

**Efecto de la aplicación de agua y semilla
magnetizada en el cultivo de rábano
(*Raphanus sativus*)**

Italy Joan González Guerra

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2016

ZAMORANO
CARRERA EN AMBIENTE Y DESARROLLO

Efecto de la aplicación de agua y semilla magnetizada en el cultivo de rábano (*Raphanus sativus*)

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniera en Ambiente y Desarrollo en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Italy Joan González Guerra

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2016

Efecto de la aplicación de agua y semilla magnetizada en el cultivo de rábano (*Raphanus sativus*)

Italy Joan González Guerra

Resumen: El uso de campos magnéticos ha sido estudiado y aplicado en el sector agrícola de países como China, Rusia, Japón, Estados Unidos y Cuba. No obstante, en Centroamérica y particularmente en Honduras se conoce poco de esta tecnología. El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de los campos magnéticos en las propiedades físico-químicas del agua de riego mediante la medición de conductividad eléctrica y pH. Además, se evaluó el efecto del magnetismo aplicado a la semilla y agua de riego del cultivo de rábano (*Raphanus sativus*), a través de la biomasa producida. El estudio se realizó en un invernadero de la unidad de ornamentales de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras. El diseño experimental aplicado fue un factorial cruzado de 2×2 con 12 réplicas y con los tratamientos: agua (magnetizada y sin magnetizar) y semilla (magnetizada y sin magnetizar). La magnetización de las semillas se hizo utilizando un par de imanes de 5,200 Gauss de intensidad ubicados con la polaridad sur, mientras que el agua se magnetizó utilizando un imán OMNI ENVIRO™. Los resultados indican que no existen diferencias significativas en el cambio de pH y conductividad eléctrica. Además, el uso de agua magnetizada como agua para riego en el cultivo de rábano no incrementó el crecimiento en las variables de diámetro y peso del rábano, altura y peso total de la planta. Finalmente, el uso simultáneo de la magnetización en el agua y semillas resultó en una disminución del crecimiento de las plantas.

Palabras clave: Agua de riego, campo magnético, conductividad eléctrica, pH.

Abstract: The use of magnetic fields has been studied and applied in the agricultural sector of countries like China, Russia, Japan, the United States and Cuba. However, in Central America and particularly in Honduras there is little understanding of this technology. The aim of this study was to determine the effect of magnetic fields on the physical and chemical properties of irrigation water by measuring electrical conductivity and pH. Furthermore, the effect of magnetism applied to the seed and irrigation water for radish crops, was evaluated through biomass production. The study was conducted in a greenhouse of the ornamental unit at Pan-American Agricultural School, Zamorano, Honduras. The experimental design applied was a cross-factorial 2×2 and with 12 replicates, with treatments: water (magnetized, without magnetizing) and seed (magnetized, without magnetizing). The magnetization of seeds was done using a pair of magnets 5,200 of Gauss intensity placed with south polarity, while water was magnetized using a magnet OMNI ENVIRO™. The results indicate that there are no significant differences in change of pH and electrical conductivity. Furthermore, the use of magnetized water as irrigation water in growing radish did not increase the growth variables of radish diameter and weight, height and total weight of the plant. Finally, the simultaneous use of the magnetization in the water and seeds resulted in a reduction of plant growth.

Key words: Electric conductivity, irrigation water, magnetic field, pH.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos	v
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS	6
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	9
4. CONCLUSIONES.....	13
5. RECOMENDACIONES.....	14
6. LITERATURA CITADA	15
7. ANEXOS.....	19

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Efecto del tratamiento de semillas antes de siembra, de diferentes plantas expuestas a distintas intensidades de campos magnéticos.	2
2. Efecto del agua magnetizada a diferentes intensidades, aplicada como agua para riego en los cultivos.	4
3. Propiedades físico-químicas del agua utilizada en el estudio	9
4. Peso y diámetro del rábano y peso y longitud total de la planta con el uso de agua y semilla magnetizada en el cultivo de rábano (<i>Raphanus sativus</i>).	11
5. Longitud de la raíz y hoja y número de hojas con el uso de agua y semilla magnetizada en el cultivo de rábano (<i>Raphanus sativus</i>)	12
Figuras	Página
1. Diseño experimental con interacción de factores	6
2. Distribución en líneas de los tratamientos en campo	7
Anexos	Página
1. Temperatura diaria promedio y humedad relativa de la estación meteorológica ubicada dentro del invernadero desde el 29 de agosto hasta el 30 de septiembre	19
2. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para el factor semilla	20
3. Prueba de homogeneidad de la varianza para el factor semilla	20
4. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para el factor agua	21
5. Prueba de homogeneidad de la varianza para el factor agua	21

1. INTRODUCCIÓN

El campo magnético terrestre ejerce una fuerza que varía entre 30 hasta 60 microteslas (μT) (equivalente a 0.3-0.6 Gauss) y es originado por el movimiento y convección de los fluidos en el interior de la tierra (Occhipinti, De Santis y Maffei, 2014; Roach, 2004). No obstante, científicos han calculado una reducción de más del 9% en el campo magnético terrestre (Wang, Kent y Rochette, 2015). Es un hecho que todos los organismos vivos se encuentran bajo la influencia del campo magnético de la tierra (Maffei, 2014). Algunas funciones y estructuras de las plantas son reguladas por la acción que ejerce el campo geomagnético (Fu, 2012; Moussa, 2011; Occhipinti et al., 2014). De este modo, el uso de campos magnéticos en plantas podría compensar la reducción del campo magnético de la tierra (Dhawi, 2012) y explicar el aumento en crecimiento y rendimiento productivo de las plantas tratadas magnéticamente (Kordas, 2002).

Los campos magnéticos pueden clasificarse como altos y bajos según su intensidad. Los campos magnéticos superiores a los 1,000 Gauss (G) son considerados de alta intensidad. Los de baja intensidad son aquellos que se encuentran debajo de los 100 nanoteslas (nT) (equivalente a 0.001 G) hasta menos de 1,000 G (Heldman, 2003; Maffei, 2014). Además, autores han concluido que la intensidad del campo magnético determina su efecto en cuerpos biológicos (Occhipinti et al., 2014).

Los campos magnéticos incrementan la energía contenida en los cloroplastos debido a sus propiedades paramagnéticas. Esto provoca que los átomos de los cloroplastos se alineen hacia la dirección del campo magnético externo lo que consecuentemente acelera el metabolismo y la germinación por la acumulación de energía (Moussa, 2011). Por otro lado, Goodman, Greenebaum, y Marron (1995) destacan la influencia de campos magnéticos a nivel celular; donde ocurre un aumento de la permeabilidad de la membrana plasmática y transformaciones de células apicales dependiendo de la intensidad del campo magnético (Nanushyan, Skripnikov y Murashov, 2004; Pietruszewski y Martínez, 2015).

Se ha demostrado que las plantas reaccionan de forma distinta ante estímulos magnéticos y geomagnéticos (Flórez, Martínez y Carbonell, 2012; Galland y Pazur, 2005). Estudios muestran que el uso de campos magnéticos provoca diversas respuestas en las plantas. Los tratamientos magnéticos de semillas antes de siembra tienen un efecto en los procesos metabólicos de las plantas (Pittman, 1972). De manera general, estudios sobre el uso de campos magnéticos de baja intensidad arrojan resultados positivos, en su mayoría, en cuanto a la germinación, crecimiento y rendimiento productivo en diferentes cultivos (Carbonell, Martinez, y Amaya, 2000; Fu, 2012; Hołubowicz, Kubisz, Gauza, Tong y Hojan-Jezierska, 2014; Maffei, 2014).

Por otro lado, los campos magnéticos de alta intensidad aplicados en plantas están asociados a efectos negativos como inhibición del crecimiento, disminución de la fotosíntesis y bajo rendimiento productivo (Eşitken y Turan, 2014; Tarakanova, 1968). Sin embargo, el estudio de Fu (2012) contradice los efectos negativos de los campos de alta intensidad al presentar resultados favorables en cuanto a la germinación y crecimiento de plantas con campos magnéticos superiores a 4,000 G. Pittman (1963) añade que un campo tanto de alta como de baja intensidad puede provocar estímulos o respuestas en el crecimiento de las plantas.

A pesar de ello, la respuesta de las plantas ante estímulos magnéticos no presenta una tendencia clara ni lineal (Goodman et al., 1995; Vashisth, Singh y Joshi, 2013). Es decir que a mayor intensidad de campo magnético no incrementa la producción o el efecto en la planta. Estos resultados contradictorios muestran la necesidad de seguir investigando los procesos magnetobiológicos, por su gran valor de aplicabilidad y relevancia en la agricultura.

Desde la década de los 50 la comunidad científica se ha interesado en conocer el efecto de la aplicación de campos magnéticos en diferentes cultivos para observar el comportamiento de las plantas bajo diferentes condiciones (Simmers, 1967). A continuación se resumen algunos resultados obtenidos de estos estudios (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto del tratamiento de semillas antes de siembra, de diferentes plantas expuestas a distintas intensidades de campos magnéticos.

Especie	Intensidad de campo magnético (Gauss)	Efecto	Referencia
Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)	2,500; 500; 1,000; 1,200	Rápido crecimiento y mayor rendimiento productivo. Mejoramiento en el vigor de la semilla y crecimiento del brote.	(Duarte, Guevara y Méndez, 2004; Mohamed, 2013) (Vashisth et al., 2013)
Garbanzo (<i>Cicer arietinum</i>)	500; 1,000; 1,500; 2,500	Aumento en la longitud y volumen radicular.	(Vashisth y Nagarajan, 2008)
Arroz (<i>Oriza sativa</i>)	1,500; 2,500	Estimulación en la germinación.	(M Carbonell et al., 2000)
Cebolla (<i>Allium cepa</i>)	200	Incremento en la longitud de las raíces en el bulbo.	(Hołubowicz et al., 2014)
Rábano (<i>Raphanus sativus</i>)	4,500	No hay diferencias en el peso de la planta y el porcentaje de germinación.	(Simmers, 1967)

Especie		Intensidad de campo magnético (Gauss)	Efecto	Referencia
Fresa (<i>Fragaria ananassa</i>)	x	960; 1,920; 3,840	Mayor rendimiento y producción de frutos con el campo bajo. Reducción de la producción con el campo de alta intensidad.	(Eşitken y Turan, 2014)
Trigo (<i>triticum aestivum</i>)		2,540	Mayor crecimiento y germinación con semillas ubicadas de forma paralela a las líneas de fuerza del campo.	(Pittman, 1963)
Maíz (<i>Zea mais</i>)		1,500	Mejora en germinación y crecimiento de los brotes.	(Aladjadjiyan, 2002)
Salvia caléndula (<i>Salvia officinalis</i> y <i>Calendula officinalis</i>)	y	2,150	Mejora en la germinación.	(Flórez et al., 2012)

Por otro lado, la germinación y el crecimiento en las plantas no sólo se ha visto incrementado por el uso de campos magnéticos en el tratamiento de semillas, sino también en el tratamiento del agua de riego (Ijaz, Ahmad, Ahmad, Shahid y Uddin, 2012). La presencia de forma libre de partículas orgánicas e inorgánicas poco atraídas entre sí en el agua natural, predispone la adhesión de partículas contaminantes y toxinas. Estos pueden atravesar la membrana celular y ocasionar efectos adversos, entre los cuales destaca un mayor requerimiento hídrico de la planta (Ali, Samaneh y Kavakebian, 2014).

En este sentido el agua magnetizada se basa en los principios de la magneto hidrodinámica; donde al pasar a través de un campo magnético las partículas se cargan con energía. Es decir, las cargas positivas y negativas son atraídas por la fuerza del campo hacia uno de los extremos magnéticos (polos) (Abdelaziz y Abdelrazig, 2014). Durante el reordenamiento de las partículas por el efecto de la fuerza magnética, la velocidad de las mismas incrementa, lo que provoca la colisión entre las moléculas y su posterior ruptura en agregados más pequeños, haciéndola más asimilable para la planta (Ali et al., 2014). Además, esto provoca un cambio en la estructura del agua (Carbonell, Amaya, Raya y Martínez, 1996).

También se reduce la tensión superficial, la viscosidad y aumenta el contenido de oxígeno disuelto y la permeabilidad (Pang, Deng y Tang, 2012; Wang y Yao, 2014). De igual

forma, hay variaciones en el pH, ya sea de manera incremental (Wang y Yao, 2014) o decreciente (Maheshwari y Grewal, 2009). Además, hay una mayor solubilidad de sales y aumento de la conductividad eléctrica. Asimismo, hay variaciones en el efecto obtenido, dependiendo del tipo de agua utilizada, es decir, de la cantidad de sales disueltas que se encuentran presentes en el agua (Mohamed, 2013).

Dichos cambios producen un aumento en el fósforo y potasio disponible en el suelo (Maheshwari y Grewal, 2009). Esto incrementa la absorción de nutrientes por la planta, mejorando su rendimiento productivo (Babu, 2010; Pang y Shen, 2013). Lo anterior se debe al efecto del agua magnetizada en el transporte de electrones durante el proceso fotosintético. Además, el agua es más asimilable para las plantas, por las características adquiridas con la magnetización (Alvarado y Blanco, 2012). Por los resultados obtenidos, algunos autores recomiendan el uso de agua magnetizada para mejorar el crecimiento y desarrollo de las plantas y para un uso eficiente del agua durante los ciclos productivos (El-Sayed, 2014; Mostafazadeh-fard, Khoshravesht, Mousavi y Kiani, 2011).

De igual forma, el estudio de las propiedades del agua magnetizada ha sido estudiado por más de un siglo (Pang y Shen, 2013). Asimismo, su aplicación en cuerpos biológicos ha sido estudiada por muchos investigadores, mediante la aplicación de agua magnetizada como agua de riego, bajo diferentes condiciones en diversos cultivos. A continuación se detallan algunos estudios desarrollados en el tema (Cuadro 2).

Cuadro 2. Efecto del agua magnetizada a diferentes intensidades, aplicada como agua para riego en los cultivos.

Especie	Intensidad de campo magnético (Gauss)	Efecto	Referencia
Haba (<i>Vicia faba</i>)	1,000	Incremento en los constituyentes químicos, actividad fotosintética y en altura y peso de las plantas.	(Ibrahim, 2013; Sayed, 2014)
Garbanzo (<i>Cicer arietinum</i>)	500; 1,000; 1,500; 2,500	Aumento en los constituyentes químicos, producción.	(Vashisth y Nagarajan, 2008)
Lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)	600; 1,200	Incremento en germinación y desarrollo de la planta.	(Matos y Blanco, 2012)
Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	300	Estimulación de la actividad enzimática y fotosintética, incremento en la eficiencia de translocación y en el rendimiento productivo.	(Moussa, 2011)

Nabo (<i>Brassica rapa</i>)	2,110	Mejora la germinación, incrementa el contenido de proteína y clorofila y aumenta la actividad enzimática.	(Haq et al., 2016)
Especie	Intensidad de campo magnético (Gauss)	Efecto	Referencia
Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)	124; 319; 719	Crecimiento rápido y aumento en el rendimiento producido.	(Yusuf y Ogunlela, 2015)
Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>) y llantén (<i>Plantago lanceolata</i>)	600; 1,200	Mayor desarrollo morfológico en longitud y número de hojas.	(Alvarado y Blanco, 2012)

Por otro lado, el agua es un recurso indispensable para suplir la demanda actual de productos agrícolas. Esto representa un desafío para los agricultores al tener que hacerlo con una menor cantidad de agua disponible (Mohamed, 2013). En este sentido, destacan las zonas con alta sequía y escasez de agua, donde la producción agrícola es vulnerable debido a la variabilidad climática. Tal es el caso de Honduras, que forma parte del Corredor Seco de Centroamérica, donde la variabilidad climática aunada a la sequía, degradación de suelo y escasez de agua representan una amenaza a la seguridad alimentaria de la población, donde se destacan las zonas rurales (Eitzinger et al., 2012). Bajo este contexto se presenta el uso de campos magnéticos aplicados al agua de riego como una alternativa prometedora en términos de rendimiento productivo y el uso eficiente del agua (El-Shatar, 2014).

El uso de campos magnéticos ha sido estudiado y aplicado en el campo de la agricultura en países como China, Rusia, Japón, Estados Unidos y Cuba (Moussa, 2011). No obstante, en Centroamérica y particularmente en Honduras no se ha encontrado información disponible sobre el uso de esta tecnología. Además, no se ha consensuado el efecto de campos magnéticos de alta intensidad en organismos vivos. Es por ello que el presente estudio tiene el objetivo de determinar el efecto de campos magnéticos en las propiedades físico-químicas del agua de riego mediante la medición de conductividad eléctrica y pH. Además, se planteó evaluar el efecto del magnetismo aplicado a la semilla y agua de riego del cultivo de rábano, a través de la biomasa producida (peso y longitud total de la planta, peso y diámetro del rábano, longitud y número de hojas).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación. El ensayo se desarrolló en el invernadero #2 de la unidad de Aprender Haciendo de Ornamentales en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras. El experimento se llevó a cabo durante los meses de agosto y septiembre de 2016. Los parámetros climáticos de temperatura y humedad fueron medidos diariamente con una estación meteorológica VantagePro2® ubicada dentro del invernadero.

Cultivo. Se utilizó la variedad de rábano redondo rojo-vermell (*Raphanus sativus*) por ser un cultivo precoz (ciclo de producción de cuatro a seis semanas) y poco atacado por plagas (Krawiec et al., 2013). El cultivo se caracteriza por tener tubérculo redondo y pequeño.

Siembra. Se sembró en maceteros de ocho pulgadas de diámetro y 12 pulgadas de profundidad. Las semillas se sembraron a 0.5 cm de profundidad, colocando tres semillas por cada macetero para garantizar la germinación del 100% de las plantas. Luego de la germinación, se procedió a eliminar las plantas de menor tamaño.

Suelo. La textura del suelo fue franco arcillo-arenoso (color 7.5 YR 3/2), con 19.30 % de materia orgánica (determinada por el método de calcinación a 600°C, Standard Methods 2540). El pH del suelo fue de 5.59 y la conductividad eléctrica de 327.5 µS.

Diseño experimental. El experimento constó de la evaluación de dos factores en un diseño factorial cruzado (agua y semilla magnetizada) y un arreglo de 2 x 2 (dos tipos de agua y semillas). Esto resultó en cuatro tratamientos: agua sin magnetizar-semilla magnetizada (Asm-Sm), agua magnetizada-semilla magnetizada (Am-Sm), agua magnetizada- semilla sin magnetizar (Am-Ssm) y agua sin magnetizar- semilla sin magnetizar (Asm-Ssm) como control (Figura 1).

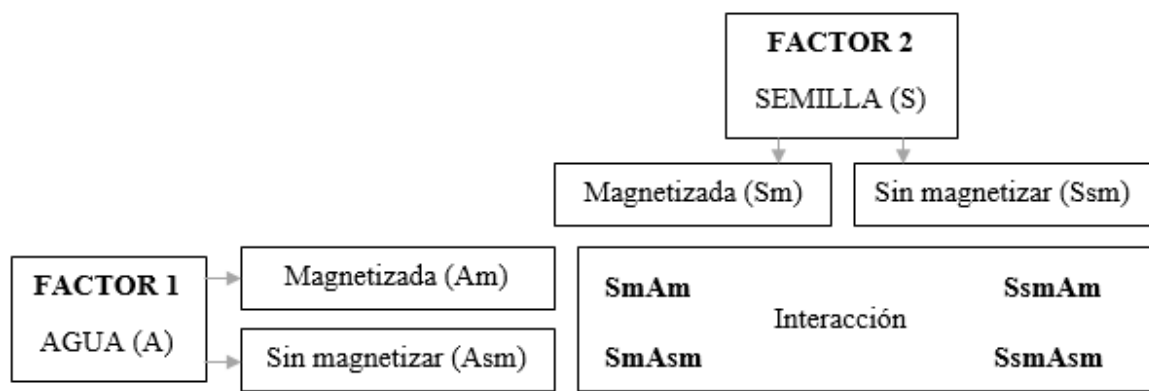


Figura 1. Diseño experimental con interacción de factores.

Se utilizaron 48 plantas en todo el experimento, 12 para cada tratamiento (réplicas). Las plantas se distribuyeron en líneas por cada tratamiento (Figura 2), donde se mantuvieron bajo las mismas condiciones en cuanto a suelo, riego, temperatura y humedad.

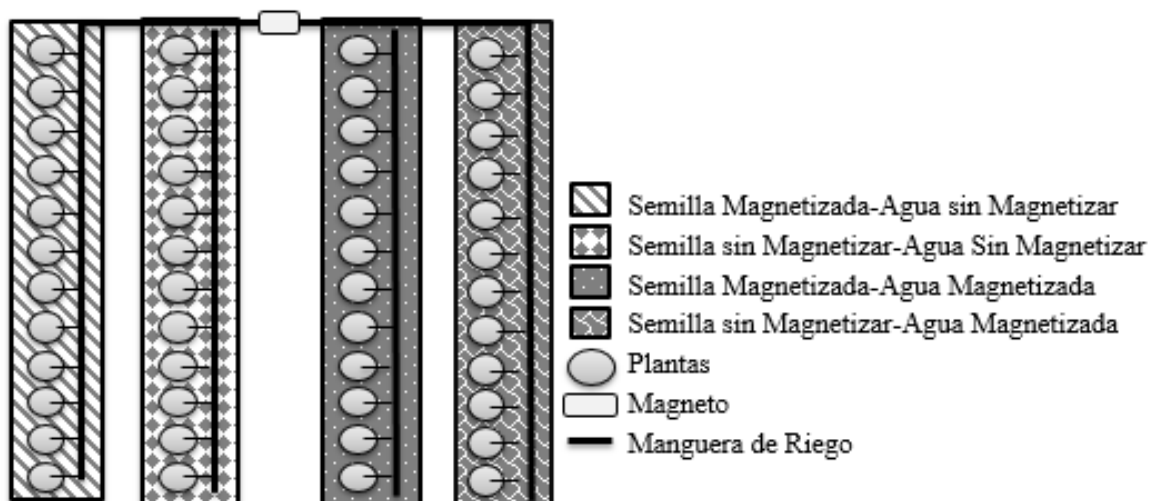


Figura 2. Distribución en líneas de los tratamientos en campo.

Magnetización de agua y semillas. Para magnetizar las semillas se utilizaron un par de imanes de polaridad sur de acuerdo a Fu (2012) y con una intensidad de 5200 Gauss, (modelo SP-2, marca Dailymag). Las semillas fueron colocadas en medio de los dos imanes, donde se mantuvieron durante 10 minutos para magnetizarlas, siguiendo las recomendaciones de Hołubowicz et al., (2014). El agua de riego provenía del Cerro Uyuca y fue magnetizada pasando el agua directamente a través de un imán de la marca OMNI ENVIRO™, colocado en el sistema de riego previo a los tratamientos que requerían agua magnetizada.

Sistema de riego. El sistema de riego por goteo estaba formado por mangueras de media pulgada con goteros autocompensados de dos litros por hora. Para la instalación se adaptó el sistema de riego a una llave de agua ubicada dentro del invernadero, para poder alcanzar la presión necesaria para que el gotero permitiera el paso del agua. La presión mínima de los goteros autocompensados es de ocho libras por pulgada cuadrada (PSI, por sus siglas en inglés).

El programa de riego se determinó con el programa CROPWAT de acuerdo a los requerimientos hídricos basados en la evapotranspiración del cultivo. El requerimiento hídrico era suplido mediante el cálculo del tiempo (en minutos) necesario para obtener la cantidad requerida, tomando en cuenta el caudal del gotero.

Variables medidas en el agua. La caracterización del agua se basó en los parámetros de temperatura, sólidos totales disueltos (STD), pH y conductividad eléctrica que fueron medidos con un multiparámetro de la marca PCSTestr 35. Cada semana se caracterizaron

dos muestras de agua: una del tratamiento magnetizado y otro del tratamiento sin magnetizar, para conocer el efecto producido por el paso del agua a través del imán.

Variables medidas en el rábano. Las diferencias entre tratamientos se midieron a través del número de hojas, longitud de la hoja mayor, largo de la raíz, diámetro y peso del rábano, y longitud total. A continuación se describe el criterio de medición.

Longitud de las hojas. A partir del día seis después de siembra (dds) se procedió a medir la longitud de hojas con una cinta métrica cada cinco días. Para ello se tomó en cuenta el primer par de hojas, donde se hicieron todas las mediciones del estudio.

Número de hojas. El conteo del número de hojas por planta se inició desde la aparición del primer par de hojas verdaderas. Esto sucedió a partir del día 21 dds.

Longitud de la raíz. Al finalizar el ensayo (a los 40 dds) se procedió a extraer la planta completa, procurando no dañar las raíces. Luego se lavó con agua cada planta, para quitar el exceso de suelo y partículas ajenas a la raíz. Después se colocó la planta sobre papel toalla para eliminar el exceso de agua y se procedió a medir. La longitud de la raíz se midió un centímetro (cm) debajo del rábano como parámetro para igualar la medición.

Longitud y peso total de planta. La longitud total de la planta se midió con una cinta métrica graduada en centímetros (cm), desde la punta de la raíz más larga hasta la punta de la hoja más larga. El peso total de la planta se obtuvo con una balanza analítica de la marca Oarus®.

Diámetro y peso del rábano. En el caso del peso de los rábanos se utilizó la misma balanza antes mencionada, tomando como parámetro de corta dos centímetros en la parte inferior del rábano. En la parte superior se consideró medio centímetro, partiendo desde donde comienzan las hojas del rábano. Para el diámetro se utilizó un pie de rey graduado en centímetros y se tomó la parte media del rábano para la medición.

Análisis Estadístico. Se aplicó el test de Shapiro-Wilk para conocer la normalidad de los datos y el test de Levene para conocer la homocedasticidad de la varianza; ambas pruebas estadísticas indicaron que los datos provenían de una población normal ($p > 0.05$). En el caso de las propiedades físicas del agua, se aplicó una prueba T student con un nivel de significancia de 0.05 para las variables de pH, STD y conductividad eléctrica. Para evaluar el efecto de los tratamientos en el cultivo de rábano, se utilizó un análisis de varianzas (ANDEVA) con un modelo lineal generalizado (GLM, por sus siglas en inglés) de dos factores a un nivel de significancia de 0.05. Para el análisis de los datos se utilizó el programa “IBM SPSS Versión 19.0”.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La temperatura promedio dentro del invernadero durante los meses de agosto y septiembre de 2016 varió entre 23-30 °C y la humedad relativa entre 71-84%. El cultivo de rábano tuvo un ciclo productivo de 40 días. La germinación total se obtuvo al cuarto día después de siembra. A continuación se presentan los resultados obtenidos de las propiedades físico-químicas del agua magnetizada y sin magnetizar.

pH. En este parámetro se presentó una tendencia de reducción en el pH de 0.32 unidades en promedio, que pasó de 6.81 a 6.49 en el agua magnetizada. A pesar de que hubo una pequeña variación, las diferencias no fueron estadísticamente significativas según la prueba T-Student (Cuadro 3). Esto coincide con los resultados de Mohamed (2013), donde se obtuvo un descenso de 0.08, desde 7.9 hasta 7.82 en agua común. Por el contrario, Haq et al. (2016) obtuvo un incremento de 7.5 a 7.8 utilizando un imán de 2,110 Gauss durante una hora. Finalmente, Quickenden, Betts, Cole y Noble (1971) no reportaron cambios en el pH al utilizar campos magnéticos desde 0 hasta 24,000 G.

Cuadro 3. Propiedades físico-químicas del agua utilizada en el estudio.

Variables	ASM	AM	Significancia
pH	6.54 ± 0.27	6.26 ± 0.23	0.416
CE (µS)	66.88 ± 3.78	65.35 ± 4.32	0.740
Temperatura (°C)	28.24 ± 1.61	27.86 ± 1.30	0.846
STD (ppm)	46.32 ± 2.83	46.37 ± 2.95	0.851

Conductividad eléctrica. Esta variable no presentó diferencias significativas a un $p < 0.05$ (Cuadro 3). Esto difiere de algunos estudios donde encontraron que la conductividad eléctrica del agua magnetizada es mayor que la del agua normal e incrementa a medida se aumenta el tiempo de exposición al magneto (Pang et al., 2012; Pang y Shen, 2013). El efecto observado en la conductividad eléctrica está determinado por los cambios y la interacción de las estructuras microscópicas de las moléculas del agua como las sales disueltas, distribución de electrones, polarización y estado de vibración de las moléculas con el campo magnético (Pang et al., 2012).

La conductividad eléctrica está relacionada directamente con la cantidad de sales disueltas o presentes en el agua. En este estudio, la fuente de agua (Uyuca) contiene cantidades

mínimas de sales de magnesio, calcio, potasio y sodio (entre 0.1 hasta 2.4 partes por millón), lo que puede explicar la variación nula que hubo en este parámetro.

Ibrahim (2006) sugiere que el cambio en la conductividad eléctrica puede estar relacionado al alineamiento de los clústeres al pasar por los imanes y a la influencia del campo en los puentes de hidrogeno. Además, (Verma, 2011) lo atribuye a la disminución de la presencia en las partículas suspendidas en el agua.

Por otro lado, la temperatura se mantuvo entre 26.5 hasta 29.7 °C, siendo el agua magnetizada la que se encuentra en el rango más bajo de la temperatura. De acuerdo a Pang y Deng (2008), la temperatura juega un papel importante en el proceso de magnetización. En este sentido, la temperatura tiene una relación inversa con el efecto de magnetización; es decir, a mayor temperatura se obtiene menor efecto de la magnetización.

Los cambios en las propiedades del agua magnetizada deben ser medidos a través de parámetros adecuados y con instrumentos sensibles, ya que el efecto del campo magnético se da sobre las estructuras microscópicas del agua (Pang y Shen, 2013).

Sólidos totales disueltos (STD). No se encontraron diferencias significativas en los STD entre los tratamientos aplicados. Esto coincide con Kotb (2013) donde presenta que la cantidad de STD no varía con respecto al paso del agua por un tratamiento magnético. Sin embargo, otros autores reportaron una mayor reducción en los STD a mayor tiempo de exposición del magnéticamente (Haq et al., 2016). Estos autores atribuyen el efecto del tratamiento magnético como una mejora en la calidad del agua, al reducir el oxígeno disuelto, STD y total de bacterias presentes.

Además, el agua magnetizada tiene un efecto limitado por el tiempo de magnetización y la intensidad del campo. Esto significa que la magnetización tiene un mayor efecto entre más tiempo dure la exposición. Sin embargo, llega hasta un punto de saturación máxima de magnetización, donde el agua ya no cambia sus propiedades (Pang y Deng, 2008).

Variables del cultivo de rábano. En el análisis de varianza con dos factores se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0.05$) en las variables de respuesta: peso total, peso y diámetro del rábano. Estas diferencias se confirmaron entre los tratamientos de semilla sin magnetizar y semilla magnetizada, asimismo, en la interacción entre los dos factores (Tipo de agua y semilla) (Cuadro 4). En este caso, el factor de mayor influencia fue la semilla.

Estos resultados podrían deberse a la utilización de un campo magnético de alta intensidad (5,200 G) para magnetizar las semillas. Algunos autores atribuyen la inhibición del crecimiento de las plantas con el uso de campos de alta intensidad en plantas o tratamiento de semillas antes de siembra (Eşitken y Turan, 2014; Tarakanova, 1968). Kordas (2002) encontró diferencias significativas en los tratamientos, al aplicar campos magnéticos permanentes como bioestimulación en trigo. Los resultados mostraron que las plantas magnetizadas tenían menor longitud radicular y longitud total (una disminución

del 8 al 11% en comparación al control) además de presentar un crecimiento más lento con respecto al control.

De igual forma, Krawiec et al. (2013) no encontraron diferencias significativas en el peso seco en semillas de rábano de baja calidad expuestas a campos magnéticos de 0.3 y 0.6 G entre los tratamientos magnetizados y el control (no magnetizado). Sin embargo, encontraron un aumento en el porcentaje de emergencia de las semillas. Esto puede deberse a que el uso de campos magnéticos de baja frecuencia no mejora el porcentaje de emergencia en semillas de alta calidad, como es el caso de este estudio.

Por otro lado, los resultados obtenidos en este estudio difieren a los encontrados por El-yazied, El-Gizawy, Khalf, El-Satar y Shalaby (2012) donde concluyen que el uso de agua o semillas magnetizadas presentan una mayor altura y peso con respecto al control en el cultivo de tomate. Qados y Hozayn (2010) atribuyen el efecto del campo magnético sobre la activación de algunas enzimas y fitohormonas como el ácido giberélico o giberelinas, que están relacionadas al crecimiento celular. Otro factor influyente puede ser el uso de imanes con intensidades bajas presentan mejores resultados (100 G para el tratamiento de la semilla y 800 G para el agua).

Cuadro 4. Peso y diámetro del rábano y peso y longitud total de la planta con el uso de agua y semilla magnetizada en el cultivo de rábano (*Raphanus sativus*).

Agua	Semilla	Peso del rábano (g)	Diámetro (cm)	Peso total (g)	Longitud total (cm)
ASM	SM	7.7 ± 4.5	2.2 ± 0.7	12.4 ± 5.3	34.5 ± 5.9
ASM	SSM	7.0 ± 3.8	2.1 ± 0.5	12.2 ± 4.8	35.4 ± 4.0
AM	SM	4.2 ± 2.3	1.8 ± 0.4	7.8 ± 2.7	34.7 ± 3.4
AM	SSM	10.6 ± 4.0	2.6 ± 0.4	16.4 ± 4.4	37.9 ± 4.8
Significancia					
R ²		0.289	0.273	0.345	0.086
Agua		0.981	0.793	0.862	0.304
Semilla		0.011	0.014	0.002	0.134
Agua * Semilla		0.002	0.003	0.001	0.395

La aplicación de campos magnéticos como tratamiento para la semilla antes de siembra y para el agua de riego en experimentos controlados, aún con condiciones similares o idénticas, pueden dar resultados ya sea diferentes u opuestos (Es'kov y Darkov, 2003). Tal es el caso de este estudio, donde se encontraron diferencias negativas en la aplicación de agua magnetizada y semilla magnetizada manera simultánea. Además, no se encontraron diferencias significativas en las variables de longitud total, longitud de la raíz, longitud de la hoja y número de hojas en los tratamientos aplicados ($p > 0.05$) (Cuadro 5).

Esto difiere del estudio desarrollado por Alvarado y Blanco (2012) donde se presenta un efecto positivo con el uso de agua magnetizada en las variables de longitud radicular, altura de la planta y número de hojas en romero (*Rosmarinus officinalis*) y llantén

(*Plantago lanceolata*). Los resultados positivos pueden deberse al uso de imanes con menos intensidad (600 y 1,200 G).

De igual forma, Fu (2012) encontró diferencias significativas en el tamaño y crecimiento de la hoja, al utilizar campos magnéticos 3,300 y 4,900 G en el tratamiento de semillas de rábano antes de siembra. Además, Fu (2012) añade que el efecto del campo magnético es mayor al utilizar un magneto de mayor intensidad. Contrario a esto, el efecto del campo magnético en las semillas no es mayor en este estudio, donde se utilizó imanes de 5,200 G de intensidad.

Una posible explicación es que el uso de campos electromagnéticos en la semilla puede alterar la tasa de transporte del agua hacia la semilla, lo que ralentiza la germinación al depender directamente de la hidratación (Smith, McLeod y Liboff, 1993). Asimismo, Es'kov y Darkov (2003) plantean que la germinación puede ser activada o inhibida de acuerdo a la duración y al patrón temporal de exposición de las semillas. De igual forma, Yano, Ohashi, Hirasaki y Fujiwara (2004) sugieren que el uso de campos electromagnéticos de baja frecuencia en semillas de rábano provoca efectos negativos en los procesos de fotosíntesis. Además, atribuye este efecto a la disminución de la cantidad de CO₂ fijado y, consecuentemente, el tamaño de las hojas.

Cuadro 5. Longitud de la raíz y hoja y número de hojas con el uso de agua y semilla magnetizada en el cultivo de rábano (*Raphanus sativus*).

Agua	Semilla	Longitud de raíz (cm)	Longitud de hoja (cm)	Número de hojas
ASM	SM	19.3±5.1	11.3±1.7	6.4±0.5
ASM	SSM	19.2±4.1	11.3±0.9	6.5±1.1
AM	SM	20.8±3.0	10.4±1.0	6.6±0.7
AM	SSM	22.1±4.1	11.7±1.2	6.3±0.7
Significancia				
R ²		0.083	0.145	0.016
Agua		0.070	0.487	1.000
Semilla		0.663	0.062	0.706
Agua * Semilla		0.566	0.075	0.452

4. CONCLUSIONES

- Las propiedades físico-químicas de pH y la conductividad eléctrica del agua utilizada para riego en este estudio no difieren luego de pasar por un campo magnético. Esto se debe a que el contenido de sales minerales disueltas en la fuente de agua es bajo.
- La aplicación de agua magnetizada en el riego del cultivo de rábano no incrementó el desarrollo morfológico de las plantas. Más aún, no se observó el efecto magnético con la aplicación de agua magnetizada bajo los parámetros utilizados en este estudio.
- El uso simultáneo de la magnetización del agua de riego y semillas magnetizadas con una intensidad de 5,200 Gauss retarda el crecimiento y reduce significativamente el tamaño de las plantas sometidas a este tratamiento. Esto se debe al uso de un campo magnético de alta intensidad para la magnetización de las semillas, que ejerce un efecto negativo en los procesos de fotosíntesis y absorción de CO₂ y ralentiza el crecimiento.

5. RECOMENDACIONES

- Investigar el efecto de campos magnéticos bajos, con el fin de determinar el comportamiento tanto de las propiedades físico-químicas del agua como el efecto en los componentes químicos de la planta. Esto podría ayudar a comprender el comportamiento de las plantas como respuesta a la influencia del magnetismo inducido.
- Caracterizar y aplicar distintos tipos de agua en cultivos, para observar el comportamiento del agua y la respuesta del cultivo; es decir, los efectos producidos en las plantas por efecto de campos magnéticos.
- Utilizar técnicas de espectro de infrarrojos, rayos X y ultravioletas para el análisis de cambios en las propiedades del agua a nivel atómico y molecular. Esto puede dar una idea de la influencia del magnetismo en las propiedades microscópicas del agua, que, consecuentemente, cambia las propiedades macroscópicas.
- Aplicar los campos magnéticos en otros cultivos de gran importancia económica, especialmente los que se encuentran dentro de la canasta básica hondureña. Para observar las respuestas fisiológicas y nutricionales de los mismos ante la estimulación magnética.
- Investigar el efecto del agua y semilla magnetizada a través de la composición química del suelo y tejido vegetal, bajo diferentes intensidades de campos magnéticos, para conocer el comportamiento de la translocación y asimilación de los nutrientes desde el suelo hacia la planta.

6. LITERATURA CITADA

- Abdelaziz, E. y Abdelrazig, A. (2014). Impact of magnetized water on elements contents in plants seeds. *International Journal of Scientific Research and Innovative Technology*, 1(4), 12–21.
- Aladjadjiyan, A. (2002). Study of the influence of magnetic field on some biological characteristics of *Zea mais*. *Journal of Central European Agriculture*, 3(2), 89–94.
- Ali, Y., Samaneh, R. y Kavakebian, F. (2014). Applications of Magnetic Water Technology in Farming and Agriculture Development: A Review of Recent Advances. *Current World Environment*, 9(3), 695–703.
- Alvarado, K. y Blanco, A. (2012). Efecto del agua magnetizada en algunos parámetros morfológicos de las especies romero (*Rosmarinus officinalis*) y llantén menor (*Plantago lanceolata*). *Centro Agrícola*, 39(3), 81–86.
- Babu, C. (2010). *Use of magnetic water and polymer in agriculture*. Tropical Research ID 08- 806-001
- Carbonell, M., Martinez, E. y Amaya, J. (2000). Stimulation of germination in rice (*Oryza sativa* L.) by a static magnetic field. *Electro and Magnetobiology*, 19(1), 121–128.
- Carbonell, M. V., Amaya, J. M., Raya, A. y Martínez, E. (1996). Incidencia de campos magnéticos estacionarios en la germinación y crecimiento de semillas. *Agricultura: Revista Agropecuaria*, (773), 1049–1054.
- Dhawi, F. (2012). Why magnetic fields are used to enhance a plant's growth and productivity? *Annual Research y Review in Biology*, 4(6), 886–896.
- Duarte, C. E., Guevara, G. y Méndez, M. (2004). Uso del agua activada y con tratamiento magnético del tomate en condiciones de organopónico. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 13(3).
- Eitzinger, A., Läderach, P., Sonder, K., Schmidt, A., Sain, G., Beebe, S., ... Nowak, A. (2012). *Tortillas en el Comal : Los Sistemas de Maíz y Frijol de América Central y el Cambio Climático. CIAT Políticas en Síntesis No. 6. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.*
- El-Sayed, A. (2014). Impact of Magnetic Water Irrigation for Improve the Growth, Chemical Composition and Yield Production of Broad Bean (*Vicia faba* L.) Plant. *American Journal of Experimental Agriculture*, 4(4), 476–496.
- El-Shatar, M. (2014). Future of magnetic agriculture in arid and semi arid regions (case study). *Series A. Agronomy*, 57, 197–204.

- El-yazied, A., El-Gizawy, A. M., Khalf, S. M., El-Satar, A. y Shalaby, O. A. (2012). Effect of magnetic field treatments for seeds and irrigation water as well as N , P and K levels on productivity of tomato plants. *Journal of Appied Sciences Research*, 8(4), 2088–2099.
- Es'kov, E. K. y Darkov, A. V. (2003). Consequences of High-Intensity Magnetic Effects on the Early Growth Processes in Plant Seeds and the Development of Honeybees. *Biology Bulletin*, 30(5), 512–516.
- Eşitken, A. y Turan, M. (2014). Alternating Magnetic Field Effects on Yield and Plant Nutrient Element Composition of Strawberry (*Fragaria x ananassa* cv . *Camarosa*). *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil y Plant Science*, 54(3), 135–139.
- Flórez, M., Martínez, E. y Carbonell, M. M. (2012). Effect of Magnetic Field Treatment on Germination of Medicinal Plants *Salvia officinalis* L. and *Calendula officinalis* L. *Polish Journal of Environmental Studies*, 21(1), 57–63.
- Fu, E. (2012). The effects of magnetic fields on plant growth and health. *Young Scientists Journal*, 5(11), 38–42.
- Galland, P. y Pazur, A. (2005). Magnetoreception in plants. *Journal of Plant Research*, 118(6), 371–389.
- Goodman, E. M., Greenebaum, B. y Marron, M. T. (1995). Effects of electromagnetic fields on molecules and cells. *International Review of Cytology*, 158, 279–338.
- Haq, Z., Iqbal, M., Jamil, Y., Anwar, H., Younis, A., Arif, M., ... Hussain, F. (2016). Magnetically treated water irrigation effect on turnip seed germination, seedling growth and enzymatic activities. *Information Processing in Agriculture*, 3(2), 99–106.
- Heldman, D. R., y Moraru, C. I. (2003). *Encyclopedia of agricultural, food, and biological engineering*. (No. 630.03 E5). New York, NY, USA: Marcel Dekker.
- Hołubowicz, R., Kubisz, L., Gauza, M., Tong, Y. y Hojan-Jezierska, D. (2014). Effect of Low Frequency Magnetic Field (LFMF) on the Germination of Seeds and Selected Useful Characters of Onion (*Allium cepa* L.). *Not Bot Horti Agrobo*, 42(1), 168–172.
- Ibrahim, A. (2013). Effect of irrigation with magnetically treated water on faba bean growth and composition. *International Journal of Agricultural Policy and Research*, 1(2), 24–40.
- Ibrahim, I. H. (2006). Biophysical Properties of Magnetized Distilled Water. *Egypt. J. Sol.*, 29(2), 363–369.
- Ijaz, B., Ahmad, S., Ahmad, D., Shahid, M. y Uddin, S. (2012). Changes in germination behavior of wheat seeds exposed to magnetic field and magnetically structured water. *African Journal of Biotechnology*, 11(15), 3575–3582.
- Kordas, L. (2002). The Effect of Magnetic Field on Growth, Development and the Yield of Spring Wheat. *Polish Journal of Environmental Studies*, 11(5), 527–530.
- Kotb, A. (2013). Magnetized Water and Memory Meter. *Scientific Research*, 5, 422–426.

- Krawiec, M., Kornarzynski, K., Palonka, S., Kaplan, M., Baryla, P. y Kiczorowski, P. (2013). Does the magnetic field improve the quality of radish seeds? *Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 12(6), 93–102.
- Maffei, M. E. (2014). Magnetic field effects on plant growth, development, and evolution. *Frontiers in Plant Science*, 5(445), 1–15.
- Maheshwari, B. L. y Grewal, H. S. (2009). Magnetic treatment of irrigation water: Its effects on vegetable crop yield and water productivity. *Agricultural Water Management*, 96(8), 1229–1236.
- Matos, K. y Blanco, A. (2012). Influencia del agua tratada magnéticamente en la germinación y desarrollo morfoproductivo de semillas de lechuga, 39(3), 75–79.
- Mohamed, A. I. (2013). Effects of magnetized low quality water on some soil properties and plant growth. *International Journal of Research in Chemistry and Environment (IJRCE)*, 3(2), 140–147.
- Mostafazadeh-fard, B., Khoshravesht, M., Mousavi, S. y Kiani, A. (2011). Effects of Magnetized Water and Irrigation Water Salinity on Soil Moisture Distribution in Trickle Irrigation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 137(12), 1075–1081.
- Moussa, H. (2011). The impact of magnetic water application for improving common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production. *New York Science Journal*, 4(6), 15–20.
- Nanushyan, E., Skripnikov, A. y Murashov, V. (2004). The Problem of Giant Cells in Biology. *Frontier Perspectives*, 13(1), 16–22.
- Occhipinti, A., De Santis, A. y Maffei, M. E. (2014). Magnetoreception: An unavoidable step for plant evolution? *Trends in Plant Science*, 19(1), 1–4.
- Pang, X. F. y Deng, B. (2008). Investigation of changes in properties of water under the action of a magnetic field. *Science in China, Series G: Physics, Mechanics and Astronomy*, 51(11), 1621–1632.
- Pang, X. F., Deng, B. y Tang, B. (2012). Influences of Magnetic Field on Macroscopic Properties of Water. *Modern Physics Letters B*, 26(11), 1250069 (13).
- Pang, X. F. y Shen, G. F. (2013). the Changes of Physical Properties of Water Arising From the Magnetic Field and Its Mechanism. *Modern Physics Letters B*, 27(31), 1350228 (9).
- Pietruszewski, S. y Martínez, E. (2015). Magnetic field as a method of improving the quality of sowing material: A review. *International Agrophysics*, 29(3), 377–389.
- Pittman, U. J. (1963). Magnetism and plant growth: Effect on germination and early growth of cereal seeds. *Canadian Journal of Plant Science*, 43, 513–518.
- Pittman, U. J. (1972). Biomagnetic Responses in Potatoes. *Canadian Journal of Plant Science*, 52(5), 727–733.
- Qados, A. M. S. A. y Hozayn, M. (2010). Response of growth, yield, yield components

- and some chemical constituents of Flax for irrigation with magnetized and tap water. *World Applied Sciences Journal*, 8(5), 630–634.
- Quickenden, T. I., Betts, D. M., Cole, B. y Noble, M. (1971). Effect of magnetic fields on the pH of water. *The Journal of Physical Chemistry*, 75(18), 2830–2831.
- Roach, J. (2004). Earth's Magnetic Field Is Fading. *National Geographic News*.
- Simmers, M. (1967). Growth of Radish (*Raphanus sativus*) Seedlings In Magnetic Fields. *Biologia Plantarum*, 9(5), 377–382.
- Tarakanova, G. A. (1968). Physiological-biochemical variations in *Vicia faba* seedlings in a stationary magnetic field. *Fiziol. Rast*, 15, 450–625.
- Vashisth, A. y Nagarajan, S. (2008). Exposure of seeds to static magnetic field enhances germination and early growth characteristics in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Bioelectromagnetics*, 29, 571–578.
- Vashisth, A., Singh, R. y Joshi, D. K. (2013). Effect of Static Magnetic Field on Germination and Seedling Attributes in Tomato (*Solanum lycopersicum*). *Journal of Agricultural Physics*, 13(2), 182–185.
- Verma, S. (2011). Magnetic water treatment. *Chemical Business*, 205(1), 13–14.
- Wang, H., Kent, D. y Rochette, P. (2015). Weaker axially dipolar time-averaged paleomagnetic field based on multidomain-corrected paleointensities from Galapagos lavas. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(49), 15036–15041.
- Wang, Y. y Yao, X. (2014). Experiment about improvement of physical and chemical properties of magnetized water on cement hydration reaction. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 6(5), 21–26.
- Yusuf, K. O. y Ogunlela, A. O. (2015). Impact of Magnetic Treatment of Irrigation Water on the Growth and Yield of Tomato. *Notulae Scientia Biologicae*, 7(3), 345–348.

7. ANEXOS

Anexo 1. Temperatura diaria promedio y humedad relativa de la estación meteorológica ubicada dentro del invernadero desde el 29 de agosto hasta el 30 de septiembre.

Fecha	Temperatura diaria promedio (°C)	Humedad Relativa (%)
29-ago	27.91	74.72
30-ago	28.19	73.98
31-ago	28.77	73.94
1-sep	27.65	76.00
2-sep	27.52	76.50
3-sep	28.08	74.21
4-sep	25.99	78.79
5-sep	23.80	83.54
6-sep	23.44	84.50
7-sep	26.34	75.90
8-sep	27.17	73.73
9-sep	27.23	76.08
10-sep	28.68	72.13
11-sep	28.78	71.06
12-sep	27.27	75.06
13-sep	27.77	75.29
14-sep	26.62	78.21
15-sep	28.01	75.38
16-sep	27.40	76.46
17-sep	26.60	78.38
18-sep	27.27	75.67
19-sep	27.37	74.90
20-sep	27.21	73.81
21-sep	26.88	75.25
22-sep	26.45	76.58
23-sep	25.25	80.27
24-sep	26.73	78.35
25-sep	27.67	74.75
26-sep	26.29	78.54
27-sep	26.04	74.25
28-sep	26.24	73.21
29-sep	26.31	75.00
30-sep	26.74	74.27

Anexo 2. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para el factor semilla.

Variables	Tratamiento	Estadístico	Sig.
Peso de rábano (g)	SSM	0.963	0.504
	SM	0.912	0.039
Peso total (g)	SSM	0.970	0.667
	SM	0.900	0.021
Longitud total (cm)	SSM	0.955	0.352
	SM	0.972	0.711
Longitud de raíz (cm)	SSM	0.957	0.390
	SM	0.910	0.036
Diámetro (cm)	SSM	0.940	0.167
	SM	0.968	0.615
Longitud de hoja (cm)	SSM	0.971	0.700
	SM	0.942	0.177

Anexo 3. Prueba de homogeneidad de la varianza para el factor semilla.

Variables	Estadístico de Levene	Sig.
Peso de rábano (g)	0.175	0.678
Peso total (g)	0.663	0.420
Longitud total (cm)	0.656	0.422
Longitud de raíz (cm)	0.395	0.533
Diámetro (cm)	1.815	0.185
Longitud de hoja (cm)	1.020	0.318

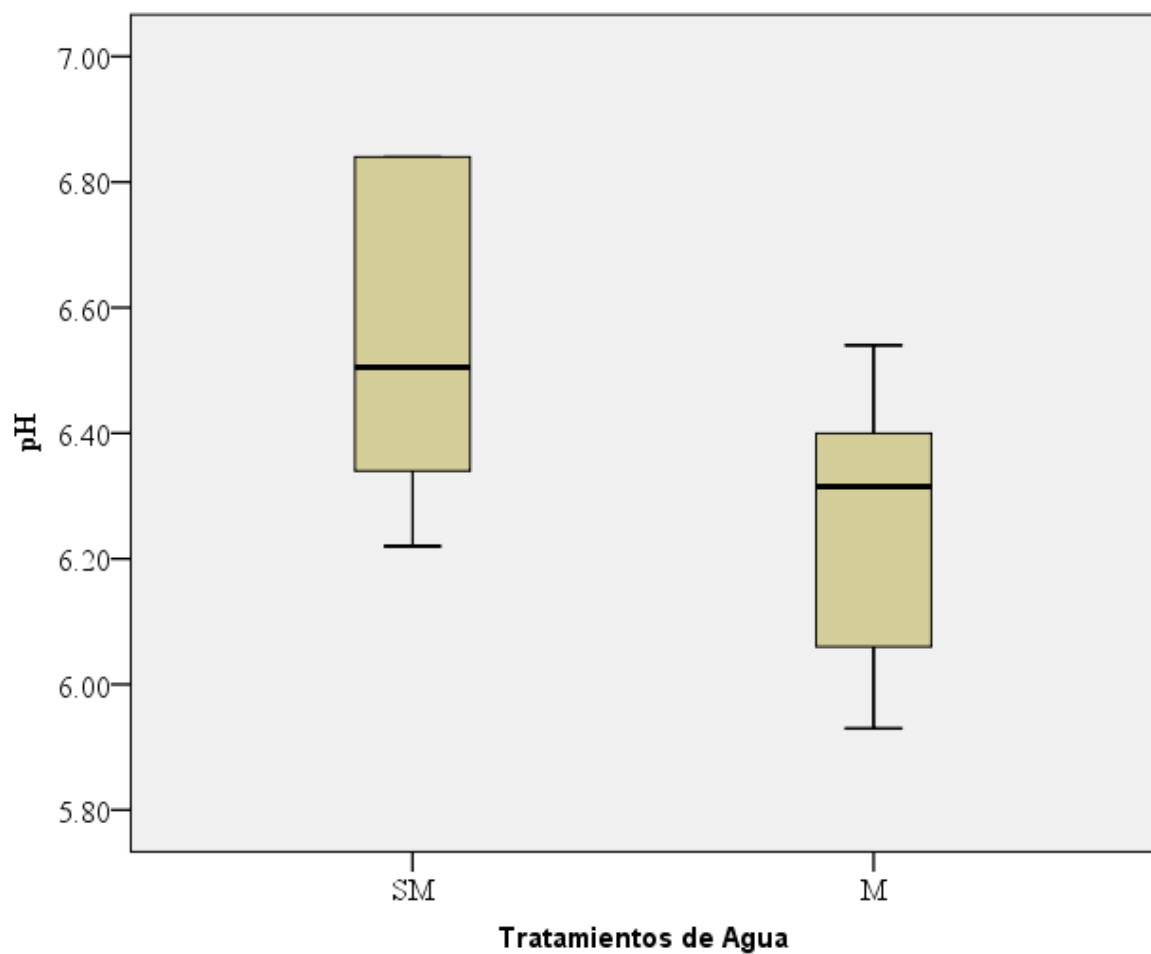
Anexo 4. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para el factor agua.

Variables	Tratamiento	Estadístico	Sig.
Peso de rábano (g)	ASM	0.957	0.379
	AM	0.938	0.149
Peso total (g)	ASM	0.942	0.185
	AM	0.948	0.242
Longitud total (cm)	ASM	0.976	0.823
	AM	0.972	0.707
Longitud de raíz (cm)	ASM	0.965	0.545
	AM	0.968	0.618
Diámetro (cm)	ASM	0.949	0.261
	AM	0.949	0.258
Longitud de hoja (cm)	ASM	0.971	0.690
	AM	0.972	0.711

Anexo 5. Prueba de homogeneidad de la varianza para el factor agua.

Variables	Estadístico de Levene	Sig.
Peso de rábano (g)	0.283	0.597
Peso total (g)	0.528	0.471
Longitud total (cm)	0.290	0.593
Longitud de raíz (cm)	1.628	0.208
Diámetro (cm)	0.004	0.947
Longitud de hoja (cm)	0.063	0.803

Anexo 6. Gráfico de cajas del pH entre los tratamientos de agua magnetizada (M) y sin magnetizar (SM).



Anexo 7. Gráfico de cajas de conductividad eléctrica entre los tratamientos de agua magnetizada (M) y sin magnetizar (SM).

