



Ciencia en su PC

ISSN: 1027-2887

manuela@megacen.ciges.inf.cu

Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba

Cuba

Zamora-Oduardo, Dannielly; Rodríguez-Fernández, Pedro; Ferrer-Dubois, Albys; Fung-Boix, Yilan; Isaac-Aleman, Elizabeth; Asanza-Kindelán, Guillermo

Producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo riego con agua magnetizada en casa de cultivo protegido

Ciencia en su PC, vol. 1, 2020, -Marzo, pp. 60-74

Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba
Cuba

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181363107005>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UAEH
redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

PRODUCCIÓN DE TOMATE (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L.) BAJO RIEGO CON AGUA MAGNETIZADA EN CASA DE CULTIVO PROTEGIDO

TOMATO PRODUCTION (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L.) LOW IRRIGATION WITH MAGNETIZED WATER IN PROTECTED CROP HOUSE

Autores:

Dannielly Zamora-Oduardo, dannielly.zamora@nauta.cu. Teléfono: 22676597. Ministerio de la Agricultura. Santiago de Cuba, Cuba.

Pedro Rodríguez-Fernández, pedroarf@uo.edu.cu. Universidad de Oriente, Facultad de Ingeniería Química y Agronomía. Santiago de Cuba, Cuba.

Albys Ferrer-Dubois, albys@uo.edu.cu¹

Yilan Fung-Boix, yilan@uo.edu.cu¹

Elizabeth Isaac-Aleman, elizabetha@uo.edu.cu¹

Guillermo Asanza-Kindelán, asanza@uo.edu.cu¹

¹Universidad de Oriente, Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA). Santiago de Cuba, Cuba.

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar algunos indicadores del crecimiento y productividad del tomate, variedad híbrida HA 3019, cultivada bajo la acción del agua tratada con un campo magnético estático (CME). Se emplearon dos niveles de intensidad, de entre 20 a 80 mini Tesla (mT) y de 100 a 200 mT, en comparación con un testigo sin magnetizar. El experimento se realizó en el municipio Santiago de Cuba sobre un suelo pardo sialítico mullido carbonatado, en condiciones de casa de cultivo protegido, modelo bitúnel (H9-3), durante el período de enero a abril de 2018. El tipo de riego utilizado fue por goteo. Se empleó un diseño de bloques al azar con tres tratamientos y tres réplicas. Los datos experimentales para cada variable respuesta fueron sometidos a análisis de varianza de clasificación simple y comparación múltiple de medias mediante la Prueba de Tukey al 5 %. Los mayores resultados en los indicadores evaluados se obtuvieron con el agua de riego tratada magnéticamente, mejor para la inducción 100-200 mT.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum* L., cultivo protegido, agua magnetizada.

ABSTRACT

The investigation had as objective, to evaluate some indicators of the growth and productivity of the tomato hybrid variety HA 3019 cultivated under the action of the water tried with a Static Magnetic Field (CME). Two levels of intensity, were used among 20 to 80 mini Tesla (mT) and of 100 to 200 mT, in comparison with a witness without magnetizing. The experiment was carried out in the municipality Santiago from Cuba on a floor brown carbonated fluffed sialítico, under conditions of house of cultivation protected model tunnel (H9-3), during the period January to April of 2018. The type of used watering was for leak. A design of blocks was used at random with three treatments and three replicas. The experimental data for each variable answer, were subjected to analysis of variance of simple classification and multiple comparison of stockings by means of the Test of Tukey to 5%. The biggest results in the evaluated indicators, they were obtained with the watering water tried magnetically, better for the induction 100-200 mT.

Key words: *Solanum lycopersicum L., protected cultivation, itdilutes magnetized.*

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es la hortaliza de mayor importancia en el mundo, pues representa más del 30 % de la producción hortícola. Su superficie de siembra es de 4 161 295 hectáreas, la producción de 110 513 591 toneladas y el rendimiento promedio de 27 t.ha⁻¹ a campo abierto y de alrededor de las 80 t.ha⁻¹ en casa de cultivo protegido (Torres, León y Fernández, 1999).

Es uno de los cultivos que está priorizado entre las hortalizas debido a su alta demanda y a la gran importancia que posee en la dieta de la población, tanto en consumo fresco como en conservas. En Cuba este cultivo ocupa aproximadamente el 36 % del área destinada a la siembra de hortalizas (Torres, *et al.*, 1999).

Este es el segundo vegetal más consumido a nivel mundial, después de *Solanum tuberosum* (FAOSTAT, 2015; El Nagar y Mekawi, 2016). Sus frutos contienen carbohidratos, minerales, vitaminas, carotenoides y polifenoles. Estos le confieren un gran valor nutricional que, a su vez, repercute en su potencial como antioxidante (El Nagar & Mekawi, 2016).

El tomate es un alimento con escasa cantidad de calorías. De hecho, 100 gramos de tomate aportan solamente 18 kcal. La mayor parte de su peso es agua y el segundo constituyente en importancia son los hidratos de carbono. Contiene azúcares simples que le confieren un ligero sabor dulce y algunos ácidos orgánicos que le otorgan el sabor ácido característico. El tomate es una fuente importante de minerales. De su contenido en vitaminas destacan la B1, B2, B5 y la C. Presenta también carotenoides como el licopeno (pigmento que da el color rojo característico al tomate). La vitamina C y el licopeno son antioxidantes con una función protectora del organismo humano. Durante los meses de verano el tomate es una de las fuentes principales de vitamina C (Zárate, 2014).

El valor nutricional de las especies de hortalizas depende de diversos factores, el más importante es la variedad botánica y el cultivar. Otros factores relevantes que influyen en la composición química de las hortalizas son las condiciones climáticas, la fertilización, el sistema de producción, el riego, así como el estado de desarrollo de la planta al momento de la cosecha (El Nagar & Mekawi, 2016).

Las investigaciones sobre los efectos del campo magnético con vistas a su aplicación potencial constituyen un esfuerzo por el desarrollo de plantas con mejores cualidades morfológicas, fisiológicas y de rendimiento productivo. Diversas investigaciones han mostrado que la aplicación del campo magnético induce cambios favorables en varias especies vegetales de interés agronómico, facilita la absorción de nutrientes y favorece el crecimiento y desarrollo (Zdyrska, Kornarzynski, Pietruszewski & Gagoś, 2016; Hozayn, Abd El Monem, Darwish & Abd Elhamid, 2017; Vashisth & Joshi, 2017).

Se denomina ATM al agua que ha sido expuesta a un campo magnético, cuando esto ocurre se producen varios efectos fisicoquímicos y moleculares en esta, por ejemplo: se producen cambios en los puntos de solidificación y de ebullición, cambios en la tensión superficial, viscosidad, tasa de evaporación, constante dieléctrica e índice de refracción; también hay efectos en la formación de estructuras de agrupamiento a partir de cadenas de moléculas lineales y anulares enlazadas con hidrógeno. Estos efectos son indiferentes a la naturaleza (Krishnaraj, Yuny, Kumar, 2017).

Se han planteado varias hipótesis científicas sobre los efectos biológicos del campo magnético en el agua y las plantas (Del Giudice, Fleischmann, Preparata y Talpo, 2002; Holysz, Szczes & Chibowski, 2007; Poinapen, Brown y Beeharry, 2013; Pang, 2014; Sheykina, 2016; Teixeira & Dobránszki, 2016), entre ellas:

- Modificación de la permeabilidad de las membranas y del flujo iónico.
- Orientación de las partículas ferromagnéticas.
- Efectos en los procesos enzimáticos.
- Modificación de las rutas metabólicas de los procesos relacionados con el crecimiento, la división celular y la diferenciación de plantas.

Un campo magnético aplicado al agua de riego mejora las características de crecimiento de las plantas y la funcionalidad de las raíces. Además, tiene una marcada influencia en la composición química de las plantas, afecta la disponibilidad de nutrientes en el suelo, activa las enzimas de las plantas, por lo que influye en su temprana producción y mejora del rendimiento (Amer, 2014).

Consecuentemente, la aplicación del campo magnético puede ser usada como una alternativa a los métodos químicos de tratamiento de plantas para mejorar la eficiencia en la producción.

Se ha encontrado que el tratamiento magnético del agua tiene un efecto positivo en el mejoramiento de la calidad de esta, ya que amortigua los efectos deletéreos del agua reciclada de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y de agua salina, usadas para riego agrícola (Mroczek, Tryniecki, Kornarzyński, Pietruszewski & Gagoś, 2016).

En uno de los cultivos en el que se ha aplicado el campo magnético (CM) es *Solanum lycopersicum* L. Se han aplicado inducciones magnéticas entre 125 y 250 mini-Tesla (mT) para favorecer la germinación de semillas, las características morfológicas y el rendimiento de las plantas (Martínez, Periago, Provan & Chesson, 2002; Duarte, 2003; De Souza, García, Sueiro, Licea & Porras, 2005; Torres Díaz & Cabal, 2008; Martínez, Carbonell, Flórez, Sánchez & Maqueda, 2009; Jedlička, Paulen & Ailer, 2014 y Ogunlela & Yusuf, 2016).

Hoy es conocido que el campo magnético estático (CME) tiene efectos positivos en procesos que ocurren en las plantas, tales como: la germinación de la semilla, desarrollo del tallo, incremento de masa fresca, longitud de la planta, rendimiento de frutos por planta y peso medio del fruto (Salehi & Sharafi, 2015).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar algunas variables del crecimiento y productividad en *Solanum lycopersicum* L., variedad híbrida HA 3019, cultivada bajo la acción del agua tratada con CME en casa de cultivo protegida.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la finca Marianaje perteneciente al municipio Santiago de Cuba, Cuba, sobre un suelo pardo sialítico mullido carbonatado, en condiciones de casa de cultivo protegido, modelo túnel (H9-3). El tipo de riego utilizado fue por goteo.

El cultivo que se investigó fue el tomate (*Solanum lycopersicum* L.), variedad híbrida HA 3019 en el período correspondiente de enero a abril de 2018.

El tratamiento magnético que se empleó está concebido por dispositivos magnéticos compuestos por imanes permanentes que se diseñaron,

construyeron y caracterizaron en el Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA) de Santiago de Cuba, Cuba. Estos equipos tienen un campo magnético estático no uniforme o heterogéneo entre 20 y 200 mT. Los tratamientos se realizaron en el momento del riego de las plantas, durante todo el ciclo del cultivo hasta el desarrollo de los frutos.

Evaluaciones biométricas

Los datos particulares, obtenidos para cada variable respuesta y experimento, fueron evaluados estadísticamente mediante análisis de varianza de clasificación simple para muestras compuestas de igual tamaño y comparación múltiple de medias por la Prueba de Tukey al 5 %.

Todos los análisis estadísticos se realizaron mediante el programa computarizado *Statgraphics Centurium XV* para *Windows* (*Graphics Software Systems*, STCC, 2000, Estados Unidos), el *Basic Statistics*, el *Microsoft Office Excel* 2017, *Prisma* 5,01 y *Origen* 6.0.

Tratamientos empleados en la investigación

(T1) Control - Sin ATM

(T2) ATM1 - 20 – 80 mT

(T3) ATM2 - 100 – 200 mT

Indicadores evaluados durante el período experimental

A: En la fase de crecimiento vegetativo

- Altura de la planta (cm) a los 30 días después de la siembra, con cinta métrica. La medición se realizó desde el cuello de la planta hasta el último entrenudo desarrollado.

B. En la fase de fructificación

- Peso promedio de los frutos por planta (g), con balanza comercial.
- Contenido de Vitamina C, por colorimetría, según técnica indicada por Lucero (2010).
- Rendimiento del cultivo (t/ha) con ayuda de balanza comercial. Se realizó el pesaje de todos los frutos por unidad experimental, para luego extrapolar a toneladas por hectárea, tomando datos del total de cosechas realizadas. Se utilizó la fórmula:

$$R \left(\frac{t}{ha} \right) = \frac{\text{Peso} * \text{Parcela}}{\text{Área de la parcela (m}^2\text{)}} \times 10000 \text{ m}^2$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Luego del análisis del comportamiento de los tratamientos empleados sobre los indicadores evaluados, se obtuvieron los resultados siguientes:

Altura de la planta (cm) en la fase de crecimiento vegetativo a los 20 días después de la siembra

El indicador altura de la planta (Tabla 1) muestra que el campo magnético tuvo un efecto positivo sobre esta, con la mayor media para el ATM2 (100 – 200 mT), la cual superó significativamente a los tratamientos ATM1 (100 – 200 mT) y al testigo sin magnetizar respectivamente.

El efecto estimulador del campo magnético sobre los objetos biológicos ha sido atribuido a diferentes mecanismos, tales como: el incremento de la actividad enzimática y el aumento de la eficiencia de los procesos relacionados con la división celular. Sin embargo, la mayoría de los autores coinciden en afirmar que esto se debe a cambios que se producen en la permeabilidad de las membranas y en la sensibilidad de los mecanismos de transporte a través de estas (Teixeira & Dobránszki, 2016).

Tabla 1. Valores medios de la altura (cm) de la planta

Tratamientos	Descripción	Medias
(T1) Control	Sin ATM	11,95 c
(T2) ATM1	20 – 80 mT	23,95 b
(T3) ATM2	100 – 200 mT	24,2 a
ESMedia	0,0728504	
Tukey	5 %	

Fuente: autores

Torres *et al.* (1999) señalan que el estímulo en el crecimiento de las plantas es muy variable en relación con las combinaciones empleadas, por lo que se determinó una superficie de respuesta de esta magnitud de acuerdo con la intensidad de campo magnético y del tiempo de exposición.

Estos resultados corroboran lo planteado por Ogunlela *et al.* (2016), acerca de que las magnitudes de los factores que caracterizan el régimen de tratamiento se pueden seleccionar en un amplio rango y demuestran la importancia de probar varias combinaciones de estos, para encontrar los regímenes de tratamiento óptimos con resultados positivos al crecimiento de las plantas de *Solanum lycopersicum L.* y otras solanáceas.

El campo magnético actúa como bioestimulante de la germinación y el crecimiento de diferentes especies de plantas cultivadas (Guruprasad, Shine & Joshi, 2016).

La altura de las plantas es la magnitud más apropiada para evaluar el efecto biológico relacionado con la estimulación del crecimiento de las plántulas mediante campos magnéticos en condiciones de casa de cultivo protegido.

Kataria, Baghel, Jain & Guruprasad (2019) refieren que obtuvieron resultados con el tratamiento magnético en el cultivo de tomate en condiciones protegidas, lo que causó una mejora significativa en el crecimiento de las plantas sometidas a condiciones salinas.

Los resultados que mostraron Anand, Nagarajan, Verma, Joshi, Pathak & Bhardwaj (2012) en su investigación evidenciaron que el tratamiento previo con CME disminuye el efecto negativo de la sequía en el crecimiento de las plantas.

Peso promedio de los frutos por planta (g)

En el caso del peso promedio de los frutos por planta (Tabla 2), se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos; los mejores resultados se manifestaron en el ATM2 (100 – 200 mT), el cual superó estadísticamente los restantes tratamientos, con la menor media para el testigo sin magnetizar.

Tabla 2. Valores medios del peso (g) de los frutos

Tratamientos	Descripción	Medias
(T1) Control	Sin ATM	50,85 c
(T2) ATM1	20 – 80 mT	63,10 b
(T3) ATM2	100 – 200 mT	63,40 a
ESMedia	0,1118701	
Tukey	5 %	

Fuente: autores

Lo alcanzado en el estudio prueba lo planteado por Pirovarova y Vélez, citados por Rojas, Borrero y Rodríguez (2015), quienes destacan que la aplicación de la técnica del tratamiento magnético a los cultivos induce el aumento en los rendimientos en cantidad de productos, tamaños de frutos, tubérculos, rizomas; así como el aumento de la calidad.

Martínez, Carbonel y Flórez (2003) evidenciaron en los ensayos realizados con ATM que las plantas presentan mayor peso, lo que induce el aumento en los rendimientos en cantidad de productos, tamaños de frutos, tubérculos, rizomas; así como el aumento de la calidad.

La utilización del agua tratada permite contar con un líquido físicamente modificado, menor tensión superficial y mayor conductividad eléctrica, solubilidad, coagulación, cristalización y que la hace más ligera, pura y fluida en comparación con el agua en estado normal. Estas modificaciones repercuten favorablemente sobre las plantas, pues elevan el nivel de la fotosíntesis, el crecimiento de las semillas y la productividad de las plantaciones (Alfonso, Pérez G. Pérez M. Silveira, 2009).

Los reportes del efecto positivo del tratamiento con ATM en el crecimiento y desarrollo de plantas cultivadas son variados, incluso existen autores que lo consideran una tecnología prometedora para mejorar la producción agrícola (Yusuf, Ogunlela & Murtala, 2016).

Determinación de Vitamina C (mg) en frutos

Los resultados para el indicador Vitamina C en fruto aparecen reflejados en la Tabla 3, donde se aprecia que la mayor media correspondió al tratamiento ATM1 (100 – 200 mT), el cual superó significativamente a ATM1 (20 – 80 mT) y el control sin ATM respectivamente.

Tabla 3. Contenido de Vitamina C (mg) en frutos

Tratamientos	Descripción	Medias
(T1) Control	Sin ATM	15,4 c
(T2) ATM1	20 – 80 mT	16,0 b
(T3) ATM2	100 – 200 mT	16,15 a
ESMedia	0,0166	
Tukey	5 %	

Fuente: autores

Los resultados del análisis de contenido de vitamina C realizado a los jugos de los frutos de *Solanum lycopersicum* de los dos grupos experimentales fue mayor con respecto al grupo control. Estos valores fueron inferiores a otros obtenidos por diferentes autores en *Solanum lycopersicum*, lo cual puede deberse a las características genéticas de la variedad HA 516, utilizada en esta investigación. Además, es conocido que el ácido ascórbico es muy inestable y puede oxidarse enzimáticamente a ácido dehidroascórbico durante su determinación (Verde, Rodríguez, Díaz, Sánchez, Matallana & Torija. 2011).

Rendimiento agrícola (t.ha-1)

Los valores del rendimiento en frutos de la planta se exponen en la Tabla 4, en ella se observa que su comportamiento estadístico fue análogo al del resto de los indicadores evaluados, pues la mayor media correspondió al tratamiento ATM2 (100 – 200 mT), el cual superó significativamente a los restantes tratamientos, seguido del ATM1 (20 – 80 mT), y con la menor media para el control o testigo sin agua tratada magnéticamente.

Tabla 4. Rendimiento agrícola ($t \cdot ha^{-1}$) en frutos

Tratamientos	Descripción	Medias
(T1) Control	Sin ATM	70,4 c
(T2) ATM1	20 – 80 mT	83,2 b
(T3) ATM2	100 – 200 mT	90,4 a
ESMedia	0,0671	
Tukey	5%	

Fuente: autores

El tomate es un cultivo importante para el cual se describe el efecto bioestimulante del tratamiento con agua tratada magnéticamente; por ejemplo, De Souza, Sueiro, García & Porras (2010) expusieron plantas de tomate a campos magnéticos variables (CMV) de 100 mT y 170 mT; en sus resultados estos investigadores informaron de mayores valores para área foliar, tasa relativa de crecimiento y rendimiento en las plantas en comparación con los tratamientos sin emplear magnetizador.

Los resultados que arrojó Amer (2014) en sus investigaciones apuntan a que los diferentes tipos de tratamientos con campos magnéticos podrían ser implementados como estrategia para mejorar el crecimiento y rendimiento de algunos cultivos.

Torres & Díaz (2008) obtuvieron sus mayores rendimientos, así como una mejor apariencia general (color verde intenso) en las plantas que se regaron con CME e infirieron que este podía constituir en el futuro un método no convencional de lucha, ya que se aprecia una tolerancia al ataque de plagas.

Los valores en toneladas por hectárea que se obtuvieron en la investigación aparecen dentro del rango reportado por Torres *et al.* (1999), quienes señalan para casa de cultivo protegido alrededor de $80 t \cdot ha^{-1}$.

CONCLUSIONES

La utilización del agua tratada magnéticamente (ATM) trajo consigo un aumento de las variables estudiadas con respecto al control sin emplear magnetización; se alcanzaron los mejores resultados en el T2 (100-200 mT), seguido del T1 (20-80 mT).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amer, M. M., El Sanat, A. G. & Rashed Sahar H. (2014). Effects of magnetize low quality irrigation water on some soil properties and soybean yield (*Glycine max* L.) under salt affected soils conditions. *J. Soil Sci. and Agric. Eng.*, 5(10), 1377-1388. Recuperado de https://jssae.journals.ekb.eg/article_49755_620c75d518963ebef2cc285654051191.pdf
- Anand, A., Nagarajan, S., Verma, A.P.S., Joshi, D.K., Pathak, P.C. & Bhardwaj, J. (2012). Pre-treatment of sedes with static magnetic field ameliorates soil water stress in seedlings of maize (*Zea mays* L.). *Indian Journal of Biochemistry and Biophysics*, 49(1), 63–70. Recuperado de <http://nopr.niscair.res.in/handle/123456789/13593>
- De Souza, A., García, D., Sueiro, L., Licea, L. & Porras, E. (2005). Pre-sowing magnetic treatment of tomato seeds: effects on the growth and yield of plants cultivated late in the season. *Spanish J Agric Research*, 3(1), 113-122. Recuperado de DOI: 10.5424/sjar/2005031-131
- De Souza, A., Sueiro, L., García, D. & Porras, E. (2010). Extremely low frequency non-uniform magnetic fields improve tomato seed germination and early seedling growth. *Seed Science and Technology*, 38(1), 61-72. Recuperado de DOI: 10.15258/sst.2010.38.1.06
- Del Giudice, E., Fleischmann, M., Preparata, G. & Talpo, G. (2002). On the “unreasonable” effects of ELF magnetic fields upon a system of ions. *Bioelectromagnetics.*, 23(7), 522-530. Recuperado de DOI: 10.1002/bem.10046
- Duarte Diaz, C. (2003). Resultados foliares y de calidad de frutos en el cultivo de tomate HC 3880 bajo la acción del tratamiento magnético del agua de riego. *Rev Alimentaria*, 304, 91-93. Recuperado de <https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&lang=es&idt=1915438>
- El Nagar, M. & Mekawi, E. (2015). Evaluation of Some Biochemical Properties in Different Tomato Genotypes Obtained From Tissue Culture Technique. *Global J Research Analysis*, 4(9), 189-193. Recuperado de https://pdfs.semanticscholar.org/37c9/f9bf8f3174234fc15782f02f267c8b2074b5.pdf?_ga=2.130955209.735822069.1585675027-554533736.1585675027
- FAOSTAT. (2015). *Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistics division*. Recuperado de <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>
- Guruprasad, K. N., Shine, M. & Joshi, J. (2016). *Impact of Magnetic Field on Crop Plants*. School of Life Sciences, Devi Ahilya University, India. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/207f/77ffc953796e78e9f037d194ba81de37e4e4.pdf>

- Holysz, L., Szczes, A. & Chibowski, E. (2007). Effects of a static magnetic field on water and electrolyte solutions. *Journal of Colloid and Interface Science*, 316(2), 996-1002. Recuperado de DOI: 10.1016/j.jcis.2007.08.026
- Hozayn, M., Abd El Monem, A., Darwish, M. A. & Abd Elhamid, E.M. (2017). Applications of Magnetic-Water Technology, A Novel Tool for Improving Chick-Pea Crop and Water Productivity. In Abdalla, O., Kacimov, A., Chen, M., Al-Maktoumi, A., Al-Hosni, T. y Clark, I. (Eds.). *Water Resources in Arid Areas: The Way Forward* (pp. 449-460). Cham: Springer International Publishing.
- Alfonso Insua, D., Pérez García, C. Pérez Montiel, I. Silveira Prado, E. A. . Efecto del agua tratada magnéticamente sobre los procesos biológicos REDVET. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 10(4), Málaga, España. Recuperado de <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n040409/040916.pdf>
- Jedlička, J., Paulen, O. & Ailer, Š. (2014). Influence of magnetic field on germination, growth and production of tomato. *Potravinarstvo*, 8(1), 150-154. Recuperado de DOI: 10.5219/349
- Kataria, S., Baghel, L., Jain, M. & Guruprasad, K.N. (2019). Magnetopriming regulates antioxidant defense system in soybean against salt stress. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 18. Recuperado de DOI: 10.1016/j.bcab.2019.101090
- Krishnaraj, C., Yun, S., & Kumar, V. (2017). Effect of Magnetized Water (Biotron) on Seed Germination of Amaranthaceae Family. *Journal of Academia and Industrial Research (JAIR)*, 5(10), 152-156. Recuperado de <http://jaiirp.com/MARCH%202017/03%20KRISHNARAJ.pdf>
- Lucero, O. (2010). *Guías de Prácticas de Laboratorio de Bromatología I y II*. Riobamba, Ecuador: Editorial ESPOCH.
- Martínez Valverde, I., Periago, M., Provan, G. & Chesson, A. (2002). Phenolic compounds, lycopene and antioxidant activity in commercial varieties of tomato (*Lycopersicum esculentum*). *J Sci Food Agri*, 82, 323-330. Recuperado de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.869.3710&rep=rep1&type=pdf>
- Martínez, E., Carbonel, M. V. y Flórez, M. (2003). Estimulación de la germinación y el crecimiento por exposición a campo magnético. *Investigación y Ciencia*, 324, 24-28. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/285810755 Estimulacion de la germinacion y el crecimiento por exposicion a campos](https://www.researchgate.net/publication/285810755_Estimulacion_de_la_germinacion_y_el_crecimiento_por_exposicion_a_campos)
- Martínez, E., Carbonell, M. V., Flórez, M., Sánchez, J. M. & Maqueda, R. (2009). Germination of tomato seeds (*Lycopersicon esculentum* L.) under magnetic field. *Int Agrophysics*, 23(1), 45-49. Recuperado de

- [https://www.semanticscholar.org/paper/Germination-of-tomato-seeds-\(Lycopersicon-L.\)-under-Martinez-Carbonell/2fd737f2bca7edb9ae4b8cd402f89ed891dfdcdd](https://www.semanticscholar.org/paper/Germination-of-tomato-seeds-(Lycopersicon-L.)-under-Martinez-Carbonell/2fd737f2bca7edb9ae4b8cd402f89ed891dfdcdd)
- Mroczek Zdyrska, M., Tryniecki, Ł., Kornarzyński, K., Pietruszewski, S. & Gagoś, M. (2016). Influence of magnetic field stimulation on the growth and biochemical parameters in *Phaseolus vulgaris* L. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 5(6), 548-551. Recuperado de <https://www.jmbfs.org/wp-content/uploads/2016/05/jmbfs-0834-Mroczek-Zdyrska.pdf>
- Ogunlela, A. & Yusuf K. (2016). Effects of Water Stress on Growth and Yield of Tomato Irrigated with Magnetically Treated Water. *Nig J Pure & Appl Sci*, 29(2), 2834-2835. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.19240/njpas.2016.A21>
- Pang, X. F. (2014). The Experimental Evidences of the Magnetism of Water by Magnetic-Field Treatment. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, 24(5), 1-6. Recuperado de DOI: 10.1109/TASC.2014.2340455
- Poinapen, D., Brown, D. C. & Beeharry, G. K. (2013). Seed orientation and magnetic field strength have more influence on tomato seed performance than relative humidity and duration of exposure to non-uniform static magnetic fields. *J Plant Physiology*, 170(14), 1251-1258. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2013.04.016>
- Rojas, A., Borrero, Y. y Rodríguez, A. (2015). Influencia del vitazyme, hongos micorrizicos arbusculares y agua tratada magnéticamente en el cultivo del ají cachucha. *Ciencia en su PC*, 3, 102-117. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/1813/181353026001.pdf>
- Salehi Arjmand, H. & Sharafi, S. (2015). Effect of Magnetic Field on Seed Germination and Early Growth of *Calendula officinalis* L. *Journal of Ornamental Plants*, 5(2), 91-96. Recuperado de http://jornamental.iaurasht.ac.ir/article_513521_bfed0f72bb6a064afcb474bed834f6d3.pdf
- Sheykina, N. V. (2016). The role of water and its complexes in biological effect created by weak combined magnetic field. In *9th International Kharkiv Symposium on Physics* (pp. 1-3). Recuperado de doi:10.1109/msmw.2016.7538009
- Teixeira, J. & Dobránszki, J. (2016). Magnetic fields: how is plant growth and development impacted? *Protoplasma*, 253(2), 231-48. Recuperado de doi: 10.1007/s00709-015-0820-7
- Torres, C., Díaz, J. E., & Cabal, P. A. (2008). Efecto de campos magnéticos en la germinación de semillas de arroz (*Oryza sativa* L.) y tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Agronomía Colombiana*, 26(2), 177-185. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652008000200002&lng=en&tlng=pt.

Torres, A.D.S., León, E. P. y Fernández, R. C. (1999). Efecto del tratamiento magnético de semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) sobre la germinación y el crecimiento de las plántulas. *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg*, 14(3), 437-444.

Vashisth, A. & Joshi, D.K. (2017). Growth characteristics of maize seeds exposed to magnetic field. *Bioelectromagnetics*, 38(2), 151-157. Recuperado de <https://doi.org/10.1002/bem.22023>

Verde Méndez, C.M., Rodríguez Rodríguez, E.M., Díaz Romero, C., Sánchez Mata, M.C., Matallana González, M.C. & Torija Isasa, M.E. (2011). Vitamin C and organic acid contents in Spanish "Gazpacho" soup related to the vegetables used for its elaboration process. *CyTA Journal of Food*, 9(1), 71-76. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/19476331003654393>

Yusuf, K., Ogunlela, A. & Murtala, M. (2016). Effects of magnetically treated water on germination and growth of tomato (*Lycopersicon esculentum*: Variety UC82B) under poor soil fertility and deficit irrigation. *Journal of Research in Forestry, Wildlife and Environment*, 8(4), 30–38. Recuperado de <https://www.ajol.info/index.php/jrfwe/article/download/150698/140274/0>

Zárate, S. (2014). *Búsqueda de los genes de resistencia Mi-1 Y Mi-3 al nemátodo formador de nudo Meloido-gyne Spp en varias especies silvestres de la familia Solanceae del Ecuador*. (Tesis). Escuela Politécnica del Ejército, Ingeniería en Biotecnología. Ecuador.

Zdyrska, M.M., Kornarzynski, K., Pietruszewski, S. & Gagoś, M. (2016). Stimulation with a 130-mT magnetic field improves growth and biochemical parameters in lupin (*Lupinus angustifolius* L.). *Turkish J. Biology*, 40(3), 699-705. Recuperado de <http://journals.tubitak.gov.tr/biology/issues/biy-16-40-3/biy-40-3-19-1504-19.pdf>

Recibido: 2 de julio de 2019

Aprobado: 10 de octubre de 2019