

## Enraizantes a base de lenteja y sábila: una alternativa ecológica en la producción de tomate

### Rooting agents based on lentil and *Aloe vera*: an ecological alternative in tomato production

Fernando Emanuel García-Cid <sup>a</sup>, Félix Antonio Tapia-Zayago <sup>a</sup>, Sergio Rubén Pérez-Ríos <sup>a</sup>, Alfredo Madariaga-Navarrete <sup>a</sup>, Antonio de Jesús Cenobio-Galindo <sup>a</sup>, Iridiam Hernández-Soto <sup>a\*</sup>

#### Abstract:

In Mexico, tomatoes occupy second place in vegetable production; however, the excessive cost of seeds has generated limitations for small farmers, so reproduction by cuttings emerges as an alternative. In this context, natural rooting agents are explored as ecological alternatives to synthetic ones. For this reason, this research focused on evaluating the impact of rooting agents based on *Aloe vera* and lentils on tomato production, seeking to improve root development and, in turn, obtain vigorous seedlings for a successful transplant. The results show that natural rooting agents, especially the El15% and Es15% treatments, significantly affected agronomic variables such as the number of shoots, root length, and plant height. These findings support the viability of using natural rooting agents based on *Aloe vera* and lentils as an economic and ecological alternative to improve the propagation and development of tomato plants.

#### Keywords:

Ecological agriculture; root development; cuttings; phytohormones; sustainability.

#### Resumen:

En México, el tomate ocupa el segundo lugar en producción entre las hortalizas, sin embargo, el elevado costo de las semillas ha generado limitaciones para los pequeños agricultores, por ello la reproducción por esquejes surge como una alternativa. En este contexto, se exploran enraizantes naturales como alternativas ecológicas a los enraizantes sintéticos; Por ello esta investigación se centró en evaluar el impacto de enraizantes a base de sábila y lenteja en la producción de jitomate, buscando mejorar el desarrollo radicular y a su vez obtener plántulas vigorosas para un trasplante exitoso. Los resultados muestran que los enraizantes naturales, especialmente el tratamiento El15% y Es15%, tuvieron efectos significativos en variables agronómicas como el número de prendimientos, la longitud de la raíz y la altura de la planta. Estos hallazgos respaldan la viabilidad de utilizar enraizantes naturales a base de sábila y lenteja como una alternativa económica y ecológica para mejorar la propagación y desarrollo de plantas de jitomate

#### Palabras Clave:

Agricultura ecológica; desarrollo radicular; esquejes; fitohormonas; sustentable.

## 1. Introducción

En México el tomate o jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) ocupa el segundo lugar en producción entre las hortalizas con 3.4 millones de

toneladas anuales; debido a su elevada demanda por los consumidores, tanto en el mercado nacional como extranjero, los productos amplían constantemente la superficie cultivada [1]. En los últimos años el precio de las semillas han alcanzan

<sup>a</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Iridiam Hernández-Soto, <https://orcid.org/0000-0002-0307-1651>, Email: [Iridiam\\_hernandez@uaeh.edu.mx](mailto:Iridiam_hernandez@uaeh.edu.mx); Fernando Emanuel Gracia Cid, <https://orcid.org/0009-0003-8034-6748>, Email: [ga421804@uaeh.edu.mx](mailto:ga421804@uaeh.edu.mx); Félix Antonio Tapia-Zayago, Email: [ta419492@uaeh.edu.mx](mailto:ta419492@uaeh.edu.mx), <https://orcid.org/0009-0006-8815-5198>; Sergio Rubén Pérez-Ríos, <https://orcid.org/0000-0001-7892-4842>, Email: [sperez@uaeh.edu.mx](mailto:sperez@uaeh.edu.mx); Alfredo Madariaga-Navarrete, <https://orcid.org/0000-0001-6812-2221>, Email: [alfredo\\_madariaga@uaeh.edu.mx](mailto:alfredo_madariaga@uaeh.edu.mx); Antonio de Jesús Cenobio-Galindo, <https://orcid.org/0000-0003-3098-0487>, Email: [antonio\\_cenobio@uaeh.edu.mx](mailto:antonio_cenobio@uaeh.edu.mx)

Fecha de recepción: 01/02/2024, Fecha de aceptación: 12/05/2024, Fecha de publicación: 05/07/2024

DOI: <https://doi.org/10.29057/icap.v10i20.12371>



precios elevados, causando limitantes para el desarrollo de los sistemas agrícolas de pequeños productores, lo que genera dependencia de las grandes empresas de semillas. La reproducción por esqueje o chupones de tomate resulta ser una alternativa que permite el aprovechamiento de desecho de la producción [2]; esta técnica incluye el uso de diferentes enraizados sintéticos que contienen auxinas, ácido indol-3-butírico (IBA) y ácido 1-naftalenacético (NAA); los cuales juegan un papel vital para acelerar el inicio de las raíces, mejorar la uniformidad del enraizamiento, aumentar el número de raíces generadas y minimizar eficazmente el tiempo de enraizamiento [3]. Aunque el uso de estos agroquímicos puede incrementar los costos de producción, generar contaminación en suelo, agua y atmosfera; por lo que ha surgido la necesidad de buscar alternativas ecológicas.

El uso de enraizantes a base de plantas resulta ser una alternativa viable. Dentro de estas plantas se encuentra la sábila (*Aloe vera Barbadensis Miller*) y lenteja (*Lens culinaris Medik*) que contienen fitohormonas como auxinas y giberelina [4]. Por ejemplo, Nuñez Hidalgo [5] evaluó el enraizante de lenteja en el cultivo de poroto (*Erythrina edulis Triana ex Micheli*) donde se reporta una reducción en los días de emergencia, aumento el porcentaje de germinación y la altura de las plantas; En el trabajo realizado por Taboada Pérez [6] se evaluó el enraizante de lenteja en bambú (*Bambusoideae Bambusoideae*) y se reporta un mayor prendimiento de los esquejes en un periodo más corto. Alvarado-Aguayo y Munzón-Quintana [7] evaluaron el enraizante de sábila en laurel de la india (*Ficus benjamina* L.) en esta investigación se reporta un mayor prendimiento, vigor de plantas, emisión de brotes, longitud de raíces y peso de raíces al emplear este enraizante. Por lo anterior expuesto se consideró relevante evaluar a través de esta investigación, enraizantes naturales a base lenteja y sábila en la producción de jitomate con el objetivo de obtener un incremento en el desarrollo radicular, así como plántulas vigorosas de excelente calidad al momento del trasplante, y finalmente ofrecer una alternativa ecológica y económicamente viable a productores de estos cultivos.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1 Obtención de la muestra vegetal

Los chupones de jitomate variedad aguamiel se obtuvieron en San Miguel Xolco, Otumba de Gómez Farías, Estado de México, la cual se ubica en las coordenadas Latitud 19. 6417° y Longitud -98. 7667°, a una altitud de 2360 msnm. Su clima es templado con una temperatura de 24°C y con una humedad de 55%. Se seleccionaron los chupones sanos y con una medida de 10 cm, posteriormente se cortaron con una navaja previamente desinfectada y finalmente se colocaron en agua hasta su posterior uso, para evitar la deshidratación de las muestras [8] (Figura 1).

### 2.2 Obtención de los enraizantes naturales

En una proporción de 1:4 de lentejas y agua. Se colocaron en remojo, y pasadas 24 horas, las lentejas se cubrieron con un paño para brindarles oscuridad y propiciar la germinación, posteriormente fueron hidratadas con agua cuando fue necesario y una vez germinadas, se realizó la molienda de las radículas haciendo uso del agua de remojo [9]. Para el enraizante de sábila se recolectaron 6 hojas de *Aloe vera*, mismas que fueron limpiadas para extraer la parte de la pulpa, seguidamente se licuaron por 10 minutos luego se ubicó en un colador para sacar las impurezas, posteriormente se colocaron en bandejas con 1 litro de agua colocándole diferentes concentraciones acordes a los tratamientos [10] (Figura 1).

### 2.3 Aplicación de enraizadores naturales

Para la aplicación de los enraizantes se consideraron los siguientes tratamientos 5, 10 y 15% de enraizantes de sábila y lenteja respectivamente (Figura 1). Los chupones de jitomate fueron puestos en recipientes por 7 días con el tratamiento respectivo (50 mL<sup>-1</sup>); en el caso del enraizante químico Rootex se consideró la concentración sugerida por el fabricante (2.5 g<sup>-1</sup>), y se incluyó un testigo el cual consistió en sumergir los chupones en vasos que contenían 50 mL de agua. Desde el momento del trasplante se aplicaron 50 mL<sup>-1</sup> de enraizante en cada planta, una vez por semana durante 4 semanas (Figura 1). Se hizo un

monitoreo constante para cuidar que el tejido vegetativo se mantuviera sano, según lo reportado por Aguayo et al. [7] y Vega, Ampuero, Díaz y Lemus [11].

## 2.4 Establecimiento del cultivo

El experimento se estableció en un invernadero con cubierta de polietileno (Figura 1). Después de los 7 días los chupones de jitomate se trasplantaron en bolsas de polietileno de 12 L que contenían una mezcla de turba y perlita en proporción 1:1 (v/v) (Figura 1). Para la nutrición del cultivo se utilizó una solución Steiner [12] y un sistema de drenaje por riego por goteo con diferentes niveles de riego en cada fase de crecimiento teniendo en cuenta la dinámica en el manejo, ambiente y desarrollo del cultivo: 100 mL para la etapa vegetativa, 500 mL para la etapa de floración y amarre del fruto [13]. Dentro de las labores culturales se realizó una poda de abajo hacia arriba, dejando el ápice y alrededor de 2 o 3 hojas laterales y un monitoreo semanal para quitar hierbas no deseadas en el cultivo.

## 2.5 Análisis agronómicos

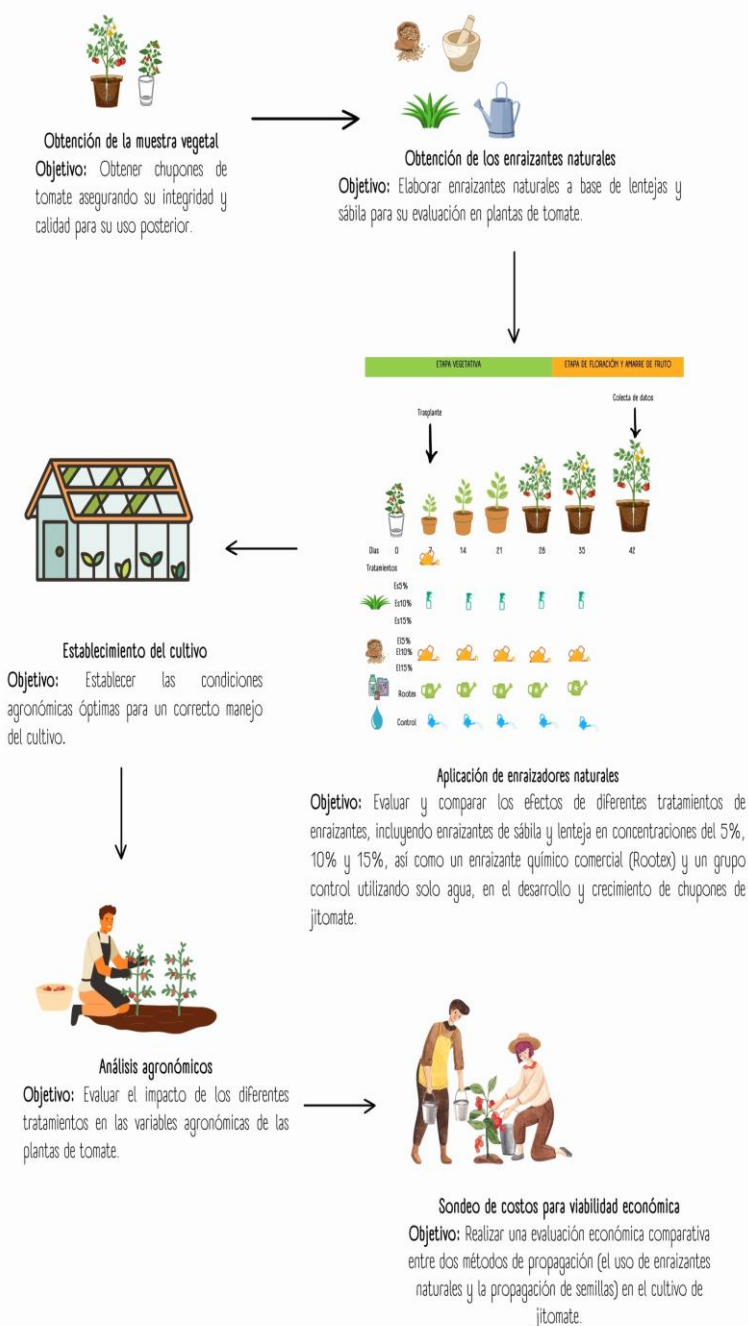
Para evaluar el efecto de los tratamientos sobre las variables agronómicas de las plantas de jitomate (No. de prendimientos, longitud de la raíz y altura de la planta), las mediciones se tomaron al momento del trasplante para el No. de prendimientos y 5 semanas posteriores al trasplante (Figura 1) para la longitud de raíz y altura de la planta, esto siguiendo las metodologías de Villanueva y Monico [14] y Sánchez Anchundia [15] (Figura 1).

## 2.6 Sondeo de costos para viabilidad económica

Para valorar la viabilidad económica del uso de enraizantes naturales comparado con la propagación de semillas en el cultivo de jitomate, se llevó a cabo un sondeo con 10 pequeños productores de la región de San Miguel Xolco, Otumba de Gómez Farías, Estado de México. Dicho sondeo permitió obtener información sobre costos actuales del mercado en los productos empleados para la producción de plántula de tomate mediante semillas y esquejes, esto siguiendo la metodología

de Pertierra-Lazo y Quispe Gonzabay [16] con algunas modificaciones (Figura 1).

**Figura 1.** Diagrama de flujo con secuencia de operaciones unitarias consideradas en esta investigación.



Fuente: Elaboración propia (canva © 2024)

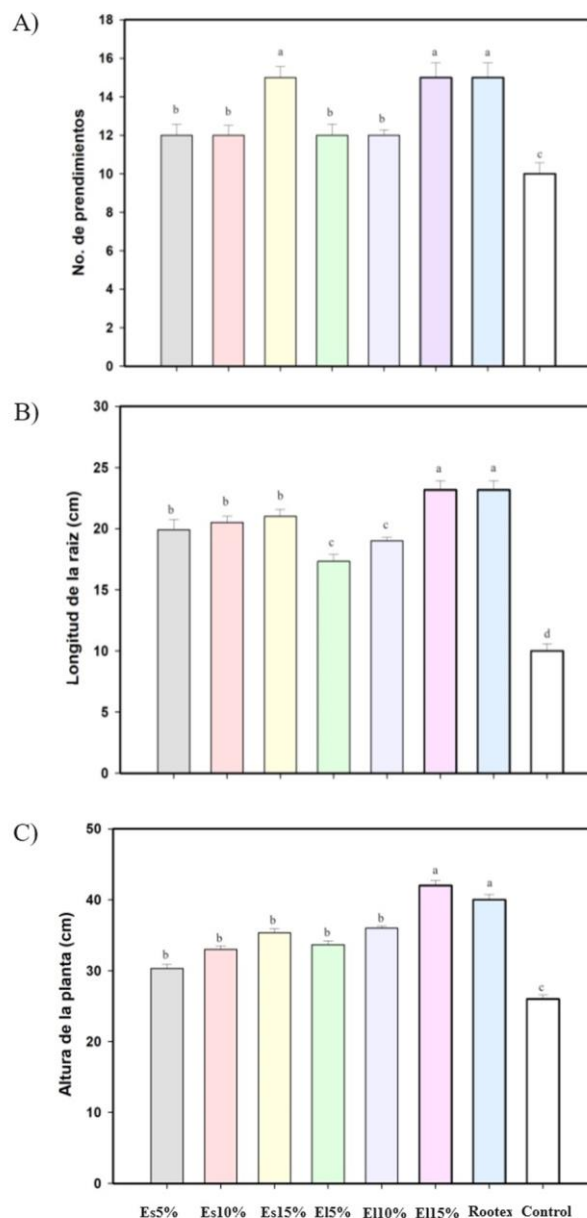
## 2.7 Análisis estadístico

Para cada uno de los tratamientos se consideraron cinco repeticiones con tres plantas por bloque y quince plantas por unidad de tratamiento, en un diseño de bloques completos al azar. Se realizó un análisis de varianza y la prueba de diferencia mínima significativa (LSD) de medias de Fisher ( $\alpha = 0,05$ ) para analizar las variables agronómicas. Todos los procedimientos estadísticos se realizaron utilizando el software Infostat 2020.

## 3. Resultados

Los enraizantes naturales tuvieron efecto en las variables agronómicas (Figura 2). Para el No. de prendimientos (Figura 2A) el tratamiento de EI15% y Es15% incrementaron el prendimiento un 150% en comparación al tratamiento control y tuvieron comportamiento similar al enraizante comercial, el No. de prendimientos se redujo un 20% en el tratamiento de EI10% en comparación al enraizante Rootex. En la longitud de la raíz (Figura 2B) el enraizante de sábila Es15% se incrementó un 210% en comparación al control y esta se redujo un 57% en el tratamiento control en comparación al tratamiento EI15%, comportamiento similar se presentó en la altura de la planta (Figura 2C) donde el tratamiento EI15% incremento la altura un 161% comparado con el control.

Con respecto a los datos del sondeo de costos para viabilidad económica entre producir tomate mediante esquejes y semillas (Tabla 1), los resultados indican que los costos totales se pueden reducir en un 40.8% si se propaga por esquejes usando enraizantes naturales a base de sábila y lenteja esto comparado con la propagación mediante semilla. El uso de semilla certificada y enraizante químico incrementa el costo de producción en un 66.71% (Tabla 1).



**Figura 2. A)** No. de prendimientos; **B)** Longitud de la raíz; **C)** Altura de la planta. **Es5%:** Promotor de enraizamiento de sábila al 5%; **Es10%:** Enraizante de sábila al 10%; **Es15%:** Agente estimulante radicular de sábila al 15%; **EI5%:** Estimulante de enraizamiento de lenteja al 5%; **EI10%:** Enraizante de lenteja al 10%; **EI15%:** Promotor de enraizamiento de sábila al 15%; **Rootex:** Enraizante comercial; **Control:** Agua. Letras diferentes por barra indican diferencias estadísticas de acuerdo con LSD Fisher ( $\alpha = 0,05$ ).

**Tabla 1.** Comparación económica entre propagación por esquejes y semilla de jitomate

Método de producción	Material	Precio por pieza y/o hulto	No. de piezas	Costo final
Propagación por esquejes con enraizantes naturales	Lenteja	\$0	300	\$0.00
	Sábila	\$0	20	\$0.00
	Esquejes	\$0	167	\$0.00
	Sustrato	\$500	9	\$4,500.00
	Perlita	\$300	9	\$2,700.00
	Bolsas de plástico	\$5.50 c/u	167	\$920.00
				Total: \$ 8,140.00
Propagación con semillas	Semillas de jitomate variedad agua miel	\$3.27	Un millar	\$3270.80
	Charola de germinación	\$180	1	\$180.00
	Enraizador Rootex	\$360	1 por cada mes durante 6 meses	\$2160.00
	Sustrato	\$500	9	\$4,500.00
	Perlita	\$300	9	\$2,700.00
	Bolsas de plástico	\$5.50 c/u	167	\$920.00
				Total: \$13,730.80

\* Costo de producción total y unitario para 1 t de tomate (en pesos mexicanos año 2024)

Fuente: elaboración propia mediante sondeo de costos para viabilidad económica y verificados en Hydro Environment ®

#### 4. Discusión

Estos resultados pueden explicarse debido a que las lentejas estimulan el crecimiento de las plantas a través de diversos mecanismos, incluida la solubilización de fosfato y la fijación de nitrógeno, así como la producción de fitohormonas [17], mientras que el gel de *Aloe vera* es rico en minerales (p. ej., calcio, hierro, magnesio, potasio, fósforo y zinc), enzimas (p. ej., amilasa, catalasa, lipasa, oxidasa y superóxido dismutasa), aminoácidos (p. ej., alanina, glicina, leucina y prolina), vitaminas (p. ej., complejo B, C,  $\beta$ -caroteno,  $\alpha$ -tocoferol) y fitohormonas (p. ej., giberelina, acético indolacético y ácido abscísico) [18]; Lo anterior conlleva a un mayor prendimiento de los esquejes, una mayor longitud de raíz. La capacidad

de absorción de nutrientes de la raíz depende de las características de la raíz como: longitud total, volumen y área efectiva de absorción de raíces y esto se ve directamente reflejado con el desarrollo y producción de la planta [19]. Estos resultados coinciden con lo reportado por Ríos del Aguila [20] donde reporta un mayor número de prendimientos y longitud de raíz en esquejes de tomate empleando enraizantes naturales. Y con el reporte de Pérez [21] donde el enraizante a base de sábila promovió el crecimiento y desarrollo en plantas de tomate.

Los costos de producción se reducen un 40.8% en la propagación con enraizantes naturales en comparación a la propagación por semilla debido a que la materia prima (esquejes, sábila y lenteja) se pueden obtener de fuentes propias y no representa costo alguno al productor, incluso se pueden llegar a considerar residuos vegetales sin utilidad. En contraste estos se incrementan un 66.71% mediante la propagación por semillas debido a que las semillas se compran por millar, al ser semilla certificada el costo se eleva considerablemente, es necesario usar enraizadores químicos durante todo el ciclo productivo para asegurar la sanidad del cultivo y obtener múltiples beneficios de esto, lo que podría llegar a justificar la inversión inicial. Los costos se calcularon con la información obtenida del sondeo, donde los productores llegaron a la conclusión que un pequeño productor produce alrededor de 1 t por ciclo productivo, además consideran que es relevante usar semillas certificadas para obtener frutos de buena calidad lo que se traduce en una buena aceptación por los consumidores. Actualmente existen comparaciones entre los diferentes métodos de propagación en este cultivo, sin embargo, no existen estudios económicos que comparen el costo de propagación de esquejes empleando enraizantes naturales y la propagación por semillas, lo que convierte a esta investigación en un punto de partida relevante para la producción de tomate.

#### 5. Conclusiones

Este estudio demostró que los enraizantes de sábila y lenteja al 15% tienen actividad bioestimulante en la plántula de jitomate. Los resultados pueden atribuirse a las propiedades beneficiosas de las lentejas y el gel de *Aloe vera*, debido a los nutrientes



esenciales, enzimas y fitohormonas que contienen. Estos hallazgos sugieren que estos enraizantes pueden ser una alternativa ecológica y económicamente viable a los enraizantes químicos en los cultivos de tomate.

## Referencias

- [1] Esquivel-Cervantes LF, Tlapal-Bolaños B, Tovar-Pedraza JM, Pérez-Hernández O, Leyva-Mir SG, Camacho-Tapia M. *Efficacy of biorational products for managing diseases of tomato in greenhouse production*. Plants. 2022; **11**(13): 1-15.
- [2] González-Barbosa JJ, Ramírez-Pedraza A, Ornelas-Rodríguez FJ, Cordova-Esparza DM, González-Barbosa EA. *Dynamic measurement of portos tomato seedling growth using the kinect 2.0 sensor*. Agriculture. 2022; **12**(4): 1-24.
- [3] El-Banna H, Haroun SA, Albishi TS, Rashed AA, Albadrani M, Abdelaal K, Abdou AH. The Natural Alternatives: The Impact of Plant Extracts on Snowbush (*Breynia disticha* Forst.) Cuttings' Morpho-Physiological and Biochemical Characteristics. Horticulturae. 2023; **9**(10): 1-14.
- [4] Sánchez M, González-Burgos E, Iglesias I, Gómez-Serranillos MP. *Pharmacological update properties of Aloe vera and its major active constituents*. Molecules. 2020; **25**(6): 1-37.
- [5] Nuñez Hidalgo DA. *Formulación de dos enraizantes orgánicos a base de canela y lenteja para la producción de poroto (Erythrina edulis) con fines de restauración ambiental en la parroquia el triunfo en el periodo 2019-2020*. Bachelor's thesis, Ecuador, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi UTC. 2020; **1**(1): 5-22.
- [6] Taboada Pérez JL. *Propagación Vegetativa de Bambú (Guadua angustifolia Kunth) Mediante Esquejes Inducidos en Tres Sustancias Enraizantes en la Provincia de Jaén-Cajamarca*. Universidad Nacional de Jaén. 2020; **1**(1): 22-40.
- [7] Aguayo A, Munzón-Quintana M. *Evaluación de la efectividad de gel de sábila y agua de coco como enraizantes naturales en diferentes sustratos para propagación asexual de árboles de ficus benjamina*. Agronomía Costarricense. 2020; **44**(1): 65-78.
- [8] Huarhua Chipani T. *Propagación vegetativa de esquejes de queñua (Polylepis incana) con la aplicación de dos enraizadores naturales y tres tipos de sustratos en condiciones de vivero Cuajone, Torata-Moquegua*. UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI. 2017; **1** (1):120-140.
- [9] Barrios EAM, Vilca LC, Huamani OM. *Efecto de dos enraizantes naturales y uno sintético en la propagación de zarzamora (Rubus robustus C. Presl)*. Aporte Santiaguino. 2022; **15**(1): 72-86.
- [10] Torres V, Alfredo A. *Evaluación de dosis de Aloe vera como enraizante natural en esquejes de café robusta (coffea canephora) en el centro de apoyo Manglaralto*. Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2021; **1**(1):46.
- [11] Vega A, Ampuero N, Díaz L, Lemus R. *El Aloe vera (Aloe barbadensis Miller) como componente de alimentos funcionales*. Revista chilena de nutrición, 2005; **32**(3): 208-214.
- [12] Steiner AA. *A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition*. Plant and soil. 1961. **15**: 134-154.
- [13] 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.
- [14] Villanueva M, Monico F. *Eficacia de enraizante en propagación asexual de rosas (Rosa sp.) en condiciones de invernadero, valle Lacramarca*. Universidad San Pedro. 2023; **1**:1-42.
- [15] Sánchez Anchundia MA. *Prendimiento de Bursera graveolens (kunth) Triana & Planch, en etapa de vivero usando combinación de sustratos y enraizante natural*. Bachelor's thesis, Universidad Estatal del Sur de MANABÍ. 2019; **1**:1-47.
- [16] Pertierra Lazo R, Quispe Gonzabay J. *Análisis económico de lechugas hidropónicas bajo sistema raíz flotante en clima semiárido*. Revista de Ciencias de la Vida, 2020; **31**(1), 118-130.
- [17] Montejano-Ramírez V, Valencia-Cantero E. *The Importance of Lentils: An Overview*. Agriculture, 2024; **14**(1): 1-15.
- [18] Alkuwayti, M. A., Aldayel, M. F., Yap, Y. K., & El Sherif, F. (2022). *Exogenous Application of Aloe vera Leaf Extract Improves Silybin Content in Silybum marianum L. by Up-Regulating Chalcone Synthase Gene*. Agriculture, **12**(10), 1649.
- [19] Sharma A, Sharma JC, Shukla YR, Verma ML, Singh U, Spehia RS, Kumar A. *Nutrient Management Influences Root Characteristics and Nitrogen Use Efficiency in the Vegetable-Based Agroecosystem in the Northwestern Himalayas*. Sustainability, 2023; **15**(13):1-17.
- [20] Rios Del Aguila JA. *Efecto de diferentes concentraciones de agua de coco (Cocos nucifera) y extracto de Sapohuasca (Cissus verticillata), en el enraizamiento de esquejes de Tomate (Lycopersicum sp) VR. regional, bajo condiciones de nebulización en Pucallpa*. Universidad Nacional de Ucayali. 2022; **1**:1-77.
- [21] Pérez DM, Reyes DM, López MSD, Arteaga YR, Pimentel KR. *Efecto de un hidrogel natural a base de Aloe vera en diferentes dosis sobre parámetros de crecimiento del Lycopersicum esculentum L*. Revista ECOVIDA, 2023; **13**(1): 1-8.