

Efecto de la adición de lixiviado y azufre en la capacidad antioxidante y contenido fenólico en brotes de germinados de maíz

Effect of the addition of leachate and sulfur in the antioxidant capacity and phenolic content in germinated corn sprouts

Cirilo Vázquez-Vázquez¹ , Victoria Jared Borroel-García^{2‡} ,
Barbara Yahaira Espino-Paredes² , Fátima Noemí Santa María-Hinojosa² ,
José Luis García-Hernández¹  y Mercedes Georgina Ramírez-Aragón² 

¹ Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera Gómez Palacio - Tlahualilo km 32., ejido Venecia. 35000 Gómez Palacio, Durango, México.

² Universidad Politécnica de Gómez Palacio, Carretera el Vergel – La Torreña km 0.820, localidad el Vergel. 35120 Gómez Palacio, Durango, México.

[‡] Autora para correspondencia (vjbgl1979@gmail.com)

RESUMEN

Germinados de maíz se fertilizaron con lixiviado de vermicompost y azufre para analizar el efecto que producen estos compuestos sobre la calidad fitoquímica con respecto al contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante. Se realizaron determinaciones del contenido fenólico total (FNL), flavonoides (FVL) y capacidad antioxidante (AOX) de los brotes al comparar tres tratamientos como fuente de nutrimentos: lixiviado, azufre y lixiviado-azufre; además de un tratamiento control con agua simple. El lixiviado fue obtenido a partir de la elaboración de vermicompost. Los resultados mostraron incrementos en la concentración de las variables evaluadas en los tres tratamientos estudiados. La combinación lixiviado-azufre presentó los valores más altos para FNL, FVL, AOX con valores promedios de 9.123 mg g⁻¹ PS, 6.63 mg g⁻¹ PS, 6088 µmol TE/100 g⁻¹ PS (70, 64, 61% mayor al control), respectivamente. Los hallazgos ilustran que el valor nutricional y las propiedades funcionales de los brotes de germinados de maíz puede incrementarse a través de la suplementación con azufre y lixiviado de vermicompost.

Palabras clave: extracción, fitoquímicos, propiedades funcionales, vermicompost.

SUMMARY

Germinated maize sprouts were fertilized with vermicompost leachate and sulfur to analyze the effect of these compounds over the phytochemical quality in regard to total phenolic content and antioxidant capacity. Total phenolic content (FNL), flavonoid (FVL) and antioxidant capacity (AOX) of sprouts were determined by comparing three treatments (leachate, sulfur, leachate-sulfur) as source of nutrients and a control (water). The results showed an increase in the concentration of the variables evaluated in the three treatments studied. The leachate-sulfur combination presented the highest values for FNL, FVL and AOX, with average values of 9123 mg g⁻¹ PS, 6.63 mg g⁻¹ PS, 6088 µmol TE/100 g⁻¹ PS, (70, 64, and 61% higher than control), respectively. These findings show that the nutritional value and functional properties of germinated maize sprouts can increase by the addition of sulfur and vermicompost leachate.

Index words: extraction, phytochemicals, functional properties, vermicompost.

Cita recomendada:

Vázquez-Vázquez, C., V. J. Borroel-García, B. Y. Espino-Paredes, F. N. Santa María-Hinojosa, J. L. García-Hernández y M. G. Ramírez-Aragón. 2020. Efecto de la adición de lixiviado y azufre en la capacidad antioxidante y contenido fenólico en brotes de germinados de maíz. *Terra Latinoamericana* 38: 481-487.

DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i3.697>

Recibido: 28 de noviembre de 2019.

Aceptado: 19 de febrero de 2020.

Publicado en *Terra Latinoamericana* 38: 481-487.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz es de indudable importancia en México y en el mundo (González *et al.*, 2016; Jiménez-Nevárez *et al.*, 2018). Este cultivo de maíz es un alimento básico para millones de habitantes (Vera *et al.*, 2019). Esta planta cuenta con excelentes características de valor nutritivo, su consumo se da de muy diversas formas en la alimentación de humanos y ganado (Zaragoza *et al.*, 2019). Una forma de alimentación para ganado explorada recientemente es en forma de brotes o germinados (Mattioli *et al.*, 2019). Se ha explorado que la calidad de brotes puede ser mejorada por la incorporación de nutrimentos durante su crecimiento. Estos elementos intervienen en el incremento de metabolitos secundarios como el contenido de fenólicos y la actividad antioxidante (Kestwal *et al.*, 2011). Dentro de estos elementos está el azufre. La función del azufre en la nutrición es muy importante en el metabolismo primario y además participa en la síntesis de metabolitos secundarios (Sutar *et al.*, 2017). La importancia de este elemento radica en que es precursor de la síntesis proteica y una deficiencia de éste reduce el rendimiento y calidad de los cultivos (Alfaro *et al.*, 2006).

El lixiviado de vermicompost es considerado un abono líquido que contiene gran cantidad de nutrientes generados por la transformación de la materia orgánica (Zamora *et al.*, 2017). Esta alternativa de fertilización además de que no afecta el rendimiento y calidad del cultivo, aporta los nutrimentos necesarios para el desarrollo del mismo (Preciado *et al.*, 2011). La combinación de lixiviado y azufre ayudan al desarrollo de metabolitos secundarios como compuestos fenólicos y flavonoides, estos elementos contribuyen a que la planta resista al ataque de patógenos e insectos (Nawaz *et al.*, 2018). Una de las características de los compuestos fenólicos es la de actuar como antioxidantes, ya que pueden eliminar radicales libres (Peñarrieta *et al.*, 2014). La extracción de los compuestos fenólicos y flavonoides requieren de un proceso prolongado, causando en muchas ocasiones degradación y pérdida de la actividad antioxidante, por ello una alternativa es el empleo de la extracción asistida por ultrasonido (UAE) permitiendo una extracción en un corto periodo de tiempo y un mayor rendimiento en la extracción sólido-líquido; además de ser económica, simple y confiable (Annegowda *et al.*, 2012). Por ello el objetivo del presente estudio fue cuantificar la concentración de

compuestos bioactivos determinantes en la capacidad antioxidante de brotes de maíz utilizando lixiviado de vermicompost y azufre como fertilización.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del Experimento

El estudio se realizó en la Universidad Politécnica de Gómez Palacio, Durango, ubicada en carretera la Torreña km 0.820 (25° 38' 19.83" N -103° 31' 52.12" O) dentro del laboratorio de genética de la carrera de Ingeniería en Biotecnología.

Germinación de la Semilla

La pre germinación se realizó en agua potable a temperatura ambiente durante 24 h. Se utilizó semilla de maíz (*Zea mays* L.) cv. Euros, de la empresa UNISEM. Este cultivar es un híbrido de ciclo vegetativo intermedio con un porcentaje de germinación del 90%. La semilla fue previamente lavada con hipoclorito de sodio a una concentración de 1 mL L⁻¹. Posteriormente las semillas se escurrieron y se colocaron en charolas de poli estireno con medidas de 15 × 10 × 5 cm, con perforaciones en la parte superior para permitir la aireación. Las charolas se colocaron por espacio de tiempo de 6 h en oscuridad. Transcurrido ese tiempo se inició la etapa de crecimiento, durante la cual se aplicaron los tratamientos y tuvo una duración de 15 días. Durante el crecimiento de los brotes se realizaron riegos cada 3 h con agua, por medio de aspersión con una cantidad de 5 mL por aplicación. Los tratamientos se aplicaron en la etapa de crecimiento empleando la misma dosis de riego.

Tratamientos

Los tratamientos de fertilización utilizados fueron agua como control (A); Lixiviado (LX) agregando 10 mL de lixiviado por litro de agua; mezcla de lixiviado con azufre (LXS) agregando 10 mL de lixiviado y 3 mL de azufre por litro de agua y azufre (S) añadiendo 3 mL de azufre por litro de agua de acuerdo a las indicaciones de la etiqueta del producto (AZPERZUL®). Para determinar la dosis de compuestos en cada tratamiento se tomó en cuenta la composición química del agua de riego y del lixiviado (Cuadros 1 y 2). Las variables evaluadas fueron: contenido de fenoles totales (FNL),

flavonoides totales (FLV) y capacidad antioxidante total (AOX).

Preparación de Extractos

Para cuantificar las variables FNL, FLV y AOX los brotes fueron deshidratados a temperatura ambiente (30 ± 2 °C) extendiendo en papel secante a la sombra durante 15 días. La muestra seca se pulverizó en licuadora (Hamilton beach® 58160-mx), y almacenó en tubos de ensayo de 15 mL para su posterior extracción. Después se prepararon extractos mezclando 1 g de muestra seca en 10 ml de metanol, posteriormente se realizó extracción de compuestos por medio de ultrasonificación (Ultrasonics®) sometiendo las muestras a ondas de sonido con intensidad de onda de 20 KHz por 2 min. Seguido de este procedimiento el sobrenadante fue retirado de los tubos y fue almacenado en tubos Eppendorf a -20 °C hasta ser analizados.

Cuantificación de FNL

Para la cuantificación del contenido de fenoles totales se utilizó el método de Folin-Ciocalteu utilizado por Ramírez *et al.* (2019) tomando 50 µL de extracto, se mezcló con 3 mL de agua destilada seguido de 250 µL de reactivo de Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich®,

St. Louis MO, EE.UU.), la mezcla se agitó en vórtex durante 10 s. Se añadieron 750 µL de carbonato de sodio (20% p/v) a los tres min posteriores de reacción y se agitaron durante 10 s, enseguida se agregaron 950 µL de agua destilada, se agitó nuevamente y se dejaron reposar las muestras durante dos horas en oscuridad para la reacción química correspondiente. Pasado este tiempo las muestras se leyeron a 765 nm en un espectrofotómetro Genesys® (USA) 10 UV. La curva de calibración fue realizada en base a ácido gálico como estándar (0 - 1000 mg L⁻¹) y los resultados se presentaron en mg de ácido gálico equivalente por g de muestra en peso seco (mg AGE g⁻¹ PS).

Cuantificación de FLV

La determinación del contenido total de flavonoides se llevó a cabo bajo la técnica utilizada por Baba y Malik (2015) 50 µL de extracto se aforaron hasta 1 mL con metanol, se mezclaron con 4 ml de agua destilada y 0.3 mL de solución de NaNO₂ al 5%; después se añadieron 0.3 mL de solución de AlCl₃ al 10% incubando durante 5 min. Posteriormente, 2 mL de solución de NaOH al 1 M fueron añadidos y el volumen final de la mezcla fue aforado a 10 ml con agua doblemente destilada. La mezcla se dejó reposar durante 15 min para posteriormente medir la absorbancia a 510 nm.

Cuadro 1. Composición química del agua de riego.
Table 1. Chemical composition of irrigation water.

	Aniones					Cationes					pH	CE mS cm ⁻¹
	mmol L ⁻¹											
	-NO ₃	-H ₂ PO ₄	=SO ₄	-HCO ₃	-Cl	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺		
Agua	2.1	0	3.84	4.24	1.24	0	0.01	5.29	1.11	2.21	6.89	0.87

Cuadro 2. Composición química del lixiviado de vermicompost.
Table 2. Chemical composition of vermicompost leachate.

	-NO ₃	-H ₂ PO ₄	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	=SO ₄	-Cl	pH	CE mS cm ⁻¹
	mmol L ⁻¹									
Lixiviado de vermicompost	0.35	1.32	4.30	5.52	0.65	4.04	5.33	4.42	8.2	2.4

El contenido total de flavonoides fue calculado a partir de una curva de calibración, y el resultado fue expresado como mg de quercetina equivalente por g de muestra en peso seco (mg QE g⁻¹ PS).

Cuantificación de AOX

El análisis de capacidad antioxidante se realizó según lo indicado por Domínguez y Ordoñez (2014) utilizando como radical 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS⁺ Sigma-Aldrich®, USA.). El ensayo se realizó con 10 µL de muestra y 990 µL del radical ajustado. Pasados 30 min de reacción se lee la absorbancia (734 nm) por espectrofotometría. La curva de calibración se realizó usando Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid) como agente antioxidante, y el resultado fue expresado como micromoles equivalentes en Trolox por gramo de muestra en peso seco (µmol TE g⁻¹ PS).

Para las variables contenido de fenoles totales, flavonoides totales y capacidad antioxidante total, se realizó análisis de varianza (SAS Instituto, 2004) y comparación de medias mediante DMS ($P \leq 0.05$) en los casos en los que se encontró diferencia estadística significativa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de fenoles totales (FNL). El contenido de compuestos presentó diferencia significativa en los tratamientos ($P \leq 0.05$). El mejor tratamiento fue la combinación de lixiviado con azufre con un valor superior al 70% con respecto al control (Figura 1).

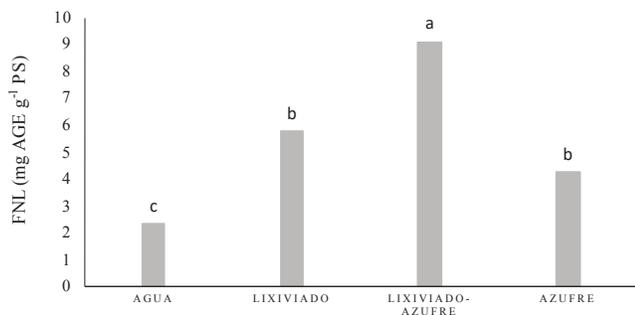


Figura 1. Determinación del contenido de fenoles totales en tratamientos.

Figure 1. Determination of the content of total phenols in treatments.

De acuerdo a estudios realizados anteriormente por Najafian y Zahedifar (2015), las fertilizaciones utilizadas para los tratamientos de este estudio contribuyeron al aumento de compuestos antioxidantes ya que el uso de macronutrientes como el azufre (S) aumentan la concentración de distintos compuestos ya que trabajan en sinergia con estos para combatir a las reacciones con O₂ que generan oxidación. Zhou *et al.* (2013) observaron un aumento en el contenido fenólico en los brotes de rábano tratados con azufre en comparación con el control coincidiendo con los valores obtenidos en este estudio. Estos resultados son similares a los hallazgos que indican que la aplicación de azufre es un método efectivo para mejorar el contenido fenólico en brotes de crucíferas (Kestwal *et al.*, 2011). Con respecto al potencial del uso de lixiviado como fertilización orgánica para la concentración de compuestos bioactivos, Preciado *et al.* (2015) encontraron que la aplicación de este aumenta en un 29.3% el contenido de fenoles totales en comparación a la solución inorgánica aplicada en frutos de melón. De acuerdo con los autores, ello puede atribuirse al bajo contenido nutricional de la misma. También la aplicación de lixiviado de vermicompost incremento el contenido fenólico y la capacidad antioxidante de los frutos de tomate en el estudio realizado por López *et al.* (2016) en el cual los valores encontrados fueron mayores en comparación a los diferentes tratamientos utilizados.

Flavonoides (FLV). En cuanto al contenido total de flavonoides presentes en los brotes de maíz se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0.05$). Los tratamientos en los cuales se utilizó lixiviado y azufre por separado como fertilizante para el crecimiento de los brotes mostraron resultados similares entre sí. Sin embargo, cuando ambos fertilizantes fueron combinados en el tratamiento la concentración de flavonoides aumentó un 64% en comparación con el tratamiento control (Figura 2). De acuerdo a lo obtenido por Sytar *et al.* (2018), en el análisis de flavonoides de brotes de trigo con valores entre 0.4-0.8 mg g⁻¹ son inferiores hasta en un 50% de concentración. No obstante, los brotes de trigo no fueron tratados con ningún tipo de fertilización. A diferencia de los resultados obtenidos en el estudio con hojas de pimienta, donde los valores del contenido de flavonoides fueron superiores en más del 45% cuando el fertilizante utilizado fue lixiviado con vermicompost en comparación al tratamiento

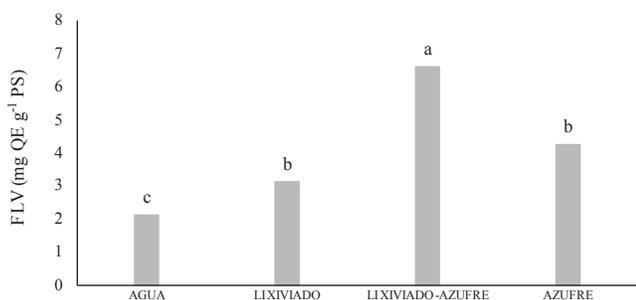


Figura 2. Contenido de flavonoides en tratamientos.
Figure 2. Flavonoid content in treatments.

fertilizado con roca de sulfuro (Luján *et al.*, 2017). Además, como se mencionó anteriormente el uso de azufre en combinación con lixiviado mostro ser el mejor tratamiento, probablemente se atribuya a la disponibilidad inmediata, la composición de ácidos húmicos y otras sustancias biológicamente activas, las cuales regulan el crecimiento vegetal favoreciendo así al crecimiento y el metabolismo secundario de las plantas (Preciado *et al.*, 2014).

Capacidad antioxidante total (AOX). Los valores promedio obtenidos para el tratamiento lixiviado-azufre, azufre y lixiviado superan al control en un 61, 28 y 22% respectivamente en la concentración de compuestos antioxidantes totales (Figura 3). Resultados similares con respecto a AOX han sido reportados por Xiang *et al.* (2017) para brotes de maíz dulce germinados bajo condiciones de luz y oscuridad con valores entre 40 956-5518 $\mu\text{mol TE } 100 \text{ g}^{-1}$ en peso seco. Los autores mencionan que la concentración de

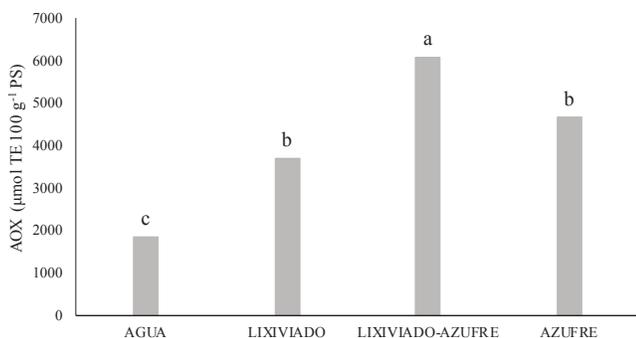


Figura 3. Actividad antioxidante presente en tratamientos de brotes de maíz.
Figure 3. Antioxidant activity present in corn sprout treatments.

compuestos antioxidantes aumenta con los días de germinación. Esos resultados también coinciden con Aremu *et al.* (2015) y Singh *et al.* (2014) quienes reportan que los efectos estimulantes presentes en lixiviado a menudo se han atribuido a la presencia de elementos minerales, ácido húmico y compuestos similares los cuales influyen en el crecimiento de las plantas al aumentar la absorción de aniones y cationes, la síntesis de proteínas y la acción de las enzimas del metabolismo de los nitratos, así como al mejorar la absorción de macro y micro nutrientes.

En un estudio realizado anteriormente con brotes de brócoli, col y rábanos se demostró que la fertilización con S incrementa la actividad antioxidante en relación al incremento de la dosis, obteniendo valores más altos cuando la cantidad de azufre es mayor (Kestwal *et al.*, 2011), Estos últimos resultados coinciden con lo establecido por Burguières *et al.* (2007) donde la calidad promotora de la salud de los brotes se puede mejorar al complementar los medios de crecimiento con varios nutrientes durante la germinación incrementando el contenido fenólico total y la actividad antioxidante.

CONCLUSIONES

El contenido fenólico total, el contenido total de flavonoides y la capacidad antioxidante aumentaron con el uso de la combinación de lixiviado-azufre durante el crecimiento de los brotes de los germinados de maíz alcanzando los niveles más altos de compuestos activos. Los germinados de maíz suplementados con azufre en conjunto con el lixiviado de vermicompost son modelos adecuados para la biofortificación debido a que tienen alta capacidad de absorción, transporte y biotransformación para obtener fitoquímicos que incrementan el valor nutracéutico; por ello, podría promoverse como un método potencial para mejorar las propiedades funcionales de los brotes.

LITERATURA CITADA

- Alfaro, M., R. Bernier y S. Iraira. 2006. Efecto de fuentes de azufre sobre el rendimiento y calidad de trigo y pradera en dos andisoles. *Agric. Téc.* 66: 283-294. doi: <https://doi.org/10.4067/S0365-28072006000300007>.
- Annegowda, H. V., R. Bhat, L. Min-Tze, A. A. Karim, and S. M. Mansor. 2012. Influence of sonication treatments and extraction solvents on the phenolics and antioxidants in star fruits. *J. Food Sci. Technol.* 49: 510-514. doi: <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0435-8>.

- Aremu, A. O., W. A. Stirk, M. G. Kulkarni, D. Tarkowská, V. Turečková, J. Gruz, M. Šubrtová, A. Pěňčík, O. Novák, K. Doležal, M. Strnad, and J. Van Staden. 2015. Evidence of phytohormones and phenolic acids variability in garden-waste-derived vermicompost leachate, a well-known plant growth stimulant. *Plant Growth Regul.* 75: 483-492. doi: <https://doi.org/10.1007/s10725-014-0011-0>.
- Baba, S. A. and S. A. Malik. 2015. Determination of total phenolic and flavonoid content, antimicrobial and antioxidant activity of a root extract of *Arisaema jacquemontii* Blume. *J. Taibah Univ. Sci.* 9: 449-454. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtusci.2014.11.001>.
- Burguières, E., P. McCue, Y. Kwon, and K. Shetty. 2007. Effect of vitamin C and folic acid on seed vigour response and phenolic-linked antioxidant activity. *Bioresour. Technol.* 98: 1393-1404. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.05.046>.
- Domínguez, E. y E. Ordoñez. 2014. Evaluación de la actividad antioxidante, vitamina C de zumos cítricos de lima dulce (*Citrus limetta*), limón tahití (*Citrus latifolia*), limón rugoso (*Citrus jambhiri Lush*). *Invest. Amazonia* 3: 30-35.
- González-Cortés, N., H. Silos-Espino, J. C. Estrada-Cabral, J. A. Chávez-Muñoz y L. Tejero-Jiménez. 2016. Características y propiedades del maíz (*Zea mays* L.) criollo cultivado en Aguascalientes, México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 7: 669-680.
- Jiménez-Nevárez, Y. B., J. Milán-Carrillo, S. Mora-Rochín, A. Montoya-Rodríguez, C. Reyes-Moreno, E. O. Cuevas-Rodríguez, P. Reyes-Fernández y E. Milán-Noris. 2018. Características tecnológicas y fitoquímicas de maíz criollo raza elotero de Sinaloa. *Invest. Des. Cienc. Tecnol. Alim.* 3: 616-620.
- Kestwal, R. M., J. C. Lin, D. Bagal-Kestwal, and B. H. Chiang. 2011. Glucosinolates fortification of cruciferous sprouts by sulphur supplementation during cultivation to enhance anticancer activity. *Food Chem.* 126: 1164-1171. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.152>.
- López-Martínez, J. D., D. A. Vázquez-Díaz, J. R. Esparza-Rivera, J. L. García-Hernández, M. A. Castruita-Segura, and P. Preciado-Rangel. 2016. Yield and nutraceutical quality of tomato fruit produced with nutrient solutions prepared using organic materials. *Rev. Fitotec. Mex.* 39: 409-414.
- Luján-Hidalgo, M. C., D. E. Gómez-Hernández, J. J. Villalobos-Maldonado, M. Abud-Archila, J. A. Montes-Molina, S. Enciso-Saenz, V. M. Ruiz-Valdiviezo, and F. A. Gutiérrez-Miceli. 2017. Effects of vermicompost and vermiwash on plant, phenolic content, and anti-oxidant activity of mexican pepperleaf (*Piper auritum* Kunth) cultivated in phosphate rock potting media. *Compost Sci. Util.* 25: 95-101. doi: <https://doi.org/10.1080/1065657X.2016.1202796>.
- Mattioli, S., A. Dal Bosco, C. Castellini, B. Falcinelli, V. Sileoni, O. Marconi, A. Cartoni Mancinelli, E. Cotozzolo, and P. Benincasa. 2019. Effect of heat and freeze drying treatments on phytochemical content and fatty acid profile of alfalfa and flax sprouts. *J. Sci. Food Agric.* 99: 4029-4035. doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.9630>.
- Najafian, S. and M. Zahedifar. 2015. Antioxidant activity and essential oil composition of *Satureja hortensis* L. as influenced by sulfur fertilizer: Influence of S fertilizer on *Satureja hortensis* essential oil. *J. Sci. Food Agric.* 95: 2404-2408. doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.6959>.
- Nawaz, H., S. Muzaffar, M. Aslam, and S. Ahmad. 2018. Phytochemical composition: Antioxidant potential and biological activities of corn. Chapter 4. pp. 49-68. *In: Amanullah and S. Fahad (eds.). Corn - production and human health in changing climate.* IntechOpen. London, UK. doi: <https://doi.org/10.5772/intechopen.79648>. 79648. Online ISBN: 978-1-78984-156-5.
- Peñarrieta, J. M., L. Tejada, P. Mollinedo, J. L. Vila, and J. A. Bravo. 2014. Phenolic compounds in food. *Rev. Bol. Quím.* 31: 68-81. doi: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.5018.1840>.
- Preciado-Rangel, P., M. Fortis-Hernández, J. L. García-Hernández, E. O. Rueda-Puente, J. R. Esparza-Rivera, A. Lara-Herrera, M. A. Segura-Castruita y J. A. Orozco-Vidal. 2011. Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de tomate en invernadero. *Interciencia* 36: 689-693.
- Preciado-Rangel, P., G. A. Baca-Castillo, J. L. Tirado-Torres, J. Kohashi-Shibata, L. Tijerina-Chávez y A. Martínez-Garza. 2014. Nitrógeno y potasio en la producción de plántulas de melón. *Terra Latinoamericana* 32: 267-276.
- Preciado-Rangel, P., K. M. García-Villela, M. Fortis-Hernández, R. Trejo Valencia, E. O. Rueda Puente, and J. R. Esparza-Rivera. 2015. Nutraceutical quality of cantaloupe melon fruits produced under fertilization with organic nutrient solutions. *Cienc. Inv. Agr.* 42: 15-15. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-16202015000300015>.
- Ramírez-Aragón, M. G., V. J. Borroel-García, L. Salas-Pérez, J. D. López-Martínez, M. A. Gallegos-Robles y H. I. Trejo-Escareño. 2019. Ácido rosmarínico, fenólicos totales y capacidad antioxidante en tres variedades de *Ocimum basilicum* L. con diferentes dosis de potasio. *Polibotanica* 47: 89-98. doi: <https://doi.org/10.18387/polibotanica.47.7>.
- SAS Institute. 2004. Statistical Analysis System. SAS Release 9.1. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- Singh, S., M. G. Kulkarni, and J. Van Staden. 2014. Biochemical changes associated with gibberellic acid-like activity of smoke-water, karrikinolide and vermicompost leachate during seedling development of *Phaseolus vulgaris* L. *Seed Sci. Res.* 24: 63-70. doi: <https://doi.org/10.1017/S0960258513000408>.
- Sutar, R. K. A. M. Pujar, B. N. Aravinda Kumar, and N. S. Hebsur. 2017. Sulphur nutrition in maize - A critical review. *Int. J. Pure App. Biosci.* 5: 1582-1596. doi: <https://doi.org/10.18782/2320-7051.6092>.
- Sytar, O., P. Boško, M. Živčák, M. Brestic, and I. Smetanska. 2018. Bioactive phytochemicals and antioxidant properties of the grains and sprouts of colored wheat genotypes. *Molecules* 23: 2282. doi: <https://doi.org/10.3390/molecules23092282>.
- Vera Avilés, D., E. Comte Saltos, R. Guamán Jiménez, J. Mora Espinoza y C. Díaz Chacho. 2019. Sistemas informáticos evaluación agronómica y molecular de 10 híbridos introducidos de maíz (*Zea mays* L.) por rendimiento y sanidad en las condiciones agroclimáticas. *Rev. Ibér. Sist. Tecnol. Inform.* E21: 12-119.
- Xiang, N., X. Guo, F. Liu, Q. Li, J. Hu, C. S. Brennan. 2017. Effect of light- and dark-germination on the phenolic biosynthesis, phytochemical profiles, and antioxidant activities in sweet corn (*Zea mays* L.) sprouts. *Int. J. Mol. Sci.* 18: 1246. doi: <https://doi.org/10.3390/ijms18061246>.

-
-
- Zamora, K., L. Castro, A. Wang, L. F. Arauz y L. Uribe. 2017. Uso potencial de lixiviados y tés de vermicompost en el control del ojo de gallo del café *Mycena citricolor*. *Agron. Costarricense* 41: 33-51. doi: <https://doi.org/10.15517/rac.v41i1.29747>.
- Zaragoza-Esparza, J., M. Tadeo-Robledo, A. Espinosa-Calderón, C. López-López, J. C. García-Espinosa, B. Zamudio-González, A. Turrent Fernández y F. Rosado-Núñez. 2019. Rendimiento y calidad de forraje de híbridos de maíz en Valles Altos de México. *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 10: 101-111. doi: <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i1.1403>.
- Zhou, C., Y. Zhu, and Y. Luo. 2013. Effects of sulfur fertilization on the accumulation of health-promoting phytochemicals in radish sprouts. *J. Agric. Food Chem.* 61: 7552-7559. doi: <https://doi.org/10.1021/jf402174f>.