollo general de la planta [23].

Estudios previos han demostrado que la aplicación de biopreparados a base de extractos vegetales o hidrolizados proteicos incrementa la productividad y calidad de frutos al modular rutas como la del ácido shikímico, el metabolismo del nitrógeno y el transporte de azúcares, reforzando así procesos fisiológicos clave como la fotosíntesis, la partición de biomasa y el desarrollo de órganos de almacenamiento [24]. Por lo tanto, los resultados obtenidos en este estudio reflejaron que el uso del extracto acuoso de chupones de jitomate influyó positivamente sobre el rendimiento productivo al mejorar el tamaño y el peso individual de los frutos. Los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con los hallazgos de trabajos previos; por ejemplo, Penchovsky y Kaloudas (2023) [25] reportaron que los extractos acuosos de macroalgas aplicados foliarmente mejoraron el crecimiento vegetal y los contenidos de clorofila en plantas de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.). Morales-Meléndez y colaboradores (2024) [26] aplicaron

extractos de *Ascophyllum nodosum* en tomate de campo; se observó un aumento en el diámetro del tallo, el peso del fruto y el rendimiento total. Weisser et al. (2024) [27] evaluaron el extracto fortificado hecho a partir de algas marinas, extracto de pescado y humos aplicados al sustrato de tomate; se reportó un incremento en el rendimiento en frutos, biomasa tanto aérea como radicular, contenido de clorofila. González-González et al. (2020) [28] usaron un biopreparado de micorrizas y extractos de algas marinas en tomate; en esta investigación se reportó un incremento en el crecimiento foliar y raíz. Estos resultados coinciden con el incremento del diámetro del tallo, el peso promedio de los frutos y el rendimiento reportados en esta investigación.

Desde una perspectiva agroecológica, el uso de biopreparados elaborados a partir de residuos vegetales, como el extracto acuoso de jitomate, representa una estrategia clave para avanzar hacia sistemas agrícolas más sostenibles y resilientes. Este enfoque no solo aprovecha subproductos agrícolas que comúnmente son descartados, sino que también promueve el cierre de ciclos de nutrientes y la reducción de la dependencia de insumos externos, en concordancia con los principios de la economía circular [29]. La revalorización de residuos como insumos agrícolas de bajo costo favorece la soberanía tecnológica de los pequeños productores, reduce los costos de producción y contribuye a mejorar los márgenes de rentabilidad sin comprometer la salud del agroecosistema [30]. Este tipo de prácticas se alinea con políticas y objetivos internacionales orientados al desarrollo sostenible, y contribuye a un camino viable para la innovación social y tecnológica en comunidades rurales interesadas en modelos de producción más justos, regenerativos y ambientalmente responsables [31].

5. Conclusiones

El uso del extracto acuoso a base de residuos de jitomate tuvo un efecto positivo en el cultivo de tomate de cáscara, especialmente en el peso y tamaño de los frutos, lo que se traduce en una mayor productividad/rendimiento. El efecto puede estar relacionado con la presencia de hormonas y

compuestos bioactivos presentes en el biopreparado, los cuales podrían estar implicados en el transporte de azúcares, la expansión celular y la regulación del crecimiento reproductivo. Esta alternativa representa un enfoque sustentable y funcional para el aprovechamiento de residuos agrícolas, contribuyendo a una agricultura más eficiente y ambientalmente responsable.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH) por permitirnos realizar el estudio en sus instalaciones.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no hay conflicto de intereses

Referencias

- [1] Gleń-Karolczyk K, Boligłowa E, Filipiak-Florkiewicz A, Florkiewicz A, Luty L. The effect of biopreparations and biostimulants on the chemical composition and microorganisms associated with verticillium wilt of horseradish roots (*Armoracia rusticana* Gaertn.). *Applied Sciences* 2021; 11(2): 1-22. <https://doi.org/10.3390/app11020680>
- [2] Hamid B, Zaman M, Farooq S, Fatima S, Sayyed RZ, Baba ZA, Suriani NL. Bacterial plant biostimulants: a sustainable way towards improving growth, productivity, and health of crops. *Sustainability* 2021; 13(5): 1-24. <https://doi.org/10.3390/su13052856>
- [3] Yakhin, O. I., Lubyaynov, A. A., Yakhin, I. A., & Brown, P. H. Biostimulants in plant science: a global perspective. *Frontiers in plant science* 2017; 7, 1-32. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.02049>
- [4] Almeida PV, Gando-Ferreira LM, Quina MJ. Tomato Residue Management from a Biorefinery Perspective and towards a Circular Economy. *Foods* 2024; 13(12): 1-26. <https://doi.org/10.3390/foods13121873>.
- [5] Romdhane A, Riahi A, Piro G, Lenucci MS, Hdider C. Agronomic performance and nutraceutical quality of a tomato germplasm line selected under an organic production system. *Horticulturae* 2024; 9(4): 1-12. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9040490>
- [6] Trombino S, Cassano R, Procopio D, Di Gioia ML, Barone E. Valorization of tomato waste as a source of carotenoids. *Molecules* 2021; 26(16): 1-19. <https://doi.org/10.3390/molecules26165062>.
- [7] Norrman KE. World population growth: A once and future global concern. *World* 2023; 4(4): 1-19. <https://doi.org/10.3390/world4040043>
- [8] Arrieta-Baez D, Quezada Huerta C, Rojas-Torres GS, Perea-Flores MDJ, Mendoza-León HF, Gómez-Patiño MB. Structural Studies of Mexican Husk Tomato (*Physalis ixocarpa*) Fruit Cutin. *Molecules* 2023; 29(1): 1-12. <https://doi.org/10.3390/molecules29010184>
- [9] Ramírez-Cariño HF, Ochoa-Velasco CE, Guerrero-Analco JA, Monribot-Villanueva JL, Calderón-García C, González-Terreros E, Valadez-Blanco R. Combined effect of the potassium dose and plant

- biofertilization by *Acinetobacter calcoaceticus* on the growth, mineral content, nutritional quality, antioxidant activity, and metabolomic features of tomatillo fruits (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Plants* 2023; 12(3): 1-27. <https://doi.org/10.3390/plants12030466>.
- [10] Maldonado-Sánchez HA, García-Vázquez VM, Rodríguez-Rodríguez MÁ, Villanueva-Verduzco C. Productividad y rentabilidad de triticale con prácticas agrícolas sustentables en la región de Tulancingo, Hidalgo. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 2024; 30(4), 553–568. <https://doi.org/10.35196/rfm.2024.4.349>
- [11] Steiner AA. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant and soil* 1961; 15: 134-154.
- [12] Hernández-Soto I, González-García Y, Juárez-Maldonado A, Hernández-Fuentes AD. Impact of *Argemone mexicana* L. on tomato plants infected with *Phytophthora infestans*. *PeerJ* 2024; 12: 1-28. <https://doi.org/10.7717/peerj.16666>
- [13] Sasidharan S, Chen Y, Saravanan D, Sundram KM, Latha LY. Extraction, isolation and characterization of bioactive compounds from plants' extracts. *African journal of traditional, complementary and alternative medicines* 2011; 8(1);1-10.
- [14] Hernández-Pérez A, Hernández-Fuentes AD, Velazquez Jimenez R. Estudio Fitoquímico del extracto de acetato de etilo de *Haplopappus venetus* (Kunth) S. F. Blake. *Boletín De Ciencias Agropecuarias Del ICAP* 2025; 11(2); 13–17. <https://doi.org/10.29057/icap.v11i22.13792>
- [15] Zalvidar-Ortega AK, Flores-Chávez B, Hernández-Fuentes AD, Lemus UG, Pérez AH, Soto IH. Tomato residues as biostimulant in radish: an ecological strategy for sustainable agriculture. *Revista de Gestão Social e Ambiental* 2025; 19(3); 1-16. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v19n3-130>
- [16] González-Lemus U, Tapia-Zayago FA, Pérez-Ríos SR, Zaldívar-Ortega AK, Rueda-Puente EO, Hernández-Pérez A, Hernández-Soto I. Lentil Biorooting Agents: An Ecological Alternative to Improve the Growth and Development of Italian Zucchini in Sustainable Production Systems. *Horticulturae* 2025; 11(3); 1-13. <https://doi.org/10.3390/horticulturae11030332>
- [17] Bayer de México. Bayfolan® Forte. MiCultivo. Acceso 10 de julio del 2025. Disponible en https://www.micultivo.bayer.com.mx/es-mx/productos/product-details.html/growth%20regulators/bayfolan_forte.html
- [18] Zhang Q, Gong M, Xu X, Li H, Deng W. Roles of auxin in the growth, development, and stress tolerance of horticultural plants. *Cells* 2022, 11(17);1-15. <https://doi.org/10.3390/cells11172761>
- [19] Gan L, Song M, Wang X, Yang N, Li H, Liu X, Li Y. Cytokinins are involved in regulation of tomato pericarp thickness and fruit size. *Horticulture Research* 2022, 9;1-10. <https://doi.org/10.1093/hr/uhab041>
- [20] Colla G, Hoagland L, Ruzzi M, Cardarelli M, Bonini P, Canaguier R, Roupheal Y. Biostimulant action of protein hydrolysates: Unraveling their effects on plant physiology and microbiome. *Frontiers in plant science* 2017; 8; 1-14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02202>
- [21] Calvo P, Nelson L, Kloepper JW. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and soil* 2014; 383; 3-41.
- [22] Roupheal Y, Colla G. Toward a sustainable agriculture through plant biostimulants: From experimental data to practical applications. *Agronomy* 2020, 10(10); 1-10. <https://doi.org/10.3390/agronomy10101461>
- [23] Arsic M, Persson DP, Schjoerring JK, Thygesen LG, Lombi E, Doolette CL, Husted S. Foliar-applied manganese and phosphorus in deficient barley: Linking absorption pathways and leaf nutrient status. *Physiologia Plantarum* 2022, 174(4),1-15. <https://doi.org/10.1111/ppl.13761>
- [24] Penchovsky R, Kaloudas D. Molecular factors affecting tomato fruit size. *Plant Gene* 2023, 33; 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.plgene.2022.100395>
- [25] Li J, Forghieri G, Geelen D, Jardin PD, Brown PH. The optimization of crop response to climatic stress through modulation of plant stress response mechanisms. Opportunities for biostimulants and plant hormones to meet climate challenges. *arXiv preprint* 2025; 1; 1-58. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2506.01714>
- [26] Morales- Meléndez R, Ramírez AA, Montejo NC, López AM, Pérez MCL. *Ascophyllum nodosum* y nitrato de calcio como bioestimulante en el desarrollo y rendimiento del cultivo de tomate. *Ciencia Latina: Revista Multidisciplinar* 2024; 8(1); 1574-1589. DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.9553
- [27] Weisser M, Mattner SW, Southam-Rogers L, Hepworth G, Arioli T. Effect of a Fortified Biostimulant Extract on Tomato Plant Productivity, Physiology, and Growing Media Properties. *Plants* 2023, 13(1), 1-16. <https://doi.org/10.3390/plants13010004>
- [28] González-González MF, Ocampo-Alvarez H, Santacruz-Ruvalcaba F, Sánchez-Hernández CV, Casarrubias-Castillo K, Becerril-Espinosa A, Hernández-Herrera RM. Physiological, ecological, and biochemical implications in tomato plants of two plant biostimulants: Arbuscular mycorrhizal fungi and seaweed extract. *Frontiers in plant science* 2020, 11,1-18. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00999>
- [29] Weisser M, Mattner SW, Southam-Rogers L, Hepworth G, Arioli T. Effect of a Fortified Biostimulant Extract on Tomato Plant Productivity, Physiology, and Growing Media Properties. *Plants* 2024, 13(1), 1-16. <https://doi.org/10.3390/plants13010004>
- [30] Szparaga A, Kuboń M, Kocira S, Czerwińska E, Pawłowska A, Hara P, Kwaśniewski D. Towards sustainable agriculture—Agronomic and economic effects of biostimulant use in common bean cultivation. *Sustainability* 2019, 11(17), 1-31. <https://doi.org/10.3390/su11174575>
- [31] Almeida PV, Gando-Ferreira LM, Quina MJ. Tomato Residue Management from a Biorefinery Perspective and towards a Circular Economy. *Foods* 2024, 13(12), 1-26. <https://doi.org/10.3390/foods13121873>