

# Agraria

*Revista de Divulgación y Transferencia Tecnológica*

Vol 19, núm. 3, septiembre-diciembre 2022 • ISSN 0186 8063



Universidad  
Autónoma Agraria  
Antonio Narro



**Centéotl**, deidad azteca de la agricultura, es una advocación de Chicomecotl, diosa del maíz. La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en su afán por preservar los valores históricos de México, ha adoptado como logotipo de Agraria este símbolo que evoca y reafirma nuestras raíces ancestrales.

## COMITÉ EDITORIAL

Dr. Julio César Tafolla Arellano  
*Editor en Jefe*

Dr. José Dueñez Alanís  
Dr. Agustín Hernández Juárez  
M.C. Víctor M. López González  
M.C. Sergio Salvador García Rivera  
*Editores*

*Fotografía de portada:* Itzel Carolina Núñez García

La revista está indizada, desde 2006, en Latindex [Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal]; en la base de datos PERIÓDICA [de la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, México, Ciudad de México]; y en 2007 fue incluida en la base de datos del Centro Internacional de Investigación Científica [CIRS].

La **Revista Agraria**, vol. 19, núm. 3, septiembre-diciembre, 2022, es una publicación periódica, cuatrimestral, editada y distribuida por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro a través de la Dirección de Investigación. Calzada Antonio Narro 1923, Col. Buenavista, C.P. 25315. Saltillo, Coahuila, México. <http://www.revistaagraria.com/>, E-mail: [agraria@revistaagraria.com](mailto:agraria@revistaagraria.com). Tel. +52 (844) 411 02 12 y 4 11 02 80, ext. 2003. Número de Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 00-0000-0000000000-000 (en trámite); ISSN: 0186-8063, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derecho de Autor. Certificado de Licitud de Título: en trámite. Certificado de Licitud de Contenido: en trámite, que otorga la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas ilustradas de la Secretaría de Gobernación.

La opinión expresada en los artículos firmados es responsabilidad del autor(es). Se autoriza la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes, siempre y cuando se cite la fuente y no sea con fines de lucro.



# CONTENIDO

## PÁGINA

57

Candelilla: Recurso vegetal endémico con potencial para su uso integral  
Candelilla: Endemic plant with an integral potential use  
*Itzel C. Núñez García, Guillermo C. G. Martínez Ávila, Araceli Ochoa Martínez, Rojas R., O. Miriam Rutiaga Quiñones*

63

Logística interna y organizaciones sustentables para el análisis de los sistemas agrícolas  
Internal logistics and sustainable organizations for the analysis of agricultural systems  
*Jesús Manuel Herrera-Cebreros, Jesús Martín Robles-Parra, Karla Terán-Samaniego, Jesús Lauro Paz-Luna*

70

Efectos de diferentes efluentes residuales en el crecimiento y desarrollo de la Espinaca (*Spinacia oleracea* L.), provenientes de Saltillo, México  
Effects of various wastewater effluents on growth and development of spinach (*Spinacia oleracea* L.) from Saltillo, Mexico  
*Silvia Yudith Martínez-Amador, José Rodolfo Simental-De la Paz, Laura María González-Méndez, Alonso Méndez-López, Aída Isabel Leal-Robles, Michelle Ivone Ramos-Robles, Angélica Martínez-Ortiz*

78

Escarificación física, química y manual para la germinación de lirio persa (*Dietes sp.*)  
Physical, chemical and manual scarification for the germination of persian lily (*Dietes sp.*)  
*Maricruz Martínez-Jaramillo, Yessica Abigail Alvarado-Cepeda, Jorge Luis Vega-Chávez*



# Candelilla: Recurso vegetal endémico con potencial para su uso integral

## Candelilla: Endemic plant with an integral potential use

Itzel C. Núñez García<sup>1</sup>, Guillermo C. G. Martínez Ávila<sup>2</sup>,  
Araceli Ochoa Martínez<sup>1</sup>, Rojas R<sup>2</sup>., O. Miriam Rutíaga Quiñones<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ings. Química-Bioquímica, TecNM/Instituto Tecnológico de Durango, Blvd. Felipe pescador 1830 Ote., Col. Nueva Vizcaya, CP 34080. Durango, Dgo., México. <sup>2</sup>Laboratorio de Química y Bioquímica, Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León, General Francisco Villa S/N, CP 66050. General Escobedo, Nuevo León, México.

\*Autor de correspondencia: omrutíaga@itdurango.edu.mx

### RESUMEN

Gran parte del territorio mexicano está conformado por zonas áridas y semiáridas, las cuales están pobladas por diversas formas de vida. Las plantas y arbustos que ahí habitan son recursos forestales no maderables importantes para la economía del país, como es el caso de la candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc), que se utiliza para la obtención de su cera, la cual presenta cualidades deseables para múltiples aplicaciones industriales, principalmente en el área de alimentos y cosméticos. Durante el proceso de extracción se genera una gran cantidad de residuos al año que son ricos en compuestos bioactivos, los cuales no se aprovechan eficientemente. Por otro lado, existe poca información de estados productores como Coahuila, Durango y Zacatecas que describa las características de la candelilla y sus residuos, así como de la diversidad biológica presente en estas zonas. Esta revisión se enfocó en la composición química de la planta de candelilla y sus residuos para evaluar su potencial como fuente de compuestos bioactivos, a la vez que para describir las principales características de la cera.

**Palabras clave:** *Euphorbia antisyphilitica* Zucc, residuos, compuestos bioactivos

### ABSTRACT

Much of the Mexican territory is made up of arid and semi-arid zones, which are populated by various forms of life. The plants and shrubs that live there are non-timber forest resources important for the country's economy, as is the case of candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc), which is used to obtain its wax, which presents desirable qualities for multiple industrial applications, mainly in the area of food and cosmetics. During the extraction process, a large amount of waste is generated per year that is rich in bioactive compounds, which are not used efficiently. On the other hand, there is little information from producing states such as Coahuila, Durango and Zacatecas that describes the characteristics of candelilla and its residues, as well as the biological diversity present in these areas. This review focused on the chemical composition of the candelilla plant and its residues to assess its potential as a source of bioactive compounds, as well as to describe the main characteristics of the wax.

**Keywords:** *Euphorbia antisyphilitica* Zucc, residues, bioactive compounds

### INTRODUCCIÓN

Una de las actividades económicas reconocidas en las comunidades rurales del norte de México, es la explotación de la candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc) para la obtención su cera. El proceso de obtención de esta cera se ha realizado por más de 100 años en México, principalmente en las zonas desérticas del país: Chihuahua, Coahuila,

Durango, Hidalgo, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas y Zacatecas (Rojas-Molina *et al.* 2013). Al proceso tradicional de obtención de cera de candelilla se le han realizado pocas modificaciones, el cual inicia con la colecta de las plantas por los candelilleros, quienes cortan las plantas de raíz para, posteriormente, someterlas a un proceso de extracción con ácido sulfúrico a altas temperaturas para recuperar la cera (Instituto de la

Candelilla 2022). Sin embargo, recientemente se ha documentado el proceso ecológico con ácido cítrico, así como las características de la cera (Núñez-García *et al.* 2022). El proceso tradicional de obtención de cera en el estado de Coahuila -que se reconoce como el principal productor- genera de 60 a 120 toneladas de residuos al año. Estos residuos contienen compuestos químicos sin aprovechar, como la celulosa, la lignina y compuestos bioactivos, particularmente polifenólicos, los cuales presentan un potencial de aplicación como agentes antioxidantes, antiinflamatorios, anticancerígenos, entre otros (Ascacio-Valdés *et al.* 2010; 2013; Ventura-Sobrevilla *et al.* 2019). Es por esto por lo que, en la actualidad, se pretende establecer una estrategia integral que permita ofrecer una alternativa de uso a estos residuos para la generación de una economía circular, relacionada con esta actividad económica. Por otro lado, a pesar de que esta planta ha sido explotada durante tanto tiempo, no se han podido establecer plantaciones que garanticen el desarrollo sustentable del proceso. Los esfuerzos se han centrado en caracterizar la cera, sin contar con mucha información básica sobre el desarrollo de la planta y el conocimiento de la diversidad genética, metabólica y fisiológica de esta especie. En este grupo de trabajo, es de particular interés conocer la composición química de la planta y los residuos del proceso de extracción de la cera, a fin de establecer el potencial de uso de estos residuos para la obtención de compuestos bioactivos con alto valor agregado, por lo que esta investigación pretende abordar la candelilla desde la composición química

de la planta y los residuos, para evaluar el potencial de producción de compuestos bioactivos y las principales características de la cera.

### CANDELILLA (*Euphorbia antisiphilitica* Zucc)

La planta de la candelilla se caracteriza físicamente por estar formada por tallos verdes grisáceos con hojas pequeñas, los cuales, en época de lluvias presentan flores con tonalidades rosadas (Rojas-Molina *et al.* 2013). La composición química de candelilla (Figura 1) está formada de carbohidratos estructurales por celulosa, hemicelulosa, lignina, pectina, cera y extracto hidrosoluble (Rojas *et al.* 2020). Estos datos, son importantes para definir el aprovechamiento integral, como para la producción de enzimas hidrolíticas (Buenrostro-Figueroa, *et al.* 2014), y la obtención de antioxidantes: catequina, ácido eláxico, taninos hidrolizables, entre otros (Rojas-Molina *et al.* 2013, Ventura-Sobrevilla *et al.* 2019). Estos importantes compuestos siguen presentes en los residuos de la planta después de la extracción de la cera, donde se han identificado la presencia de compuestos bioactivos como flavonoides y ácidos fenólicos (Ascacio-Valdés *et al.* 2010;2013; Rojas *et al.* 2021). Es por esto que se propone el aprovechamiento integral de los residuos de la candelilla, para la obtención de compuestos bioactivos.

Por otro lado, es importante llevar a cabo el análisis químico proximal para conocer los componentes químicos de un material vegetal. Se ha reportado que los lípidos son los principales constituyentes de

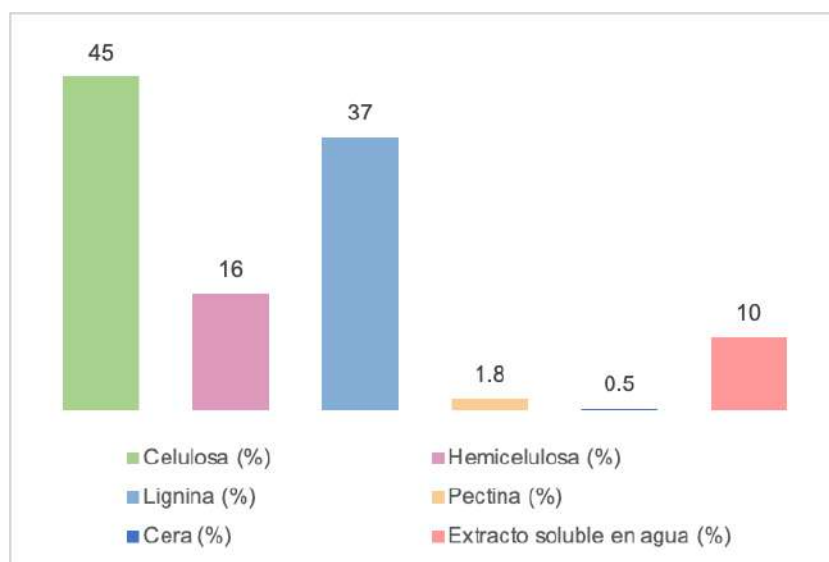
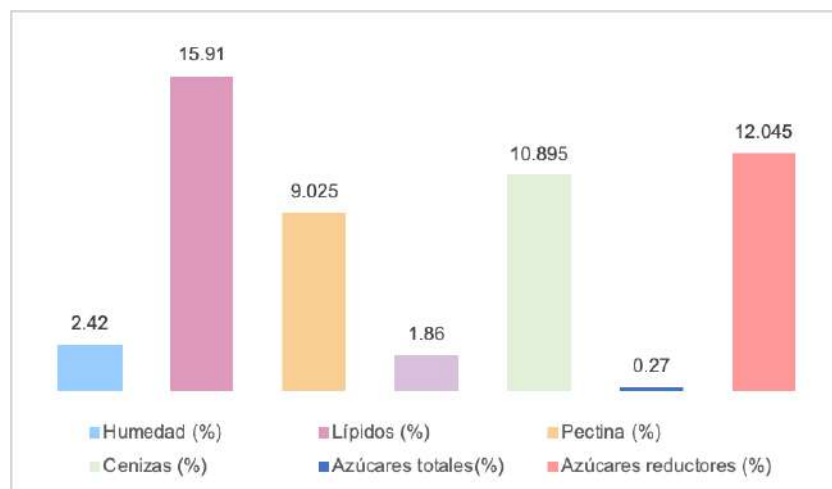


Figura 1. Composición química de candelilla (*Euphorbia antisiphilitica* Zucc)



**Figura 2.** Composición química proximal de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc) [g por cada 100 g de material seco]

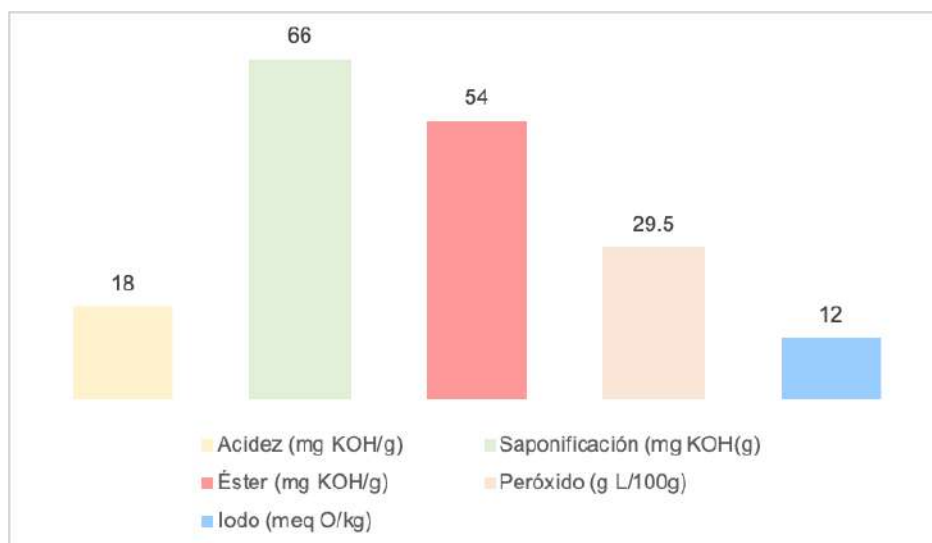
las plantas de candelilla (Figura 2) (Rojas *et al.* 2021) y que están relacionados con la presencia de cera y que, además, la composición química de las plantas está influenciada por factores como la variabilidad estacional, el clima y la genética. También se ha informado de que la planta de candelilla posee un gran número de fitomoléculas bioactivas de alta calidad que pueden actuar como agentes antimicrobianos y antioxidantes (Ascacio-Valdés *et al.* 2013; Vega-Menchaca *et al.* 2013; Serrano-Gallardo *et al.* 2017).

### CERA DE CANDELILLA

Es una sustancia compleja de origen vegetal, carac-

terizada por su alto contenido de hidrocarburos y baja cantidad de ésteres volátiles (Nuñez-García *et al.* 2022; Sánchez-Becerril *et al.* 2018; Rojas-Molina *et al.*, 2013); además, la cera es reconocida por su importancia económica y por la cantidad de aplicaciones industriales que presenta (Rojas *et al.* 2021).

La cera de candelilla ha sido evaluada y reconocida como segura (GRAS) por variadas e importantes instituciones como el Comité Científico de la Alimentación Humana (SCF), por el Comité Mixto FAO/OMS, Comité de Expertos en Aditivos Alimentario (JECFA), así como por la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) para su aplicación en la industria alimentaria (Sánchez-Becerril *et*



**Figura 3.** Composición fisicoquímica de ceras de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc)

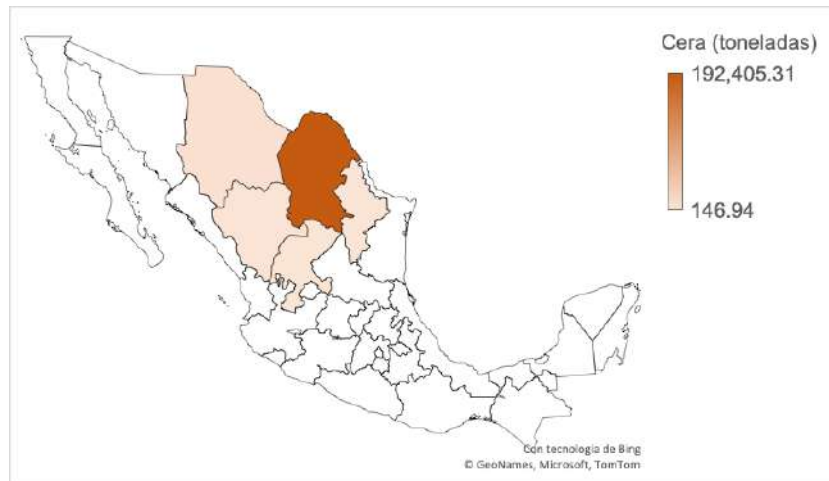


Figura 4. Producción de cera de Candelilla en el año 2017

al. 2018; Cabello-Alvarado *et al.* 2013; Rojas-Molina *et al.* 2013).

Dentro de las propiedades de la cera se encuentra el punto de fusión con una temperatura de alrededor de 80°C, un bajo porcentaje en el índice de iodo y valor de acidez, y alto porcentaje en el valor de saponificación (Figura 3) (Núñez-García *et al.* 2022). Conocer el significado, la composición, así como las propiedades de la cera de candelilla es de gran relevancia, ya que son punto de partida para realizar variados estudios, así como para verificar su calidad.

La extracción de cera es una actividad económica importante en los estados del norte de México, de los cuales Coahuila es el principal productor (192,405.31 t), seguido de Chihuahua (5287.47 t), Durango (1,202.85), Zacatecas (766.26) y Nuevo León (146.94)

(Figura 4). (Reporte interno de CONAFOR, 2017)

### RESIDUOS DE CANDELILLA (*Euphorbia Antisyphulitica* Zucc)

Durante los procesos de extracción de cera de candelilla se generan toneladas de sobrantes al año (tallos sin cera), los cuales pueden ser considerados como subproductos con potencial como residuo agroindustrial. Sólo se ha reportado la cantidad de residuos generados por los estados de Coahuila (66.21 t), Durango (88.33) y Zacatecas (118.96 t) para el año 2017 (Figura 5) (Reporte interno de CONAFOR, 2017).

Este residuo presenta características nutricionales que lo convierten en sustrato para la producción de enzimas de interés biotecnológico como la elagi-

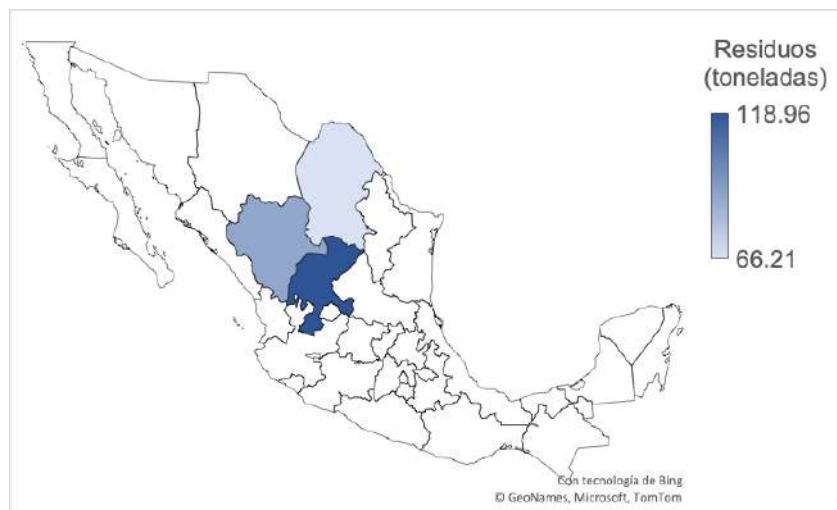
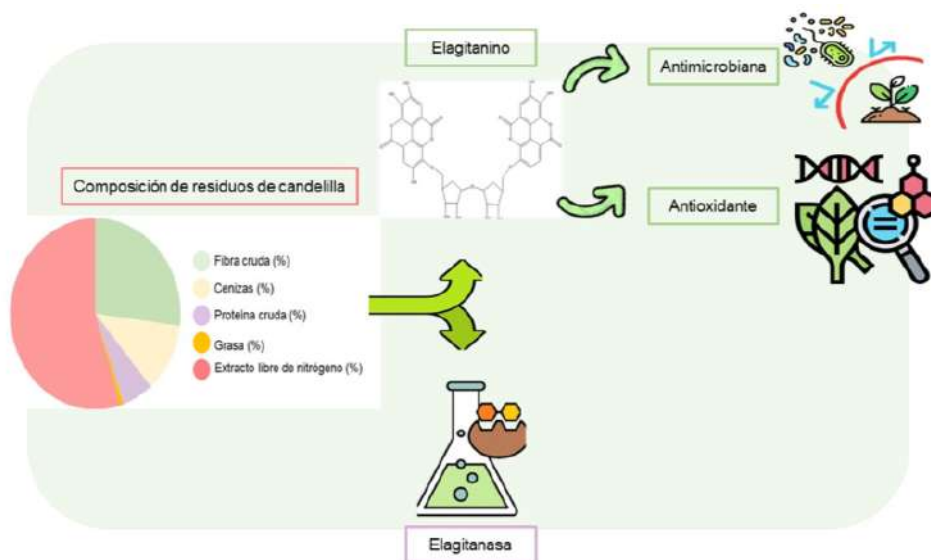


Figura 5. Generación de residuos de candelilla en el año 2017



**Figura 6.** Composición química proximal y capacidades biológicas de los residuos de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc)

tanasa (Aranda-Ledesma 2022; Buenrostro-Figueroa *et al.* 2014); éstas se presentan en la Figura 6. También se ha demostrado que los tallos de candelilla sin cera presentan compuestos polifenólicos como los elagitaninos de alto peso molecular, con capacidades biológicas importantes, tales como antioxidante y antimicrobiana contra bacterias como *Erwinia amylovora*, *Clavibacter michiganensis* y *Xanthomonas axonopodis* (Figura 6) (Bautista-Hernández *et al.* 2021; Burboa *et al.* 2014; Ascacio-Valdés *et al.* 2013).

### Perspectivas a futuro de los residuos como fuente de fitoquímicos y funciones potenciales

En la actualidad, las plantas de candelilla son consideradas una importante fuente de ingresos para las personas que realizan la extracción de su cera, principalmente de las regiones semidesérticas del norte de México. Por otro lado, se investigan novedosos enfoques biotecnológicos para explotar los múltiples beneficios de estas plantas, así como la valorización sustentable de los fitoquímicos de la candelilla. Es necesario crear estrategias de economía circular para que puedan ser implementadas por las comunidades rurales dedicadas a la producción de cera y concienciar sobre el potencial biotecnológico y sus beneficios económicos que pueden obtenerse de los múltiples

usos de las plantas de candelilla, lo que generaría una mayor cantidad de empleos y una mejor calidad de vida en esta región.

### CONCLUSIONES

La candelilla es un recurso forestal no maderable que puede ser susceptible de un aprovechamiento integral como materia prima novedosa, con el potencial de producción de compuestos bioactivos a partir de los residuos que se generan en la obtención de cera, sin embargo, aunque México se han creado proyectos en beneficio de los candelilleros y de la reforestación de la candelilla, aún es necesario superar varios retos para el manejo sustentable y sostenible de este proceso.

### AGRADECIMIENTOS

Al TECNM proyecto 15325.22-P “Caracterización Físicoquímica y Diversidad Biológica de Residuos de Candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc).

### LITERATURA CITADA

ARANDA-LEDESMA, N. E. (2022). Caracterización avanzada de candelilla y otras plantas del semi-desierto

- mexicano. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Agronomía. 103 p. Nuevo León: <http://eprints.uanl.mx/22907/>.
- ASCACIO-VALDÉS, J. A., Aguilera-Carbó, A., Martínez-Hernández, J. L., Rodríguez-Herrera, R., & Aguilar, C. N. (2010). Euphorbia antisyphilitica residues as a new source of ellagic acid. *Chemical Papers*, 64:528-532.
- ASCACIO-VALDÉS, J., Burboa, E., Aguilera-Carbo, A. F., Aparicio, M., Pérez-Schmidt, R., Rodríguez, R., & Aguilar, C. N. (2013). Antifungal ellagitannin isolated from Euphorbia antisyphilitica Zucc. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 3:41-46.
- BAUTISTA-HERNÁNDEZ, I., Aranda-Ledesma, N. E., Rojas, R., Tafolla-Arellano, J. C., & Martínez-Ávila, G. C. (2021). Antioxidant activity of polyphenolic compounds obtained from Euphorbia antisyphilitica by-products. *Heliyon*, 7(4).
- BUENROSTRO-FIGUEROA, J., Ascacio-Valdés, A., Sepúlveda, L., De-La-Cruz, R., Prado-Barragán, A., Aguilar-González, M. A., Aguilar, C. N. (2014). Potential use of different agroindustrial by-products as supports for fungal ellagitannase production under solid-state fermentation. *Food and Bioproducts Processing*, 92:376-382.
- BURBOA, E. A., Ascacio-Valdés, J. A., Zugasti-Cruz, A., Rodríguez-Herrera, R., & Aguilar, C. N. (2014). Antioxidant and antibacterial capacity of candelilla extracts residues. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 45:51-56.
- CABELLO-ALVARADO, C. J., Sáenz-Galindo, A., Barajas-Bermúdez, L., Pérez-Berumen, C., Ávila-Orta, C., & Valdés-Garza, J. A. (2013). Candelilla y sus aplicaciones. *Avances en Química*, 8(2):105-110.
- CANDELILLA, I. d. (09 de 12 de 2022). *Fabricación*. Obtenido de [https://www.candelilla.org/?page\\_id=532&lang=es](https://www.candelilla.org/?page_id=532&lang=es)
- NÚÑEZ-GARCÍA, I. C., Rodríguez-Flores, L. G., Guadiana-De-Dios, M. H., González-Hernández, M. D., Martínez-Ávila, G. C., Gallegos-Infante, J. A., Rutiaga-Quñones, M. (2022). Candelilla wax extracted by traditional method and an ecofriendly process: assessment of its chemical, structural and thermal properties. *Molecules*, 27:3735.
- ROJAS, R., Tafolla-Arellano, J. C., & Martínez-Ávila, G. C. (2021). Euphorbia antisyphilitica Zucc as a potential source of phytochemicals with potential applications in industry. *Plants*, 10:8.
- ROJAS-MOLINA, R., De León-Zapata, M. A., Saucedo-Pompa, S., Aguilar-González, M. A., & Aguilar, C. N. (2013). Chemical and structural characterization of Candelilla (Euphorbia antisyphilitica Zucc). *Journal of Medicinal Plants Research*, 7(12):702-705.
- SÁNCHEZ-BECERRIL, M., Maragoni, A. G., Perea-Flores, M. J., Cayetano-Castro, N., Martínez-Gutiérrez, H., Andraca-Adame, J. A., & Pérez-Martínez, J. D. (2018). Characterization of the micro and nanostructure of the Candelilla wax organogels crystal networks. *Food Structure*, 17:1-7.
- SERRANO-GALLARDO, L. B., Castillo-Maldonado, I., Borjón-Ríos, C. G., Rivera-Guillén, M. A., Morán-Martínez, J., Téllez-López, M. A., . . . Vega-Menchaca, M. C. (2017). Antimicrobial activity and toxicity of plants from northern Mexico. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 16:203-207.
- VEGA-MENCHACA, M. C., Rivas-Morales, C., Verde-Star, J., Oranday-Cárdenas, A., Rubio-Morales, M. E., Núñez-González, M. A., & Serrano-Gallardo, L. B. (2013). Antimicrobial activity of five plants from Northern Mexico on medically important bacteria. *African Journal of Microbiology Research*, 7:5011-5017.
- VENTURA-SOBREVILLA, J., Gutiérrez-Sánchez, G., Bergmann, C., Azadi, P., Boone-Villa, D., Rodríguez-Herrera, R., & Aguilar, C. N. (2019). Glycosylation of polyphenols in tannin-rich extracts from Euphorbia antisyphilitica, Jatropha dioica and Larrea tridentata. En C. N. Aguilar, S. C. Ameta, & A. K. Haghi, *In Green Chemistry and Biodiversity Principles, Techniques and Correlations*. New York, NY, USA: Apple Academic Press.

# Logística interna y organizaciones sustentables para el análisis de los sistemas agrícolas

## Internal logistics and sustainable organizations for the analysis of agricultural systems

Jesús Manuel Herrera-Cebreros<sup>1</sup>, Jesús Martín Robles-Parra<sup>1\*</sup>, Karla Terán-Samaniego<sup>1</sup>,  
Jesús Lauro Paz-Luna<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Coordinación de Desarrollo Regional. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Carretera Gustavo Enrique Astiazarán Rosas No. 46. Col. La Victoria. CP 83304, Hermosillo, Sonora, México. Tel. (662) 289 2400.

\*Autor de correspondencia: jrobles@ciad.mx

### RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo proporcionar evidencia referencial sobre la relevancia de la logística interna en el avance de las organizaciones agrícolas hacia sustentabilidad. El fundamento metodológico se sustenta en una revisión puntal del estado del arte entre los conceptos de logística interna y sustentabilidad en las organizaciones para fundamentar la hipótesis de que los procesos logísticos coadyuvan a la sustentabilidad de los sistemas agrícolas. Los resultados de las búsquedas, indican que la literatura se ha ocupado relativamente poco por establecer esta relación entre logística interna y nivel de sustentabilidad, lo que da adecuado nivel de originalidad y capacidad analítica para abordar los problemas complejos de los sistemas agrícolas.

**Palabras clave:** logística interna, organización sustentable, sustentabilidad.

### ABSTRACT

The present research work aims to provide referential evidence on the relevance of internal logistics in the advancement of agricultural organizations towards sustainability. The methodological foundation is based on a fundamental review of the state of the art between the concepts of internal logistics and sustainability in organizations to support the hypothesis that logistics processes contribute to the sustainability of agricultural systems. The results of the searches indicate that the literature has devoted relatively little attention to establishing this relationship between internal logistics and level of sustainability, which gives an adequate level of originality and analytical capacity to address the complex problems of agricultural systems.

**Keywords:** internal logistics, sustainable organization, sustainability.

### INTRODUCCIÓN

Los sistemas agrícolas se exponen actualmente a condiciones complejas de consumidores que demandan no solo los atributos convencionales del producto, sino condiciones más complejas y poco visibles a lo que se le ha denominado condiciones intangibles de demanda. Muchos de estos nuevos atributos tienen han propiciado que las organizaciones avancen hacia la sustentabilidad. Por ello, este trabajo de investigación tiene por objetivo proporcionar evidencia referencial sobre la relevancia de la logística

interna en la búsqueda de las organizaciones por ser cada vez más sustentables. El fundamento metodológico se sustenta en una revisión puntal del estado del arte entre los conceptos de logística interna y sustentabilidad en las organizaciones para fundamentar la hipótesis de que los procesos logísticos coadyuvan a la sustentabilidad de los sistemas agrícolas.

El trabajo se divide en tres apartados: en el primer apartado se define conceptualmente logística interna; en el segundo se aborda la calidad y la cadena de suministro, y, finalmente, el tercer apartado revisa la organización sustentable.

## LOGÍSTICA INTERNA

Las primeras referencias del término logística se encuentran en la rama militar. En la industria, dicho término se introdujo por primera vez en 1964 como un proceso comercial y se denominó logística empresarial. En ese momento, la logística empresarial solo se ocupaba de la distribución física de mercancías. En la actualidad, se da una forma de logística que se conforma de varios elementos, uno de ellos es la planificación, otro es la implementación y el control del flujo. Un último elemento es el llamado almacenamiento eficiente y efectivo de los denominados bienes, servicios e información cuyo contenido se encuentra relacionado desde su punto de origen, y que transita hasta el punto de consumo. De esa manera se alcanza la satisfacción y el abastecimiento de las necesidades del cliente. (Bernardo *et al.*, 2022).

Sin embargo, para abordar la logística interna, se requiere, primeramente, conocer el concepto de logística. Coyle *et al.* (1992), desarrollan las bases teóricas del concepto. Las bases se fundamentan en el estudio de lo que es el costo total, así como del incremento del interés en lo que se refiere al servicio que se proporciona al consumidor. Otro aspecto importante es la responsabilidad de los movimientos en los inventarios y el desarrollo de los sistemas de computación. En este punto, el concepto logístico se apreciaba unido a la operalización de lo que es la distribución física. De aquí es cuando se eleva la relevancia de los estándares del servicio al consumidor.

Para ir más allá de la revisión y análisis de la logística, se debe de partir de la teoría de sistemas y, a la vez, determinar en dónde se ancla este sistema logístico. Si se define el concepto, lo más apegado a su contenido, sería, como lo señalan Acevedo y Urquiaga (2000), citados por Díaz (2012), que es una red de unidades autónomas entre sí que a la vez se coordinan, y que con ello consiguen garantizar la satisfacción de los clientes tanto en el tiempo, como en la calidad, la cantidad y los costos demandados (p. 7). El sistema logístico licencia a la organización en cuanto a elegir e incluir las unidades productivas y de servicio óptimas del contexto inmediato, y así cumplir de forma competitiva las metas propuestas.

El denominado: Council of Supply Chain of Management Professionals (CSCMP), nombre que adquirió, posteriormente, antes se le llamó: Council of Logistics Management (CLM), que fue empleado por Ballou (2004), considera a la logística como una

sección de la cadena de suministro. Ésta planifica y también genera y efectúa control del flujo, tanto hacia atrás como hacia adelante. Al mismo tiempo incide en la estrategia de almacenamiento efectiva de los bienes, así como de los servicios y de toda la información referida desde el origen hasta el consumo. Estos procesos tienen el objetivo de cubrir, enteramente, los requerimientos de los demandantes.

La definición de este concepto se enfoca en el movimiento y en la forma de almacenamiento de los bienes y de los servicios. Todo va en relación con lo que el consumidor demanda. Desde esta perspectiva, la definición luce operativa y se concentra en una única unidad. En un contexto en el que la competencia se encuentra limitada o que su estructura de operaciones se encuentra condicionada, tal definición se referirá estrictamente a lo que conforma la gestión de la logística.

Según Bernardo *et al.* (2022), la logística se puede subdividir en logística externa e interna. La logística externa se refiere al transporte, almacenamiento y entrega de bienes a clientes u otras organizaciones. Mientras que la logística interna consiste en las actividades de apoyo y el movimiento de materiales que se dan dentro de una organización.

Para Balon y Roszak (2020), la logística interna es un elemento clave de un proceso de producción, ya que especifica la calidad del producto, la puntualidad y el valor de los pedidos. Es un elemento integral del sistema de producción, porque cada producto implica el uso de operaciones de transporte, desde la entrega de materiales a la empresa, pasando por el envío dentro de la planta, hasta la distribución de productos terminados al cliente. Zoubek y Simon (2021), mencionan que la logística interna es una parte fundamental en los procesos productivos; áreas como almacenamiento y abastecimiento de líneas de producción con insumos, son algunos de los procesos clave en una empresa.

Fabri *et al.* (2022), sostienen que el campo de la logística se refiere al flujo de materiales entre y dentro de las organizaciones. Asimismo, es un campo vital para ganar competitividad en el mercado al reducir costos o sirviendo mejor a los clientes. Por lo tanto, la logística interna, significa flujos de materiales dentro de un mismo negocio o una misma planta, por ejemplo, desde el almacén hasta una línea de montaje. La mejora de estos flujos puede conducir a una reducción de los retrasos, interrupciones, accidentes y también contribuir a minimizar los costos logísticos.

Por otro lado, Pinheiro de Lima *et al.* (2016), añaden que la logística interna se entiende, como operaciones de logística interiorizado en la organización, por ejemplo, transporte en el interior, conducción de materiales, empaque, almacenaje y embalaje. Un punto de vista interno del sistema de logística está confinado a una cadena de suministros, con el fin de establecer eficacia, eficiencia y reduciendo la subutilización al interior de la organización. Además, los proveedores y los consumidores son un importante factor externo en el entorno del sistema de logística interna, que aunque no pueden manipularlo, sí pueden impactar en el sistema de logística. Así, el desempeño de la logística está vinculado a la atención al consumidor y al propósito de adquirir la capacidad para atender a sus necesidades. Por lo tanto, cuando se habla de logística interna como sistema, tanto el consumidor como el abastecedor del servicio debe ser considerado como una persona más de la propia organización. Es así que la logística interna se aprecia como un sistema, porque tanto el proveedor como el consumidor del servicio forman parte de la misma organización.

En cuanto a la semántica del término logística interna, Pinheiro de Lima *et al.* (2016) lo comprenden como las estrategias de movimientos internos que constituyen la planificación, así como la ejecución y el ejercicio del control del flujo físico y de la diversidad de información de la empresa. Con ello se busca escalar el nivel de los recursos, procesos y de los servicios, economizando todo ello al máximo.

Otro dato interesante en el campo de la logística interna es el tema de la calidad que se refiere a aspectos relacionados con las características técnicas, los defectos, la oportunidad y los costos de calidad. El aspecto de la calidad puede relacionarse directamente con aspectos tales como: técnicas inadecuadas en el campo de la protección del producto durante el transporte, la manipulación o el almacenamiento, uso de embalaje inadecuado, contenedores de transporte, estado de la infraestructura de transporte, cualificación de los empleados, falta de reglamentos internos, procedimientos o instrucciones de envasado, y muchos otros específicos del producto, proceso y entorno de su aplicación (Balon y Roszak, 2020).

La logística interna, sin embargo, no ha recibido mucha atención por parte de los investigadores en los últimos años. Como tal, existe una necesidad inminente de que se vuelva flexible para respaldar la optimización del flujo de trabajo general de la empresa (Bernardo *et al.*, 2022). Otro punto a conside-

rar es el hecho de que las investigaciones al respecto son limitadas en cuanto a logística interna, por lo que hay que tener en consideración a la hora de afrontar conceptos logísticos (Fabri *et al.*, 2022).

## ORGANIZACIÓN SUSTENTABLE

En distintos medios se emplea el concepto de organización sustentable. Uno de esos medios es la descripción de los trabajos y actividades que efectúa un equipo de trabajadores. En este artículo se muestra interés en esta expresión en relación con la administración. Así, desde este punto de vista, el término de organización hace referencia a funciones formalizadas y puestos que han experimentado un diseño previo. En una organización se establecen relaciones entre funciones, lo mismo que entre niveles y actividades, tanto de lo que se refiere a lo material como a las personas. Esto es con el objetivo de alcanzar la más alta eficacia en lo que tiene que ver con los planes y con los objetivos mencionados. Aunado a lo anterior, aparece la sistematización racional de bienes por medio de la estratificación de niveles, disposición y correlación, que a la vez que se agrupan en actividades, cuyo objetivo es sintetizar las funciones del grupo social (Galindo, 2006).

Las organizaciones deben contar con la capacidad de resguardar a los interesados, empleados, operaciones, relaciones, y recursos que las forman. La organización tiene que contar con una estructura que permita el ordenamiento de las funciones capitales para poder operar. Aquí son de gran importancia los equipos, los puestos, las jerarquías establecidas, la red de relaciones y, por supuesto, los recursos. Con lo anterior, la organización puede determinar, acertadamente, la ruta en la que se compartirán, se agruparán y se coordinarán los trabajos y tareas. Es posible ajustar distintos formatos de distribución y asentamiento de funciones en relación con la tecnología y la estrategia (Rivas, 2002; Andrade, 2005; Chiavenato, 2005). Las organizaciones mayormente, actúan en un ambiente de continuos cambios en cuanto a tecnología, mercado, producto y competencia (Romero *et al.*, 2018; citado en Maycotte *et al.*, 2022).

Con base en lo anterior, la definición de organización ha sido discutida largamente, sin embargo, el concepto de organizaciones sustentables, que se encuentra vinculado al desarrollo sustentable, se ajusta a una definición nueva (Solís *et al.*, 2017). En este sentido, Terán *et al.* (2019), comentan que los conceptos de organización y desarrollo sustentable

logran una fusión que permite dar una nueva orientación a la organización, lo que hace posible entender que la implementación de prácticas relacionadas con los tres ejes del desarrollo sustentable (social, económico y ambiental) está positivamente relacionada con una mejora de la imagen organizacional. Una organización sustentable es la que interioriza actividades, operaciones y estrategias de negocio que cubran las necesidades de la organización y de la sociedad en el presente, mientras cuide, mantenga y aumente los recursos humanos y ecológicos que serán necesitados por las siguientes sociedades en el futuro.

Para Romero *et al.* (2018), citado en Maycotte *et al.* (2022), el desarrollo sustentable es un instrumento competitivo, el cual es examinado y valorado por la organización dada la presión que ejercen los compradores, entidades y gobierno, entre otras sociedades de interés. Por ello, el concepto es acogido por éstas como una ideología y método a largo plazo, en donde las ganancias económicas para la organización, el bienestar social de la comunidad y la protección del medio ambiente, se obtienen como una triple ganancia. Además, como menciona Yousef y Ayham (2022), las organizaciones que planifican y gestionan estratégicamente la sustentabilidad muestran un desempeño efectivo a largo plazo en medio de las limitaciones impuestas por factores financieros, sociales y ambientales. Por su parte Kent (2020), citado en Maycotte *et al.* (2022), comenta que una organización sustentable es aquella responsable, es decir, aquella que considera la responsabilidad social, individual y del grupo de interés, una vez que incorpore los principios éticos de un comportamiento sustentable.

Hawken (1993) introduce correcciones importantes a la definición de este concepto donde la organización no solamente debe contar con planteamientos o estrategias conocidos como imagen, poder, velocidad, empaque, entre otros. En la actualidad, además de las anteriores, deberán incorporarse planteamientos o estrategias donde la organización identifique la manera de minimizar la distribución de costos, el consumo de energía, la acumulación económica, el desgaste del suelo, la polución del aire y entre otros daños al medio ambiente. Dyllick y Hockerts (2002) definen a las organizaciones sustentables como las que cubren las necesidades de la sociedad, sin exponer las necesidades de futuras generaciones. Por su parte, Maio (2003) plantea una definición práctica: son todas las

organizaciones que incorporan actividades sensatas en la conservación social, ecológica y económica, en donde se puede observar, es coherente con las dimensiones que soportan el desarrollo sustentable. Así también, Florea *et al.* (2013), establecen la definición de organización sustentable como aquella que incluye las dimensiones: económica, social y ecológica en las operaciones de la organización.

Bansal (2005) establece que lo que se conoce como dimensión ambiental es adquirida por las organizaciones en cuanto a gestión ambiental, así también la esfera social para la gestión social. Ello es posible por la equidad social y con la perspectiva de la responsabilidad social. La dimensión económica intenta encontrar su equilibrio económico en la creación de valor. Dillard *et al.* (2009) abordan la dimensión social del desarrollo sustentable y lo entiende como el proceso que permite el bienestar social dentro de la organización.

Para Baumgartner y Ebner (2010), la organización sustentable busca condicionar de forma positiva las relaciones con las sociedades de interés. En este sentido, Figueroa y García (2018), citados en Maycotte *et al.* (2022), indican que, las sociedades de interés (stakeholders) en una organización son un factor clave en la toma de hábitos del desarrollo sustentable en la organización, debido a que estimulan a los tomadores de decisiones a sesgarse por hechos social y ecológicamente responsables, mediante estimaciones que afecten la imagen de la organización o marquen en sus ventas.

Konadu (2014) menciona la dimensión económica del desarrollo sustentable en las organizaciones como la respuesta de ellas ante el bienestar económico de los grupos de interés. Entre muchas de las actividades de la dimensión se encuentran la creación de empleos, inversión en entrenamiento y producción laboral. En el mismo termino, Bumgartner y Ebner (2010) comentan sobre las implicaciones del desarrollo sustentable en las organizaciones; además de identificar y definir los entornos económico y ambiental, se dan a la tarea de profundizar en la dimensión social de la misma y lo subdividen en social interno y externo. Con base en lo anterior, Baumgartner (2009) asegura que las organizaciones interpretan un papel fundamental a la hora de formar sociedades sustentables. En su estudio, las organizaciones que incorporan el desarrollo sustentable en sus estrategias, actividades y operaciones, se convierten en organizaciones sustentables.

En este sentido Frostenson *et al.* 2022, la susten-

tabilidad organizacional tiende a ser tratada como algo que está diseñado dentro de las organizaciones comerciales a través del control, la presentación de informes, el establecimiento de objetivos, la comunicación estratégica y otros instrumentos. Una identidad de sustentabilidad organizacional es, más bien, una construcción social basada en percepciones de las operaciones centrales como sustentables en sí mismas y el trabajo colaborativo con los clientes. Entendida de esta manera, la identidad de sustentabilidad organizacional tiene, relativamente, poco que ver con controles formales como códigos, políticas e informes utilizados por la gerencia para posicionar a la empresa como sustentable. Más bien, para los miembros de la organización, el proceso de construcción tiene que ver con la conformación de uno mismo como sustentable, y se basa en convicciones sobre las operaciones centrales y la posesión de capacidades específicas manifestadas en las relaciones con los clientes.

La sustentabilidad organizacional implica esfuerzos que deben darse en los fundamentos más amplios y generales del modelo de gestión de la organización para luego migrar sus acciones a áreas específicas. Por lo tanto, todas las actividades deben considerar los lineamientos económicos, sociales y ambientales de manera equilibrada. De esta forma, se puede decir que, en un escenario de desarrollo sustentable, el éxito de una organización está condicionado a un excelente desempeño financiero y no financiero o, en otras palabras, a la capacidad de satisfacer las necesidades de todos los grupos de interés (Barbosa *et al.*, 2020).

Por su parte, Solís *et al.* 2017, mencionan que una organización sustentable es aquella que incluye la base ética del desarrollo sustentable incorporado en sus tres dimensiones: el social, ambiental y económico. Para este estudio, la incorporación de dicha base ética se analiza por medio del mercado. Los compradores, sobre todo aquellos en espacios geográficos especializados que han incorporado en sus comportamientos dicha base ética y que están solicitando a las organizaciones que se manejen de acuerdo a las tres dimensiones (social, ambiental y económica) en las que se fundamenta el desarrollo sustentable, dan pie a la construcción de organizaciones sustentables.

En el mercado se formulan las demandas del desarrollo sustentable, donde varios actores empujan directa e indirectamente a las organizaciones a la transformación, en donde surge el compromiso de

adoptar estrategias y prácticas que estén relacionadas con la protección del medio ambiente y el cuidado de los trabajadores. Schaltegger *et al.* (2013) considera que es posible fusionar la definición del concepto de organizaciones sustentables y el de mercado. Es entonces que el concepto de organización sustentable puede definirse como la construcción de una organización que ha sido enfocada hacia las necesidades del mercado, a través de la implementación de estrategias relacionadas con el desarrollo sustentable, y el logro de metas económicas, sociales y ambientales a la compañía.

Levin (2012) menciona que aceptar, dentro de la organización, los principios del desarrollo sustentable ayudan a los productores incrementar la cuota de mercado y reducir tantos los riesgos operacionales. Por su parte, Robles y Garza (2011), citados en Maycotte *et al.* (2022) aseguran que los mercados muestran una inclinación a ser segmentos más dinámicos, al tiempo que la competitividad obliga un incremento en las exigencias o condicionantes a las organizaciones.

Anteriormente, las organizaciones aplicaban una lógica de mercado basada en la ganancia exclusivamente financiera (Sundaram y Inkpen, 2004). En actualidad, la nueva lógica de mercado demanda características que van más allá del precio, y que están implícitas en las cualidades del producto, pero también en las operaciones que realiza la organización. Las operaciones que deben ser vigiladas para cumplir con tales demandas, están incluidas en los procesos de producción, empaque, embalaje, traslado, promoción y venta del producto (Maio, 2003).

Schaefer y Crane (2005) afirman que los compradores prefieren adquirir productos que tienen bajo impacto ecológico, como una expresión de sus nuevos hábitos de consumo, que aquellos que contaminan el medio ambiente y dañan la salud de los seres vivos. Desde esta perspectiva, los compradores han desarrollado una práctica sustentable que parte de la inquietud por dar solución a dicha problemática, ocasionada por organizaciones que aún no implementan estrategias encaminadas hacia un desarrollo que sea sustentable.

Existe, además, un fragmento de mercado con principios éticos que cuestiona las operaciones de las organizaciones y que las ha conducido a ser ambiental y socialmente responsables (Grolleau *et al.*, 2004). Esto, con el fin de que todas las operaciones directas e indirectas de la organización sean en beneficio de la sociedad (Vila y Gimeno, 2010). Por su parte,

Baumgartner (2009) considera al mercado como uno de los agentes a tomar en cuenta en los planteamientos o estrategias del desarrollo sustentable de una organización.

Estas bases conceptuales son contundentes para establecer conjeturas sobre el comportamiento actual de los sistemas agrícolas, sobre todo el de aquellos que están altamente comprometidos con mercados concededores y exigentes. Dicha base conceptual permite establecer que la logística interna coadyuva a las organizaciones para avanzar en la sustentabilidad de sus operaciones. Es con este postulado que, en futuras entregas, se evaluará empíricamente el sistema vid de mesa en el noroeste de México.

## CONCLUSIONES

Este artículo permite establecer la relevancia de la logística interna en el avance de las organizaciones hacia la sustentabilidad y su pertenencia analítica en sistemas agrícolas. Su originalidad conceptual estriba en las limitadas referencias existentes. Se sugiere avanzar en investigaciones empíricas que permitan no solo verificar dichas bases conceptuales sino, además, verificar la fortaleza analítica de los sistemas agrícolas hacia la sustentabilidad, en especial el sistema vid de mesa sonoreño.

## REFERENCIAS

- ANDRADE, S. 2005. Diseño y arquitectura organizativa en la globalización. *Administración y organizaciones*, 73-90.
- BALLOU, R. (2004). Logística: administración de la cadena de suministro. México: Prentice Hall, pp. 10, 11, 164, 219.
- BALON, B. y Roszak, M. 2020. Cost-quantitative analysis of non-compliance in the internal logistics process. *Production engineering archives*, 26(2): 60-66.
- BANSAL, P. 2005. Evolving sustainably: A longitudinal study of corporate sustainable development. *Strategic Management Journal*, 26:197-218.
- BARBOSA, M., Castañeda, A. J. A. y Lombardo, F. D. H. 2020. Sustainable strategic management (GES): sustainability in small business. *Journal of cleaner production*, 258: 120880.
- BAUMGARTNER, R. 2009. Organizational Culture and Leadership: Preconditions for the Development of a Sustainable Corporation. *Sustainable Development*, 17, 102-113.
- BAUMGARTNER, R., J. y Ebner, D. 2010. Corporate sustainability strategies: sustainability profiles and maturity levels. *Sustainable development*, 18: 76-89.
- BERNARDO, R., Sousa, J. M. C. y Goncalves, P. J. S. 2022. Survey on robotic systems for internal logistic. *Journal of manufacturing systems*, 65: 339-350.
- CHIAVENATO, I. 2005. *Comportamiento organizacional: la dinámica del éxito en las organizaciones*. Ed. International Thomson editores. 691.
- COYLE, J., Bardi, E. y Langley, J. 1992. *The Management of business logistics*. USA: West Group.
- DÍAZ, Y. 2012. La logística empresarial y la administración de inventario. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, N° 168. Recuperado de <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/cu/2012/>
- DILLARD, J., Dujon, V. y M. C. King. 2009. *Understanding the social dimension of sustainability*. New York, NY: Routledge.
- DYLLICK, T. y K. Hockerts 2002. Beyond the business case for corporate sustainability. *Business Strategy and the Environment*, 11, 130-141.
- FABRI, M., Ramalhinho, H., Oliver, M. y Muñoz, J. C. 2022. Internal logistics Flow simulation: a case study in automotive industry. *Journal of simulation*, 16(2): 204-216.
- FLOREA, L., Cheung, Y. y N. Herndon. 2013. For all good reasons: Role of values in organizational sustainability. *Journal Business of Ethics*. 114, 393-408.
- FROSTENSON, M., Helin, S. y Arbin, K. 2022. Organizational sustainability: constructing as sustainable. *Scandinavian journal of management*, 38(0): 229
- GALINDO, M. 2006. *Que es la organización*. Recuperado de <http://fcasua.contad.unam.mx/2006/1230/docs/unidad4.pdf>
- GROLLEAU, G., Lakhal, T. y Mzoughi, N. 2004. Does Ethical Activism Lead to Firm Relocation? *Kyklos International. Review for Social Sciences*, 57, 387-402.
- HAWKEN, P. 1993. *The ecology of commerce*. EUA: Harper Collins.
- KONADU, V. 2014. Incorporating business ethics into governance for sustainable organizational development: The small-scale approach. *International Journal of Management and International Business Studies*, 4(2), 205-212.
- LEVIN, J. 2012. *Profitability and Sustainability in palm oil production: analysis of incremental financial costs and benefits of RSPO compliance*. Washington, D.C.: WWF.
- Maio, E. 2003. Managing brand in the new stakeholder environment. *Journal of Business Ethics*. 44(2/3), 235-246.
- MAYCOTTE, M. L., Robles, J., Preciado, M., Tafolla, J., C., y Montañó, K. 2022. Calidad como demanda intangible de mercado y organizaciones sustentable. *Revista académica y negocios*, 8(1): 111-124.
- MERREWIJK, M. 2003. Concepts and definitions of CSR and corporate sustainability: Between agency and communion. *Journal of Business Ethics*. 44:95.

- PINHEIRO DE LIMA, O., Breval, S., Rodríguez, C. M., y Follmann, N. 2016. Una nueva definición de la logística interna y forma de evaluar la misma. *Revista chilena de ingeniería*, 25(2): 264-276.
- RIVAS-TOVAR, L. A. 2002. Nuevas formas de organización. Estudios gerenciales. *Revista facultad de ciencias administrativas y económicas*, 82: 13-45.
- SCHAEFER, A. y Crane, A. 2005. Addressing sustainability and consumption. *Journal of Macromarketing*, 25, 76-92.
- SCHALTEGGER, S., Beckmann, M. y Hansen, E. G. 2013. Transdisciplinarity in Corporate Sustainability: Mapping the Field. *Business Strategy Environment*, 22, 219-229.
- SOLÍS-SANTAMARÍA, D., Robles-Parra, J., Preciado-Rodríguez, J. y Hurtado-Bringas, B., A. 2017. El papel del mercado en la construcción de organizaciones sustentables. *Revista de estudios sociales*, 49(27): 275-294.
- SUNDARAM, A. K. y Inkpen, A. C. 2004. The corporate objective revisited. *Organization Science*, 15(3), 350-363.
- TERÁN, K., Robles, J., Preciado, M. y López, D. C. 2019. Equidad gerencial, como una demanda intangible de mercado: hacia organizaciones sustentables. *Entre ciencia e ingeniería*, 13(28): 85-93.
- VILA, N. y Gimeno-Martínez, C. 2010. Efectos de la RSC sobre el consumidor: una aplicación al sector del transporte público terrestre. *INNOVAR. Revista de Ciencias Administrativas y Sociales*, 20, 235-255.
- YOUSEF, T. A. Y. y Ayham, J. A. M. 2022. The impact of sustainability strategic planning and management on the organizational sustainable performance: a developing-country perspective. *Journal of environmental management*, 305: 114381
- ZOUBEK, M. y Simon, M. 2021. Evaluation of the level and readiness of internal logistics for industry 4.0 in industrial companies. *Applied science*, 11: 6130.

# Efectos de diferentes efluentes residuales en el crecimiento y desarrollo de la Espinaca (*Spinacia oleracea* L.), provenientes de Saltillo, México

Effects of various wastewater effluents on growth and development of spinach (*Spinacia oleracea* L.) from Saltillo, Mexico



Silvia Yudith Martínez-Amador<sup>1</sup>, José Rodolfo Simental-De la Paz<sup>1</sup>, Laura María González-Méndez<sup>1\*</sup>, Alonso Méndez-López<sup>1</sup>, Aída Isabel Leal-Robles<sup>1</sup>, Michelle Ivone Ramos-Robles<sup>1</sup>, Angélica Martínez-Ortiz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Botánica. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923. CP 25315. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

\*Autor de correspondencia: laura.gonzalez@uaaan.edu.mx

## RESUMEN

El agua residual municipal incluye efluentes provenientes de las residencias, la industria y el comercio; de estas aguas, sólo el 35.5% se lleva a tratamiento y una pequeña porción se reutiliza. El objetivo de esta investigación fue evaluar el crecimiento y desarrollo del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.), irrigado con diferentes efluentes residuales. Los tratamientos aplicados fueron: agua residual sin tratar (ARST), agua residual tratada con sistema bioelectroquímico (ARTSB), agua residual tratada del Bosque Urbano de Saltillo (ARTBU), solución nutritiva Steiner (SS) y agua potable (AP). El diseño experimental fue de bloques al azar con 9 repeticiones por tratamiento, lo que da un total de 45 unidades experimentales; los muestreos se realizaron a los 15, 45 y 75 días de la siembra, y las variables de estudio fueron: número de hojas planta, longitud de raíz, longitud de tallo, área foliar y pesos secos de raíz, tallo y hoja. Los resultados del ANOVA y Prueba de Tukey ( $p > 0.05$ ), mostraron que la longitud de raíz, el tratamiento con agua tratada del Bosque Urbano fue un 13.1% mayor al agua sin tratar, y el área foliar un 16.2% mayor. En los demás parámetros, el agua sin tratar estimuló el desarrollo, pero tiene efectos tóxicos para la planta. En conclusión, el agua residual tratada, al producir un incremento en la parte comercial de interés (la hoja), sería una opción recomendable para irrigar espinaca.

**Palabras clave:** agua tratada con sistema bioelectroquímico, agua residual tratada municipal, cultivo de espinaca, solución nutritiva, reúso de aguas residuales.

## ABSTRACT

The objective of this study was the assessment of growth and development of spinach (*Spinacia oleracea* L.), irrigated with various wastewater effluents of Saltillo, Mexico, under greenhouse conditions. Treatments applied were: untreated wastewater (ARST), treated wastewater with a bioelectrochemical system (ARTSB), treated wastewater of the Urban Forest (ARTBU), Steiner Solution (SS), and tapwater (AP). Experimental units were distributed in a randomized blocks design, with 9 repetitions per treatment, and 3 samplings, at 15, 45 and 75 days after sowing date; the experimental variables were: number of leaves per plant, root length, stem length, leaf area, and root, stem and leaf dry weights. Obtained data were submitted to ANOVA and Tukey Test ( $p > 0.05$ ), for determination of statistical significance. Results showed, that variables such as root length, in growing plants irrigated with treated water from the Urban Forest (ARTBU), an increase of 13.1% above untreated wastewater (ARST), and a significant increase of 16.32% in leaf area, above ARST. Untreated wastewater, although promoting growth in spinach, is not recommended for use, due to toxicity for the plant, being treated water recommended for irrigation of spinach, providing enough nutrients with complementary fertilization.

**Keywords:** bioelectrochemically treated water, urban treated water, spinach, Steiner solution, reuse of wastewater.

## INTRODUCCIÓN

Una población mundial en aumento y la diversificación de las actividades económicas han generado mayor presión sobre los recursos hídricos, por lo que, en muchos países, se ha extraído mayor cantidad de agua de la que se puede regenerar de manera natural en los acuíferos. El agua, en su mayor parte, se destina a actividades agropecuarias y para uso doméstico. En México, del agua disponible, 77% está concesionada a la agricultura, 14% es para abastecimiento público como uso doméstico y negocios, 5% para la generación de energía y el 4% restante, para la industria (García-Carrillo, 2021). El uso de aguas residuales para el riego de cultivos agrícolas es una práctica que se ha incrementado en los últimos 20 años; sin embargo, su uso prolongado puede causar degradación y contaminación del suelo (García-Carrillo, 2021), debido a la acumulación de metales pesados (Moussaoui *et al.*, 2019), a la alteración de propiedades del suelo, y a la presencia de micropatógenos (Acosta-Zamorano *et al.*, 2013; El Moussaoui *et al.*, 2019). Actualmente, la recuperación y reutilización de aguas residuales municipales e industriales se practica en muchos países, sin embargo, solamente constituyen una pequeña fracción del volumen total generado (Anda-Sánchez, 2017); además, con el fin de satisfacer la necesidad vital de abastecimiento de agua, las comunidades consideran otras fuentes no tradicionales, como los flujos de retorno agrícola, aguas residuales tratadas, captación de agua de lluvia, agua coproducida de las industrias de energía y minería, desalinización del agua de mar y de aguas subterráneas salobres (Anda-Sánchez, 2017). Referente al empleo de aguas residuales tratadas, se han establecido normas para que el efluente cumpla con cierta calidad microbiológica y química de tal forma que no tenga un impacto negativo en la salud humana y en el medio ambiente (Guadarrama-Brito y Galván-Fernández, 2015; González-Fragozo *et al.*, 2020). El agua tratada con sistema electroquímico tiene un efecto bactericida estadísticamente significativo ( $p=0.00001$ ) (Casadiego *et al.*, 2004). Las aguas residuales tratadas han sido utilizadas en el riego de cultivos de tomate de la agroindustria, (Gatta *et al.*, 2015), en el cultivo de uva (Acosta-Zamorano *et al.* 2013) y en el café (Dobrotz- Gómez *et al.*, 2020). Respecto a la espinaca, Ahmad *et al.*, (2006), realizaron un estudio para evaluar los efectos de la irrigación con agua residual, proveniente

del sistema de drenaje, en el rendimiento del cultivo; entrevistaron a 70 productores del Distrito de Rahim Yar Khan, Pakistan, quienes encontraron incremento importante en su rendimiento. Sin embargo, otros estudios señalan que el uso continuo de dicha agua reduce la fertilidad del suelo, acumula metales pesados y, por ende, el rendimiento final (Ahmad *et al.*, 2006; Anwar *et al.*, 2015; Anwar *et al.*, 2016; González-Fragozo *et al.*, 2020; Kumar *et al.*, 2020). El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de diferentes efluentes residuales en el crecimiento de plantas de espinaca (*Spinacia oleracea L.*) bajo condiciones de invernadero, para determinar su factibilidad de uso.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) en Saltillo, Coah., México. La siembra, riegos y crecimiento vegetativo de la planta, fueron llevados a cabo en el invernadero número 2 de la Subdirección de Operación de Proyectos; los análisis de los parámetros histológicos de hoja de espinaca se realizaron en el laboratorio de anatomía e histología vegetal, perteneciente al Departamento de Botánica.

Se preparó sustrato para las macetas con tierra del Jardín Botánico de la Universidad, el cual contenía perlita y peat moss en una proporción 1:1:1. La siembra se realizó en el sustrato previamente preparado; a una profundidad de 2 cm se colocaron dos semillas por maceta; cada tratamiento constó de nueve macetas; al emerger las dos plántulas de cada maceta, se seleccionó sólo una, como fuente de datos experimentales.

### Diseño experimental, tratamientos y riego

El diseño que se utilizó para el experimento fue de bloques completamente al azar; se establecieron cuatro tratamientos más el testigo, con nueve repeticiones cada uno, para así tener un total de 45 unidades experimentales. La descripción de los tratamientos se muestra en el Cuadro 1.

### Manejo de plagas

Se aplicó Brálic® como repelente natural ecológico y biodegradable a base de extracto de ajo (*Allium spp*) 12.5%, concentrado emulsionante contra insectos

**Cuadro 1.** Descripción de los tratamientos utilizados en esta investigación.

Número	Abreviatura	Significado de abreviatura	Descripción
T1	SS	Solución Steiner	Solución Steiner (1961) al 25% para 20 L KCL H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> HNO <sub>3</sub> H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Ultrasol <sup>®</sup> micro Mix
T2	ARTBU	Agua residual tratada en el bosque urbano	Agua colectada tras el proceso de tratamiento en la planta tratadora del bosque urbano Ejército Mexicano de Saltillo, Coahuila.
T3	ARTSB	Agua residual tratada con sistema bioelectroquímico	Agua cruda tratada por sistema bioelectroquímico (SBE) ubicado en el laboratorio de biotecnología del Departamento de Botánica de la UAAAN
T4	ARST	Agua residual sin tratamiento	Agua cruda colectada del módulo de recepción de la planta tratadora del Bosque Urbano Ejército Mexicano de Saltillo, Coahuila.
T5	AP	Agua potable	Agua potable de Saltillo.

<sup>1</sup>Producto formulado a base de oligoelementos (micronutrientes)

chupadores y horadores, como el minador de la hoja, mosquita blanca, picudos de algodón y chile, y trips, principalmente (ADAMA, 2016). *Bacillus thuringiensis* se administró para eliminar larvas de insectos-plaga de los órdenes Lepidóptera, Coleóptera y Díptera, entre otros, a la vez que para combatir la presencia de gusano falso medidor, gusano soldado y gusano del fruto (Portela-Dussán *et al.*, 2013).

### Muestreo y mediciones

Se realizaron muestreos de plantas provenientes de tres macetas tomadas al azar a los 15, 45 y 75 días de desarrollo. Las plantas se extrajeron del sustrato y se eliminaron sus restos de raíz; se realizó el corte de hojas a cada planta de forma manual; se contó el

número de hojas y, con ayuda de un metro, se midió la longitud del tallo y la raíz (mm). El área foliar se determinó con un aparato LI-3100C (mm<sup>2</sup>). Por último, se dejaron las muestras dentro de bolsas de papel estraza en la estufa de secado (marca ARSA) a 65° centígrados, durante 48 horas, con el fin de medir el peso seco de raíz, tallo y hojas (gr) con una balanza de precisión (US Solid-modelo USS-DBS15-3).

### Análisis estadístico

A los datos obtenidos del experimento se les realizó un análisis de varianza completamente al azar, y comparación de medias con la Prueba de Tukey  $p \geq 0.05$ , mediante el software InfoStat 2018, (Di Rienzo *et al.*, 2018).

**Cuadro 2.** Respuesta de variables de crecimiento y desarrollo en fresco de espinaca, irrigada con diferentes efluentes de agua residual cruda de Saltillo, Coahuila., a los 15, 45 y 75 días de la siembra.

	NÚMERO DE HOJAS (planta)			LONGITUD DE RAÍZ (cm)			LONGITUD DE TALLO (cm)		
	15	45	75	15	45	75	15	45	75
SS	42.0 B	107.5 A	141.5 A	12.95 A	14.5 B	34.0 A	24.35 A	146.5 B	45.0 A
ARTSB	58.0 B	83.5 A	102.5 A	14.4 A	16.8 AB	17.5 C	30.5 A	70.0 B	39.0 A
ARTBU	55.0 B	61.0 A	166.5 A	11.1 A	14.0 B	26.5 AB	25.25 A	205.0 B	33.5 A
ARST	52.5 B	157.5 A	189.5 A	15.8 A	17.75 A	20.75 BC	28.1 A	505.5 A	57.0 A
AP	110.5 A	116.5 A	119.0 A	13.6 A	14.1 B	21.45 BC	29.7 A	75.0 B	27.5 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.5$ ). SS= Solución Steiner; ARTSB= Agua residual tratada por sistema bioelectroquímico; ARTBU= Agua residual tratada en el Bosque Urbano; ARST= Agua residual sin tratamiento; AP= Agua potable

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Número de hojas.** En el número de hojas, el análisis estadístico de los muestreos 2 y 3 (30 y 45 días, respectivamente), no reveló diferencia estadística alguna con un promedio de 81.2 y 143.8 hojas por planta, respectivamente (Cuadro 2). Sin embargo, en el primer muestreo (15 días), el tratamiento irrigado con agua potable, mostró diferencia significativa con respecto a los demás tratamientos, con el valor más alto (110.5 hojas por planta). En el caso del agua potable, el número de hojas por planta se mantiene estable en las tres fechas de muestreo (110.5, 116.5, 118.0, respectivamente). Cabe mencionar que, en el agua residual sin tratar aumenta la incidencia de plagas, como el gusano falso medidor *Trichoplusia ni* y el pulgón verde *Aphididae spp.* Ahmad *et al.*, (2006) mencionan que la aplicación de aguas residuales sin tratamiento, provenientes de la industria y de efluentes municipales, ofrece mejores resultados en comparación con las aguas subterráneas y/o potables; sin embargo, la espinaca en este caso presenta manchas color marrón asociadas al estrés por la presencia de metales pesados y amoníaco por encima de los límites permitidos (Pacco *et al.*, 2014), niveles de sodio (Anwar *et al.* 2015), mayor actividad microbiana y de patógenos (Gatta *et al.*, 2015; Gu *et al.*, 2019), pro-

blema que se ha presentado en diversos estudios con hortalizas, cuya parte comestible son las hojas.

**Longitud de la raíz.** Después de realizar el análisis de varianza y comparación de medias, no se detectó diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos a los 15 días; sin embargo, a los 45 y 75 días, los valores más altos se observaron en las plantas de los tratamientos irrigados con ARST y SS, con 20.7 cm y 34.5 cm de longitud, respectivamente (Cuadro 2). Los datos numéricos indican que la longitud de raíz con mayor valor se registró en las plantas con SS y agua tratada. González-Fragozo *et al.* (2020), no encontraron diferencia significativa entre ambos tratamientos, empleando un cultivo

**Longitud del tallo.** El análisis de varianza y comparación de medias arrojaron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ) entre ARST y el resto de los tratamientos, a los 45 días (Cuadro 2); las plantas de espinaca irrigadas con ARST desarrollaron tallos de hasta 50 cm, y el resto de los tratamientos se mantuvo por debajo de los 20 cm. Acosta-Zamorano *et al.* (2013), sin embargo, no hallaron dicho efecto al aplicar aguas residuales urbanas tratadas en el desarrollo de sarmientos en el cultivo de la vid (*Vitis vinifera L.*).

**Cuadro 3.** Valores promedio de área foliar de plantas de espinaca, irrigadas con agua residual sin tratar y efluentes diversas de Saltillo, Coah., a los 15, 34 y 75 días de siembra.

	AREA FOLIAR (mm <sup>2</sup> )		
	MUESTREOS (días desde la siembra)		
	15	45	75
SS	235.85 A	404.02 B	1229.58 A
ARBSB	279.06 A	455.34 B	661.83 B
ARTBU	313.30 A	561.35 AB	1061.48 AB
ARST	377.30 A	583.03 AB	648.84 B
AP	415.95 A	723.60 A	729.16 AB

Medias con una letra común, no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ). SS=Solución Steiner; ARTSB= Agua residual tratada por sistema bioelectroquímico; ARTBU= Agua residual tratada en el Bosque Urbano; ARST= Agua residual sin tratamiento; AP= Agua potable

### Área foliar

Respecto al área foliar, el Cuadro 3 muestra que el análisis de varianza y la comparación de medias arrojaron una diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ) en el tratamiento AP, respecto al resto de los tratamientos a los 15 días de desarrollo (415.95 mm<sup>2</sup>). A los 45 días AP obtuvo los valores más altos con una media de 723.6 mm<sup>2</sup>; el valor más alto fue para SS (1229.58 mm<sup>2</sup>), y numéricamente con AP y ARTBU a los 75 días (729.16 y 1061.48 mm<sup>2</sup>, respectivamente), al registrar un incremento de 16.32 % con el agua tratada con sistema bioelectroquímico, en relación al agua no tratada. Los datos numéricos concuerdan con el análisis estadístico al tener un mayor valor de área foliar en el tratamiento AP en los primeros dos muestreos (15 y 45 días), y el SS en el muestreo 3 (75 días). Mousavi et al. (2013), encontraron un índice de área foliar mayor con el tratamiento con 25% de agua potable + agua residual municipal tratada al 75%, al día 80 de la emergencia en maíz, tal como ocurre con AP y ARTBU a los 75 días en espinaca. Aunque el agua residual promueve el crecimiento foliar, su efectividad sobre el índice de área foliar disminuye con su elevada irrigación, tal como Mojid *et al.* (2012) encontraron al cultivar trigo con ese régimen de riego.

### Variables evaluadas en seco

**Peso seco de raíz.** El análisis de varianza y la comparación de medias arrojaron diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos: a los 15 días para el peso seco de la raíz, ARTBU 0.55 g, ARST 0.60 g y SS 0.78 g, respectivamente, en comparación a AP y ARSTB (Cuadro 4). Los datos obtenidos a los 45 días, indicaron que el tratamiento de AP fue superior que el resto de los tratamientos (0.61 g); por último, a los 75 días, no existió diferencia estadística significativa entre los resultados. Casadiego et al. (2004), encontraron mayor peso seco de raíz en mirto (*Myrtus sp*) al emplear agua residual tratada municipal, en comparación al agua fertirrigada, mientras que, con espinaca a los 15 días, el tratamiento con solución Steiner (SS) registró el valor más alto.

**Peso seco de tallo.** Para peso seco del tallo, el análisis de varianza y la comparación de medias arrojaron que existe diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos a los días 15 y 45, en los cuales el ARST obtuvo mayor peso seco del tallo (0.53 g y 3.33 g) y el AP (0.72 g y 4.78 g); a los 75 días, el análisis arrojó que sólo existe diferencia significativa entre el tratamiento de ARST (8.63 g) respecto a los

**Cuadro 4.** Respuesta de variables de crecimiento en seco de espinaca, irrigada con diferentes efluentes de agua residual, Coha, a los 15, 45 y 75 días de la siembra.

	PESO SECO DE RAÍZ (g)			PESO SECO DE TALLO (g)			PESO SECO DE HOJA		
	15	45	75	15	45	75	15	45	75
SS	0.78 A	0.16 A	0.32 A	0.23 A	1.36 D	4.57 B	0.53 B	1.70 B	7.12 A
ARTSB	0.13 C	0.17 B	0.23 A	0.43 BC	2.05 C	4.05 B	0.88 A	3.45 B	5.21 A
ARTBU	0.55 AB	0.11 B	0.34 A	0.26 BC	1.16 D	2.33 B	0.50 B	3.79 B	4.80 A
ARST	0.60 A	0.22 B	0.41 A	0.53 AB	3.33 A	8.63 A	0.79 B	3.79 B	6.10 A
AP	0.25 BC	0.61 A	0.36 A	0.72 A	4.78 A	3.58 A	2.08 A	6.45 A	5.40 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.5$ ). SS= Solución Steiner; ARTSB= Agua residual tratada por sistema bioelectroquímico; ARTBU= Agua residual tratada en el Bosque Urbano; ARST= Agua residual sin tratamiento; AP= Agua potable

demás tratamientos, con una media que duplica el peso seco del tratamiento con ARTBU (Cuadro 4). Los datos numéricos, por su parte, concuerdan con las plantas regadas con ARST, las cuales desarrollaron tallos largos y engrosados, según se refleja en el peso seco, lo cual puede deberse a la gran cantidad de materia orgánica y nutrientes contenidos en el agua residual, lo cual promueve la división y el alargamiento celular (Kaneker *et al.*, 1993, Hassan, 1996; Berbec *et al.* 1999; Bhati y Singh, 2003; Ali *et al.*, 2010). En relación a esta variable en seco, en las etapas tardías de crecimiento (95-110 días después de la siembra) la efectividad del agua residual disminuye la acumulación de biomasa en el tallo (Mojid *et al.*, 2012).

**Peso seco de hojas.** El análisis estadístico revela que cuando son irrigados con AP (2.08 g y 6.45 g), existe diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos durante los días 15 y 45, ya que a los 75 días no se detectó diferencia estadística significativa entre tratamientos, tal como se muestra en el Cuadro 4. Los datos obtenidos de forma numérica en peso seco de hojas, indicaron que el AP y ARST son similares en el desarrollo aéreo del cultivo. Esto sugiere que el uso de agua residual tratada no nece-

sariamente aumenta el crecimiento de la planta, que dependerá mayormente de la concentración de N disuelto respecto a la concentración de N en el agua del acuífero, y del estrés hídrico al cual están expuestas las plantas (Acosta- Zamorano *et al.*, 2013).

## CONCLUSIONES

La aplicación de aguas residuales sin tratar favorece el crecimiento y desarrollo del cultivo de espinaca; sin embargo, presenta una alta incidencia de plagas, por lo que el tratamiento ARST no se recomienda para irrigar vegetales cuyas partes comerciales son hojas, tallos y raíces de consumo en fresco. Las aguas tratadas en ambos sistemas ARTBU y ARTSB no cuentan con los suficientes nutrientes para promover el desarrollo de la espinaca, pero esto puede lograrse a través de un ajuste nutricional.

## AGRADECIMIENTOS

Un reconocimiento por su invaluable apoyo, al Ing. Luis Carlos Ríos Álvarez, subdirector de la Tratadora de Agua Ideal, S.A. de C.V., y a sus empleados, así como a los trabajadores de la planta tratadora del Bosque Urbano municipal de Saltillo, para la consecución del presente estudio.

## LITERATURA CITADA

- ACOSTA-ZAMORANO, D., Macías-Carranza, V., Mendoza-Espinosa, L., y A. Cabello-Pasini, (2013). Efecto de las aguas residuales tratadas sobre el crecimiento, fotosíntesis y rendimiento en vides tempranillo (*Vitis vinifera*) en Baja California, México. *Agrociencia*, 47(8): 753-766. [v47n8a2.pdf \(scielo.org.mx\)](https://doi.org/10.15446/agrociencia.47.8.753-766)
- AHMAD, B., Bakhs, K., and S. Hassan (2006). Effect of sewage water on spinach yield. *International Journal of Agriculture and Biology*, 8 (3): 423-425. <http://www.fspublishers.org>
- ALI ,H.M.; EL-Mahrouk, E.M.; Hassan- Fatma ,A. and M.A. EL-Tarawy . (2010). Usage of sewage effluent in irrigation of some woody tree seedlings. Part 3: *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq. *Saudi J Biol Sci* 18(2):201–207. [doi:10.1016/j.sjbs.2010.08.001](https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2010.08.001)
- ANDA-SÁNCHEZ J. (2017). Decentralized Sanitation and Sustainable Reuse of Municipal Wastewater in México. *Sociedad y ambiente*, (14), 119-143. Recuperado el 21 de mayo de 2021, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-65762017000200119&lng=pt&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-65762017000200119&lng=pt&tlng=es)
- ANWAR, Z., Irshad, M., Fareed, I., and A. Faridullah (2015). Spinach (*Spinacia oleracea* L.) response and accumulation of salts in soil under surface and subsurface wastewater irrigation. *Fresenius Environmental Bulletin*, 24(9): 2850-2859. DOI:10.13140/RG.2.1.3870.0009
- ANWAR, S. ; Nawaz,M.F.; Gul, S.; Rizwan, M.; Ali, S. & Arshaad Kareem . 2016 . Uptake and distribution of minerals and heavy metals in commonly grown leafy vegetable species irrigated with sewage water. Springer International Publishing Switzerland . *Environ Monit Assess* 188:541 DOI 10.1007/s10661-016-5560-4.
- BHATI M., and G. Singh. (2003). Growth and mineral accumulation in *Eucalyptus camaldulensis* seedlings irrigated with mixed industrial effluent. *Bioresour Technol* 88:221–228 [Google Scholar]
- BERBEC, S., Szweczuk C., and D. Sugier. 1999 . The effect of irrigation with municipal sewage on the catching and growth rate of poplar trees. *Folia Universitatis Agricultural*. 77:27–31. [Google Scholar]
- CASADIEGO P, Cuartas R, Mercado M.J. y , A.K, A.K. Carrascal. 2004. Efectividad del agua electrolizada oxidadora (EO) en la inactivación de *Listeria monocytogenes* en lechuga (*Lactuca sativa* L.). *MVZ-Córdoba, Colombia* 9(2): 428-437. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69390203>
- CAVIEDES -RUBIO, D.I.; Muñoz -Calderón, R.A.; Perdomo- Gualtero, A. ; Rodríguez- Acosta, D. e I. J. Sandoval -Rojas. 2015. Tratamientos para la Remoción de Metales Pesados Comúnmente Presentes en Aguas Residuales Industriales. Una Revisión. *Revista Ingeniería y Región*. 13(1):73-90 <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5432290>
- CHÁVEZ, A., K. Rodas, B. Prado, R. Thompson, and B. Jiménez. 2012. An evaluation of the effects of changing wastewater irrigation regime for the production of alfalfa (*Medicago sativa*). *Agric. Water Manage.* 113: 76-84. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2012.06.021>.
- DA FONSECA, A. F., Melfi, A. J., and C. R. Montes. (2005). Maize growth and changes in soil fertility after irrigation with treated sewage effluent. II. Soil acidity, exchangeable cations, and sulfur, boron, and heavy metals availability. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36(13-14), 1983-2003. DOI: 10.1081/CSS-200062539
- DI RIENZO, J.A.; Robledo, C.W.; Casanoves, F. ; y M. Balzanini. 2018. INFOSTAT Versión Beta. Manual de Usuario. Córdoba, Argentina. <https://www.researchgate.net/publication/283569416>
- DOBROSZ-GOMEZ, I., Gómez- García, M. A. ., and H. N. Ibarra -Taquez. (2020). Tratamiento de aguas residuales de la industria del café soluble vía Electrocoagulación - Oxidación Anódica. Selección de los electrodos. *Revista EIA*, 17(34), 1–17. <https://doi.org/10.24050/reia.v17i34.1328>
- EL MOUSSAOUI ,T.; Mandi, L.; Wahbi. S.; Masi, S. & N. Ouazzani (2019) Soil proprieties and alfalfa (*Medicagosativa* L.) responses to sustainable treated urban wastewater reuse, *Archives of Agronomy and Soil Science*, 65:13, 1900-1912, <https://doi.org/10.1080/03650340.2019.1580359>
- GARCÍA-CARRILLO, M.; Luna-Ortega, G.J.; Gallegos-Robles, M.A.; Preciado-Rangel, P.; Cervantes-Vázquez, M.G.; and U. González-Salas .2021. Impact of wastewater on soil properties and accumulation of heavy metals. *Terra Latinoamericana Chapingo*. (38 ) 4: 907-916 <https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.556>
- GATTA, G., Libutti, A., Gagliardi, A., Beneduce, L., Brussetti, L., Borruso, L., and E. Tarantino, (2015). Treated agro-industrial wastewater irrigation of tomato crop: Effects on qualitative/quantitative characteristics of production and microbiological properties of the soil. *Agricultural Water Management*, 149, 33-43. DOI:10.4081/ija.2015.632
- GONZÁLEZ-FRAGOZO, H. E., Zabaleta-Solano, C., Devia-González, J., Moya-Salinas, Y., and O. Afanador-Rico, (2020). Efecto del riego con agua residual tratada sobre la calidad microbiológica del suelo y pasto King Grass. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 23(2): 1-9 <https://doi.org/10.31910/rudca>

- GU, G., Yin, H. B., Ottesen, A., Bolten, S., Patel, J., Rideout, S., and X. Nou, (2019). Microbiomes in Ground Water and Alternative Irrigation Water, and Spinach Microbiomes Impacted by Irrigation with Different Types of Water. *Phytobiomes Journal*, PBIOMES 09: 137 -147 <https://doi.org/10.1094/PBIOMES-09-18-0037-R>
- Guadarrama-Brito & Galván-Sánchez. (2015). Impact of using wastewater in agriculture. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*. Recuperado el día 10 de octubre del 2020 de: <http://www.ciba.org.mx/index.php/CIBA/article/view/29/86>
- HAMILTON, A. J., Stagnitti, F., Xiong, X., Kreidl, S. L., Benke, K. K., & Maher, P. 2007. Wastewater irrigation: the state of play. *Vadose Zone Journal*, 6(4): 823-840. <https://doi.org/10.2136/vzj2007.0026>
- HASSAN, F.A. 1996 .Effect of sewage effluent irrigation on growth, specific gravity and fiber length of *Acacia saligna* and *Leucaena leucocephala* seedlings.. *Agric. Sci. Mansoura Univ.*, 21 (11) , pp. 4093-4099
- JUNG, K., T. Jang, H. Jeong, and S. Park. 2014. Assessment of growth and yield components of rice irrigated with reclaimed wastewater. *Agric. Water Manage.* 138: 17-25. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.02.017>
- KANEKER, P.; Kumbhojkar, M.S. ; Ghatte, V.; Sarnaik, and S. A. Kelkar. S.1993.Evaluation of *Acacia nilotica* (L.) DEL. and *Casuarina equisetifolia* forest for tolerance and growth on microbially treated dyestuff wastewater. *Environ. Pollut.*, 81: 47-50. [https://doi.org/10.1016/0269-7491\(93\)90027-L](https://doi.org/10.1016/0269-7491(93)90027-L)
- KUMAR V, Thakur RK, and P. Kumar. 2020. Predicting heavy metals uptake by spinach (*Spinacia oleracea*) grown in integrated industrial wastewater irrigated soils of Haridwar, India. *Environ Monit Assess.* 192(11):709. doi: 10.1007/s10661-020-08673-9. PMID: 33068180.
- Lubelloa, C.\*; Gorla ,R.; Niceseb ,F.P. y F. Ferrini. 2004. Municipal-treated wastewater reuse for plant nurseries irrigation. *Water Research* 38: 2939–2947. [https://www.oieau.org/eaudoc/system/files/documents/39/196928/196928\\_doc.pdf](https://www.oieau.org/eaudoc/system/files/documents/39/196928/196928_doc.pdf)
- MOJID, M. A., S. K. Biswas, and G. C. L. Wyseure. 2012. Interaction effects of irrigation by municipal wastewater and inorganic fertilizers on wheat cultivation in Bangladesh. *Field Crops Research.* 134: 200-207. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.06.010>
- MOUSAVI, S.R.; Galavi, M.; and H. Eskandari.2013. Effects of treated municipal wastewater on fluctuation trend of leaf area index and quality of maize (*Zea mays*) *Water Sci Technol* (2013) 67 (4): 797–802. <https://doi.org/10.2166/wst.2012.624>
- PACCO, H. C., Rinaldi, M. M., Sandri, D., Neves, P. H., and R. R. Valente. 2014. Características de tomate producido con agua tratada en interior y exterior de invernadero. *Horticultura Brasileira*, 32(4), 417-425. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620140000400008>
- PEÑAFIEL, R. Moreno, C. & Ochoa-Herrera, V. (2016). Eliminación de nitrógeno y contaminación orgánica de agua residual industrial pretratada en lagunas anaeróbicas mediante un biofiltro de arena ACI *Avances en Ciencias e Ingenierías*, 8(14), 86–97. <http://dx.doi.org/10.18272/aci.v8i1.2997>
- PORTELA-DUSSÁN, D. D.; Chaparro-Giraldo, A. y S. A. López-Pazos (2013). La biotecnología de *Bacillus thuringiensis* en la agricultura. *Nova*, 11(20), 87-96. <http://dx.doi.org/10.1186/1476-511X-12-12>
- RAMÍREZ- Pisco, R. y M.I. Pérez- Arenas.2006.EVALUACION DEL POTENCIAL DE LOS BIOSÓLIDOS PROCEDENTES DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA USO AGRÍCOLA Y SU EFECTO SOBRE EL CULTIVO DE RABANO ROJO (*Raphanus sativus* L.). *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín.* Vol.59,No.2. p.3543-3556. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/34807>
- STEINER, A. A. (1961). A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition, 15(2), 134-154. *Plant and Soil*. Recuperado el 11 de Junio del 2019, de <https://link.springer.com/article/10.1007/BF01347224>
- PEÑAFIEL, R. Moreno, C., Ochoa-Herrera, V. 2016. Eliminación de nitrógeno y contaminación orgánica de agua residual industrial pretratada en lagunas anaeróbicas mediante un biofiltro de arena ACI *Avances en Ciencias e Ingenierías*, 8(14), 86–97. DOI:<http://dx.doi.org/10.18272/aci.v8i1.299>
- SABR, H. 2022. Impact of sewage water on growth of *Eucalyptus camadulensis* Dhen. and *Melia azedarach* L. Seedlings. : *Journal of Polytechnic* 7(1):2017 <https://www.researchgate.net/publication/358803051>
- SHAHID,, M. Nadeem M. ; Bakhat, H.F. 2020. Environmental toxicology and associated human <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10516-6>
- SINGH, S.,Singh, K., Bansa, A.,Jha, M.K., Dey, A.2012. An integrated approach to remove Cr(VI) using immobilized *Chlorella minutissima* grown in nutrient rich sewage wastewater. *Bioresource Technology.* 104 : 257-265 <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.11.044>

# Escarificación física, química y manual para la germinación de lirio persa (*Dietes sp.*)

## Physical, chemical and manual scarification for the germination of persian lily (*Dietes sp.*)



Maricruz Martínez-Jaramillo<sup>1</sup>, Yessica Abigail Alvarado-Cepeda<sup>1\*</sup>, Jorge Luis Vega-Chávez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> División de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable, Instituto Tecnológico Superior de Huichapan, Domicilio Conocido s/n El Saucillo, Huichapan, Hidalgo, CP 42411.

\* Autor de correspondencia: yessicalvarado@gmail.com

### RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó con el propósito de evaluar el efecto de diferentes métodos de escarificación de semillas de *Dietes sp.* sobre la germinación y el desarrollo vegetativo. Para llevar a cabo la prueba de germinación, se utilizaron semillas de *Dietes sp.* Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones para evaluar seis tratamientos. La unidad experimental estuvo integrada por seis tratamientos de diez semillas cada uno: tres con escarificación química, los cuales estuvieron inmersos 10 (AS10), 20 (AS20) y 30 (AS30) minutos en una solución de ácido sulfúrico al 20%; un tratamiento con escarificación mecánica (EM) empleando un pulidor manual; uno más con inmersión en agua (SH24) durante 24 horas, además de un testigo (sin escarificar). Las evaluaciones se realizaron diariamente durante 60 días después de la siembra. Los tratamientos con escarificación química presentaron menor tiempo de germinación (34 días después de la siembra); AS10 presentó mayor altura (cm), y el testigo mayor porcentaje de semillas germinadas. El tratamiento de escarificación mecánica no presentó ninguna semilla germinada.

**Palabras clave:** ácido sulfúrico, embeber, escarificación.

### ABSTRACT

The present research work was carried out with the purpose of evaluating the effect of different methods of scarification of seeds of *Dietes sp.* on germination and vegetative development. To carry out the germination test, seeds of *Dietes sp.* were used. A randomized block design with three repeats was used to evaluate six treatments. The experimental unit consisted of six treatments of ten seeds each: three with chemical scarification, which were immersed 10 (AS10), 20 (AS20) and 30 (AS30) minutes in a solution of 20% sulfuric acid; mechanical scarification (ME) treatment using a manual polisher; one more with immersion in water (SH24) for 24 hours, in addition to a control (without scarification). Assessments were conducted daily for 60 days after planting. Treatments with chemical scarification had a shorter germination time (34 days after planting); AS10 presented greater height (cm), and the control higher percentage of germinated seeds. The mechanical scarification treatment did not present any germinated seed.

**Key words:** sulfuric acid, embedber, polished seed.

## INTRODUCCIÓN

El género *Dietes* cuenta con algunas especies de interés hortícola debido a sus características ornamentales, tales como: *Dietes grandiflora* (L.) y *D. iridioides* (L.), que además tienen resistencia a condiciones climáticas extremas (Chicago Botanic, 2022). Estas plantas se consideran como ornamentales debido a que se cultivan y comercializan con propósitos decorativos por ser plantas arbustivas de color verde, con pequeñas flores y resistentes a condiciones extremas de temperatura. Esta especie es común en la horticultura, donde a menudo se usa en jardines públicos, embellecimiento de locales comerciales y a lo largo de los bordes de las carreteras (Turnes, 2001).

Las semillas del género *Dietes* muestran un epispermo engrosado que dificulta su germinación, lo cual se debe a la testa dura de las semillas que impide la entrada de agua (latencia física), por lo que es necesario utilizar métodos de escarificación para acelerar el tiempo y aumentar el porcentaje de germinación (Poulsen & Stubsgaard, 1995). Sin embargo, el empleo de métodos de escarificación previos a la siembra favorece la emergencia y germinación (Enríquez y Quero, 2006). La escarificación es el proceso mediante el cual se raspa el epispermo, ya sea con una herramienta o con ácido, para inducir las semillas a germinar (Solomon *et al.*, 2013). Entre las técnicas más comunes se encuentran los tratamientos físicos, mecánicos y biológicos, tales como: el calor

seco, el rompimiento de testa, el remojo y las soluciones químicas. Se le conoce como escarificación al tratamiento que destruye o reduce la impermeabilidad de la testa, o una parte de ella, para promover la imbibición e iniciar la germinación (Ramírez-Padilla y Valverde, 2005).

La reproducción sexual (por semilla) beneficia la supervivencia de la especie, esto gracias a la variabilidad genética, ya que logra que la especie pueda adaptarse a las condiciones ambientales que se presenten. Los descendientes que se originan de la reproducción por semillas tienen fenotipos que permiten reconocer la especie, pero sin ser idénticos, lo que permite comprobar las variaciones genéticas dentro del genotipo (Barbat, 2006).

La revisión de literatura actual muestra una limitada información sobre la biología, morfología y reproducción de *Dietes* sp., por lo cual se requiere investigar más sobre estos aspectos.

Debido a lo anterior el objetivo del presente trabajo fue evaluar el porcentaje de semillas germinadas, tiempo de germinación y altura de planta, con técnicas de escarificación física, química y manual.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en las instalaciones de la División de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable del Instituto Tecnológico Superior de Huichapan, en Huichapan, Hidalgo, México.

**Cuadro 1.** Tratamientos utilizados para la escarificación de semillas de *Dietes* sp.

No. de tratamiento	Abreviatura	Tratamiento
1	Testigo	10 semillas secas que no recibieron ningún tratamiento (tratamiento testigo).
2	SH24	10 semillas en imbibición por 24 horas en agua destilada.
3	AS20%10	10 semillas embebidas en una solución al 20% de ácido sulfúrico por 10 minutos, transcurrido el tiempo se lavaron con agua corriente.
4	AS20%20	10 semillas embebidas en una solución al 20% de ácido sulfúrico por 20 minutos; transcurrido el tiempo se lavaron con agua corriente.
5	AS20%30	10 semillas embebidas en una solución al 20% de ácido sulfúrico por 30 minutos; transcurrido el tiempo se lavaron con agua corriente.
6	EM	10 semillas escarificadas con un pulidor manual para retirar el caroso o su mayoría

## Material biológico

Se colectaron semillas de *Dietes* sp. en los jardines del Instituto Tecnológico Superior de Huichapan durante los meses de diciembre de 2021 y enero de 2022; estas semillas se resguardaron en bolsas de papel, aisladas de luz y con humedad relativa controlada (menor al 40%). Se seleccionaron las semillas que visiblemente presentaban buena apariencia.

## Tratamientos, diseño experimental y análisis estadístico

Se evaluaron seis tratamientos utilizando un diseño de bloques al azar con tres repeticiones por tratamiento (Cuadro 1). La unidad experimental estuvo constituida por 10 semillas. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) con el paquete estadístico Minitab®, y para identificar las diferencias entre los tratamientos se utilizó una prueba de medias de Tukey ( $p < 0.05$ )

Después del tratamiento, las semillas se colocaron sobre papel filtro (papel crepé blanqueado circular de 20 cm de diámetro) húmedo saturado con agua corriente, a temperatura ambiente; los tratamientos se mantuvieron en condiciones semicontroladas ( $28 \pm 5^\circ\text{C}$ , fotoperiodo 12:12 y  $60 \pm 10\%$  HR) dentro de una cámara bioclimática PRENDO Modelo CB-14.

Las variables evaluadas fueron: porcentaje de germinación (PG), tiempo de germinación (TG) y altura de planta (AP).

### Porcentaje de germinación (PG).

Las mediciones se hicieron diariamente después de que se observó la emergencia del primer hipocótilo hasta el día 60 después de la siembra. El porcentaje de germinación se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$PG = (NSG/NST) * 100$$

Donde:

NSG = número de semillas germinadas

NST = número de semillas totales

**Tiempo de germinación.** Este se evaluó a partir del día que germinó la primera semilla o semillas de cada tratamiento.

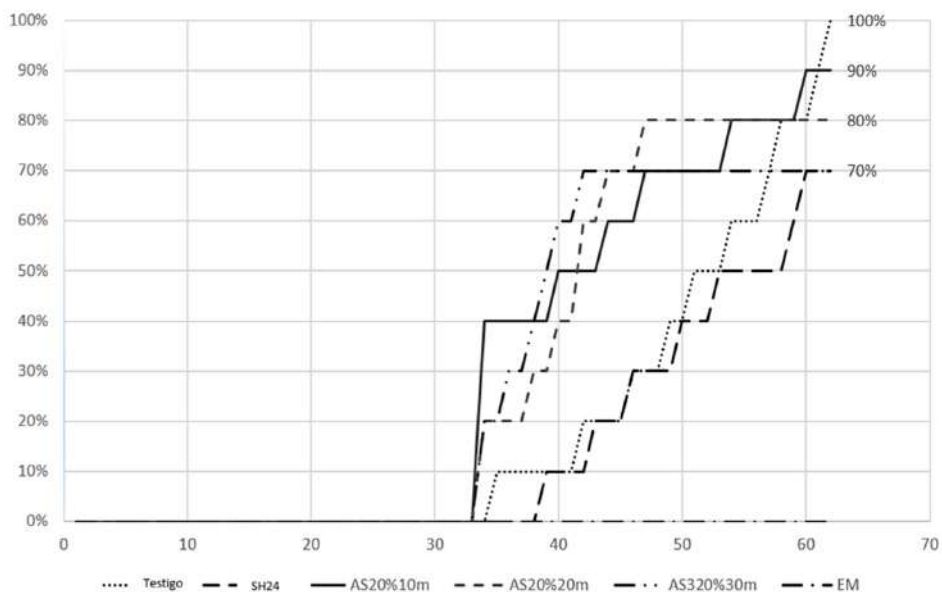
**Altura de planta.** El día 62 se midió la altura del hipocotilo con un vernier marca Truper®, de la base a la punta del hipocotilo; la altura se registró en milímetros.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variables porcentaje de germinación, tiempo de germinación y altura de planta evaluadas en este trabajo mostraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos.

**Porcentaje de germinación.** La evidencia estadística mostró diferencias estadísticas significativas: el tratamiento que presentó mayor porcentaje de germinación fue el testigo (100%), seguido por el tratamiento AS20%10m (90% de semillas germinadas), luego por el AS20%20m (80% de germinación y el de la semilla humedecida 24 horas y AS20%30m (70% de germinación), en tanto que en el tratamiento con escarificación mecánica reportó 0% de germinación (Figura 1), lo anterior asociado a patógenos. Sin embargo, Coa *et al.*, (2014) obtuvieron los índices de porcentaje más altos con tratamientos de escarificación manual con inmersión en agua durante 24 y 48 horas, mientras que Vásquez *et al.*, (2019) concuerdan con lo reportado en esta investigación, quienes encontraron que, al utilizar ácido sulfúrico como escarificador, las semillas presentan daños que afectan el embrión y, por lo tanto, se reduce el porcentaje de germinación.

**Tiempo de germinación.** Los resultados mostraron que los tratamientos que tardaron menor tiempo en germinar fueron: AS20%10m, AS20%20m y AS20%30m al iniciar al día 34 después de la siembra; sin embargo, el testigo mostró la germinación de la primera semilla a los 35 días, la SH24 inició a los 39 días y las semillas escarificadas de manera mecánica no tuvieron germinación. No obstante, es importante resaltar que en el tratamiento AS20%10m germinaron el 40% de las semillas, a diferencia del AS20%20m y AS20%30m, en los que germinaron el 20% de las semillas, mientras que en el testigo y las humedecidas 24 horas sólo germinaron el 10% en el primer día (Figura 2). Coa *et al.*, (2014) difieren con este estudio, ya que los tratamientos que mostraron un menor número de días en germinar fueron: escarificación mecánica con inmersión en agua 24 y 48 horas, y le siguieron los tratamientos de escarificación con ácido sulfúrico en un tiempo de 10 y 30 minutos. Al respecto, Briseño y Maciel (2004), coinciden con lo reportado en esta investigación, quienes observaron que en semillas de palma sumergidas en ácido sulfúrico se redujo el tiempo de germinación, sin embargo, se redujo el porcentaje de emergen-

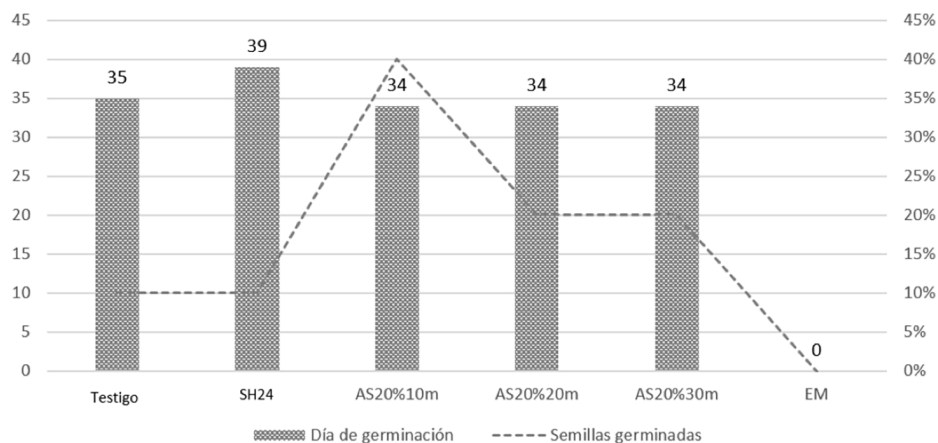


**Figura 1.** Porcentaje de germinación de *Dietes sp.* por tratamiento de escarificación física, química y manual

cia, lo que ocasiona a daños en la semilla; (Larrea-Alcázar y López, 2008) señalan que el uso de ácidos favorece la permeabilidad de la semilla, sin embargo ocasiona daños a la semilla.

**Altura de planta.** Los resultados indican que los tratamientos de escarificación mostraron diferencias estadísticas significativas ( $p$ -valor= 0.011,  $\alpha = 0.05$ ) para la altura de planta a los 62 días después de la siembra; el tratamiento que mostró mayor altura fue el de AS20%10m (14.40 mm), luego el AS20%20m

(10.40 mm), posteriormente Testigo (9.40 mm), AS20%30m (7.10 mm) y, por último, las semillas embebidas 24 h en agua (2.80 mm) (Cuadro 2). La revisión bibliográfica no muestra literatura relacionada con el tema en esta especie, por lo cual se considera que éstos son los primeros datos que se generan; trabajos similares a esta investigación reportan que, en semillas de *Ferocatus robustus*, el tratamiento que presentó una mayor altura promedio fue el de ácido sulfúrico concentrado, sumergiendo las semillas 1.5 minutos (Navarro y González, 2007).



**Figura 2.** Tiempo de germinación de *Dietes sp.* bajo tratamientos de escarificación física, química y manual.

**Cuadro 2.** Altura de plantas tratadas con escarificación. Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes [Tukey  $p \leq 0.05$ ].

Factor	n	Media	Agrupación
AS20%10m	10	14.40	A
AS20%20m	10	10.40	AB
Testigo	10	9.40	AB
AS20%30m	10	7.10	AB
SH24	10	2.80	AB
EM	10	0.000000	B

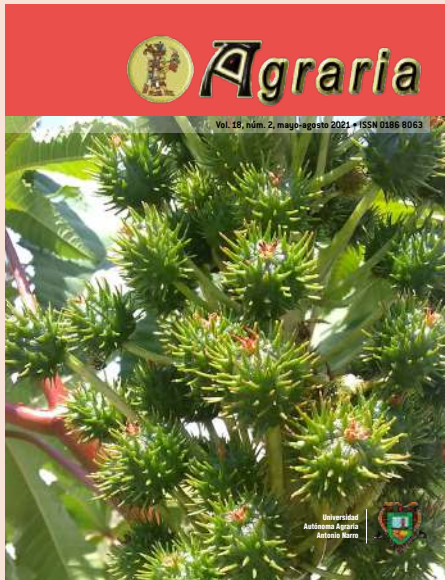
## CONCLUSIONES

El uso de técnicas de escarificación química en semillas de *Dietes* sp. acelera el tiempo de germinación y además favorece el desarrollo vegetativo.

Los tratamientos donde las semillas de *Dietes* sp. se sometieron a inmersión en Ácido sulfúrico al 20% por 10, 20 y 30 minutos iniciaron la germinación en menor tiempo. Además de presentar los mayores valores de germinación y altura (AS20%10m).

## CITAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBAT, T. (2006). La multiplicación de las plantas. *Extra*, 33-43.
- BRICEÑO, A., y Maciel, N. (2004). Efecto de la madurez de los frutos, escarificación de la semilla y temperatura en la emergencia de la palmera *coccothrinax barbadensis* (lodd. ex mart.) becc.. *Bioagro*, 16(2), 127-132.
- CHICAGO BOTANIC GARDEN (2022). *Dietes grandiflora*. Disponible en [chicagobotanic.org](http://chicagobotanic.org)
- COA, M., Mendez, J. R., Silva, R. y Mundarain, S., (2014). Evaluación de métodos químicos y mecánicos para promover la germinación de semillas y producción de fosforitos en café (*Coffea arabica*) var. Catuaí Rojo. *Idea* vol. 32 (1), 43-53.
- ENRÍQUEZ, Q. J. F. y Quero, A. R. C (2006). Producción de semillas de gramíneas y leguminosas forrajeras tropicales. INIFAP, CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, México. Libro Técnico Núm. 11. 109 p.
- LARREA-ALCÁZAR, D. M. & R. P. López. 2008. Germinación de semillas de *Corryocactus melanotrichus* (K. Schum.) Britton & Rose (Cactaceae): un cactus columnar endémico de los Andes bolivianos. *Ecología en Bolivia* 43(2), 135-140.
- NAVARRO, M. C. y Gonzáles, E. M., (2007). Efecto de la Escarificación de Semillas en la Germinación y Crecimiento de *Ferocactus robustus* (Pfeiff.) Britton & Rose (Cactaceae). *Zonas áridas* 11(1), 195-205.
- POULSEN, K. M y Stadsgaard, F. 1995. Tres métodos de escarificación mecánica de semillas de testa dura. En: Secado, procesamiento y almacenamiento de semillas forestales. Jara, L. F. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza-CATIE. Costa Rica. 139 pp.
- RAMÍREZ-PADILLA, C.A. & T. Valverde. 2005. Germination responses of three congeneric cactus species (*Neobuxbaumia*) with differing degrees of rarity. *Journal of Arid Environments* 61, 333– 343.
- SOLOMON, E., Berg, K., Martín D., (2013). *Biología*. 9a Edición. McGraw-Hill Interamericana, México. 1237 p.
- TURNER, S., (2001). "*Dietes grandiflora* DC". Witwatersrand National Botanical Garden: South African National Biodiversity Institute, South Africa.
- VÁSQUEZ, W., Pupiales, P., Viteri, P., Sotomayor, A., Feican, C., Campaña, D., & Viera, W. (2019). Escarificación química y aplicación de ácido giberélico para la germinación de semillas de cultivares de mora (*Rubus glaucus* BENTH). *Interciencia*, 44(3),161-166.



# PUBLICACIONES

**Agraria** está indizada, desde 2006, en Latindex (Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal); en la base de datos PERIÓDICA (de la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, México); y en 2007 fue incluida en la base de datos del Centro Internacional de Investigación Científica (CIRS).



Universidad  
Autónoma Agraria  
Antonio Narro

**Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**  
Dirección de Investigación. Calzada Antonio Narro 1923, Col. Buenavista, C.P. 25315,  
Saltillo, Coah., México  
E-mail: [agraria@revistaagraria.com](mailto:agraria@revistaagraria.com)  
Tel. +52 (844) 411 02 12 y 411 02 80, ext. 2003. Fax +52 (844) 411 02 11



**57** Candelilla: Recurso vegetal endémico con potencial para su uso integral

Candelilla: Endemic plant with an integral potential use

*Itzel C. Núñez García, Guillermo C. G. Martínez Ávila, Araceli Ochoa Martínez, Rojas R., O. Miriam Rutiaga Quiñones*

**63** Logística interna y organizaciones sustentables para el análisis de los sistemas agrícolas

Internal logistics and sustainable organizations for the analysis of agricultural systems

*Jesús Manuel Herrera-Cebreros, Jesús Martín Robles-Parra, Karla Terán-Samaniego, Jesús Lauro Paz-Luna*

**70** Efectos de diferentes efluentes residuales en el crecimiento y desarrollo de la Espinaca (*Spinacia oleracea* L.), provenientes de Saltillo, México

Effects of various wastewater effluents on growth and development of spinach (*Spinacia oleracea* L.) from Saltillo, Mexico

*Silvia Yudith Martínez-Amador, José Rodolfo Simental-De la Paz, Laura María González-Méndez, Alonso Méndez-López, Aída Isabel Leal-Robles, Michelle Ivone Ramos-Robles, Angélica Martínez-Ortiz*

**78** Escarificación física, química y manual para la germinación de lirio persa (*Dietes sp.*)

Physical, chemical and manual scarification for the germination of persian lily (*Dietes sp.*)

*Maricruz Martínez-Jaramillo, Yessica Abigail Alvarado-Cepeda, Jorge Luis Vega-Chávez*

**Agraria** es una revista, arbitrada, cuatrimestral, no lucrativa, de acceso abierto de ciencias agrícolas, pecuarias, forestales, ingeniería, biotecnológicas, agroindustria y socioeconómicas, que publica artículos de divulgación y transferencia tecnológica originales e inéditos de alta calidad. Los materiales que se envíen para su publicación deberán cumplir con las normas editoriales y estarán sujetos a estricta revisión por pares, como requisito previo a su publicación.