

EFFECTO DEL TRATAMIENTO MAGNÉTICO EN LA CALIDAD DEL PEPINO

Yaneika Elías Vigaud

Universidad de Oriente. Cuba. Profesora instructora

yaneika@uo.edu.cu

YilanFung Boix

Universidad de Oriente. Profesora titular e investigadora titular

yilan@uo.edu.cu

Pedro Rodríguez Fernández

Universidad de Oriente. Profesor titular

pedroarf@uo.edu.cu

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Yaneika Elías Vigaud, YilanFung Boix y Pedro Rodríguez Fernández: "Efecto del tratamiento magnético en la calidad del pepino", Revista Observatorio de las Ciencias Sociales en Iberoamérica, ISSN: 2660-5554 (Vol 3, Número 18, enero 2022, pp.14-30). En línea:

<https://www.eumed.net/es/revistas/observatorio-de-las-ciencias-sociales-en-iberoamerica/ocsi-enero-22/tratamiento-magnetico>

RESUMEN

El incremento productivo acompañado de la calidad nutricional de los cultivos constituye uno de los retos más importantes en el mundo para el triunfo en la soberanía alimentaria. En los últimos años, los consumidores han tenido cambios en los hábitos alimenticios, buscando mejores beneficios para la salud, despertando así el interés hacia productos naturales listo para el consumo que además de nutrientes y componente de sabor, textura contengan componentes fisiológicamente activos capaces de tener efectos positivos en el organismo apropiados para mejorar la salud, reduciendo riesgos de contraer enfermedades. Por lo que es indispensable el empleo de tecnologías limpias que incrementen los rendimientos y mejoren la calidad alimentaria. El empleo de la irrigación con Agua Tratada Magnéticamente (ATM) constituye una de las tecnologías que se utiliza en especies vegetales por sus resultados positivos en el incremento productivo y calidad de los cultivos. La investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad nutricional de pepino var. Market More cultivado bajo el riego con ATM en condiciones de organoponía semiprotegida. En el experimento se emplearon tres tratamientos y tres réplicas, un primer tratamiento con plantas cultivadas sin tratamiento magnético, el segundo cultivadas con ATM y rango de inducción magnética entre 60 a 100 mT y el tercero cultivadas con ATM y rango de inducción entre 110 a 180 mT. Los indicadores evaluados fueron: el pH, conductividad eléctrica, sólidos

totales disueltos, vitamina C y acidez. Los análisis presentaron aumentos de estas variables, demostrando que el ATM puede mejorar la calidad alimentaria de manera sostenible.

Palabras claves: Pepino, calidad nutricional, agua tratada magnéticamente, soberanía alimentaria.

EFFECT OF THE MAGNETIC TREATMENT IN THE QUALITY OF THE CUCUMBER

ABSTRACT

The productive increment accompanied nutritional of cultivations constitutes ones of the more important challenges in the world for the triumph in the alimentary sovereignty of quality. Of late years, the consumers have had changes in the nutritious habits, looking for better benefits for health, arousing the interest toward ready natural products for the consumption that way than in addition to nutrients and the component of taste, texture contain physiologically active capable components to have positive effects at the organism adapted for the better health, reducing risks to contract diseases. What the job of clean technologies is indispensable for that the performances increment and improve the alimentary quality. One of the technologies that is utilized in vegetable sorts for his positive results in the productive increment and quality of cultivations (ATM) constitutes the job of the irrigation with Agua Treated Magnetically. The investigation aimed at evaluating the quality nutricional of cucumber var. Market More cultivated under the irrigation with ATM in conditions of organoponic semi-protected. They used to 180 mT three treatments and three replies, a first treatment with plants grown without magnetic treatment, the second one developed with ATM and range of magnetic induction between 60 to 100 mT and the third party grown with ATM and range of induction between 110 in the experiment. The evaluated indicators went: The pH, electric conductivity, solid dissolved totals, vitamin C and acidity. The analyses presented increases of these variables, proving that the ATM can improve the alimentary quality of sustainable way.

Keywords: Cucumber, quality nutricional, water treated magnetically, alimentary sovereignty

INTRODUCCIÓN

El cultivo del pepino (*Cucumis sativus* L.) es considerada uno de los cultivos hortícolas de alto potencial económico a nivel mundial por su elevado índice de consumo y valor nutrimental, pues sirve tanto de alimento fresco como industrializado (Leopoldo, 2015), es un producto de exportación que se cultiva y consume en muchas regiones encontrándose en el cuarto lugar de importancia (Cruz, 2015).

Margal, Singh, Behera, Munshi & Sukanta (2018) destacan que hoy en día la producción de este rubro está ganando valor debido a la difusión de la conciencia entre los consumidores, con respecto a sus propiedades medicinales. Esto a una demanda elevada demanda con un mayor rendimiento e ingresos en un corto período de tiempo, hace más atractivo el interés de más agricultores a cultivarlo.

Los principales productores a nivel internacional son China, Estados Unidos, Turquía, Irán, Japón y México. China acumula la producción mundial de pepino, ya que en ese país se producen 7,5 de cada

diez pepinos del total mundial, según los datos que ha elaborado Hortoinfo procedentes de Faostat, el organismo de estadística de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. La producción de esta hortaliza en Cuba se ha visto incrementada en los últimos años a partir de los programas de la agricultura urbana y el auge del turismo.

Dentro de las propiedades nutritivas tiene especial importancia su elevado contenido en ácido ascórbico y pequeñas cantidades del complejo vitamínico B, en cuanto a minerales es rico en calcio, cloro, potasio y hierro. Las semillas son ricas en aceites vegetales. El fruto, tiene una concentración de vitamina C. Por lo que 100 gramos de pepino aportan aproximadamente un 10% de la ingesta diaria recomendada de 60mg/día, esta participa en la supresión de nitrosamina, de gran importancia como anticancerígeno. Esta hortaliza presenta un amplio interés industrial por la facilidad de adaptación al procesamiento mínimo. Se utiliza mucho en la elaboración de ensaladas y es conocidos como unos de los vegetales de menor valor energético, siendo su contenido en fibras y vitaminas C, A y tiamina, bajo con respecto a la media con otras hortalizas (Ashwell, 2012).

Actualmente el aporte de nutrientes puede realizarse en función de las cosechas del cultivo, que dependerá del ambiente en que éste se desarrolla (tipo de suelo, condiciones climáticas, calidad del agua de riego) o con base a una solución nutritiva ideal a la que se ajustarán los aportes previo análisis de agua. Este último método se emplea en cultivos hidropónicos, y para poder usarlos en suelo o en enarenado (Waris, Ahmad, Iqbal, Shoaib & Ullah, 2014).

El desarrollo óptimo de los cultivos demanda elevadas aplicaciones de fertilizantes y pesticidas, pues estos constituyen elementos básicos, imprescindibles para aumentar los rendimientos agrícolas. No obstante, se ha comprobado que el uso indiscriminado de dichos insumos químicos implica un costo elevado, la contaminación del suelo, la reducción de la biodiversidad, el aumento de riesgos por salinización, la disminución considerable de las reservas energéticas del suelo, contaminación de las aguas, además de cierto grado de residualidad en los cultivos (González, Jiménez, Castillo, Paz & Falcón, 2018).

En este sentido Quimia, Castillo, Orellana, Basqueriza & Muños (2017) resaltan la importancia de implementar tecnologías limpias de producción agrícola que se enfoque en el uso eficiente de los recursos que tiende hacia una agricultura sostenible. El empleo del riego con agua tratada magnéticamente (GREMAG) es una alternativa que puede emplearse en la producción agrícola puesto que contribuye a mejorar la productividad y calidad nutricional de los cultivos, sin causar perjuicios al medio ambiente.

El agua es considerada el solvente universal, debido a la propiedad de disolver en mayor o menor grado cualquier sustancia inorgánica y muchas sustancias orgánicas con las que llega a tener contacto. Esto debido esencialmente al momento dipolar de su molécula, que le permite separar las partículas, formando iones, que se mantienen luego en la solución. En los últimos años ha surgido una nueva

técnica: el tratamiento magnético del agua, por medio del cual se hace pasar esta por un campo magnético a una velocidad media del orden de algunos litros por minuto, luego de lo cual adquiere una singular propiedad. La aplicación de la técnica del tratamiento magnético a los cultivos induce el aumento en los rendimientos (en dependencia de la especie) en cantidad de productos, tamaños de frutos, tubérculos, rizomas; así como un aumento de la calidad (Pirovarova & Velez, 1993).

Entender los efectos del magnetismo en los sistemas biológicos es un tema al que la ciencia dedica grandes esfuerzos de investigación, empleando múltiples dispositivos cuyo funcionamiento se basa en el electromagnetismo, con aplicaciones muy diversas en medicina, veterinarias, industria y agricultura. (Hozayn, Darwish & Abd, 2017; Vashisth & Joshi, 2017).

En la agricultura se han realizado numerosos experimentos con el objetivo de evaluar el incremento del rendimiento en cultivos, mejorar características agronómicas, químicas y biológicas en las plantas, y mitigar algunos problemas presentes en suelos y aguas empleados para fines agrícolas.

Actualmente la tendencia del agricultor se enfoca en encontrar alternativas que garanticen el incremento de los rendimientos productivos olvidándose en gran medida de la calidad nutricional del cultivo tan imperioso para nuestra calidad de vida. Esta investigación tiene como objetivo evaluar el comportamiento de algunos indicadores de la calidad nutricional del *Cucumis sativus* L. variedad Market-More bajo los efectos del agua tratada magnéticamente con inducciones de 60 a 100 mT y 110 a 180 mT en sistema de organoponía semiprotegida.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el laboratorio del Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA) ubicado en Avenida de las Américas s/n, Santiago de Cuba, Cuba. El experimento tuvo lugar en el Laboratorio de Biotecnología Vegetal, el mismo incluye como línea de investigación: Investigación, aplicación y desarrollo de los campos electromagnéticos para la Biotecnología y la Agropecuaria.

El Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA) perteneciente a la [Universidad](#) de Oriente, quien ha venido trabajando en la aplicación del agua tratada magnéticamente desde el año 1994 con fines agrícolas, demostrando las potencialidades que tiene el tratamiento magnético del agua de riego en la germinación y [fotosíntesis](#) de la planta crecimiento, desarrollo y elevación de los rendimientos agrícolas entre otros.

- Diseño experimental

Para las evaluaciones se utilizaron frutos de *Cucumis sativus* L. var. Market More provenientes del Organopónico Semiprotegido 21 de Abril del municipio Mellá. El cultivo se plantó en dos periodos de siembra que correspondió de enero a marzo (campaña de frío) y junio a agosto del año 2020 (campaña

de primavera). Las semillas fueron provenientes de la Empresa Provincial de Semillas de Santiago de Cuba con un 85 % de germinación.

Para garantizar la confiabilidad de los resultados experimentales, se utilizó un diseño unifactorial con 3 tratamientos y 3 réplicas. Los experimentos se realizaron en dos fases: una en condiciones campo (Determinación del rendimiento) y la otra de laboratorio donde se trasladaron los pepinos con superficie verde claro uniforme y longitudes de entre 20 y 30 cm según el tratamiento, en bolsa plástica debidamente rotuladas para determinación de los parámetros físico químicos.

1.1. Generalidades del Experimento

En el área de la experimentación de la fase de campo se colocaron dispositivos magnéticos para el tratamiento del agua en el sistema. Dichos acondicionadores forman parte del paquete tecnológico para el tratamiento magnético en el agua de riego en sistemas agrícolas. Estos equipos tienen un campo magnético estático no uniforme o heterogéneo con un rango de inducción entre 60 y 180 mT, con una velocidad de 0,6-2,5 m.s-1. Los tratamientos se realizaron en el momento del riego de las plantas, durante todo el ciclo vegetativo del cultivo hasta el desarrollo de los frutos. Para la evaluación del tratamiento magnético se utilizó un Microweberímetro soviético 192041 (error relativo menor del 5 %). Estos resultados fueron comprobados con un equipo de Resonancia Magnética Nuclear y con un Teslámetro del tipo 410 Gaussmeter (error relativo de 0,01 G) según Gilart, Deas, Ferrer, Lopez, Ribeaux & Castillo, (2013). Estos dispositivos fueron fabricados y caracterizados en el CNEA.

- Descripción de los tratamientos

Tabla 1.

Grupos experimentales utilizados en el cultivo de Cucumis sativus L.

Tratamientos	Grupos Experimentales	Inducción en mini Tesla
T1	Plantas cultivadas con agua sin tratamiento magnético (Control)	Ninguna
T2	Plantas cultivadas con agua tratada magnéticamente (ATM1)	60 – 100 mT
T3	Plantas cultivadas con agua tratada magnéticamente (ATM2)	110 – 180 mT

1.2.
Com
port
ami

ento climatológico durante el período experimental

La investigación se realizó en las campañas de verano e invierno, del año 2020. En la época de frío (enero-marzo) donde las temperaturas fueron ligeramente más frías y las precipitaciones un tanto más bajas que en la campaña de verano (junio-agosto), en ambos casos aceptables y tolerables para el cultivo del pepino en casa de cultivo semiprotegido. Los datos fueron medidos por el Instituto de Meteorología de Santiago de Cuba para una y otra campaña experimental.

1.3. Caracterización química del suelo

El análisis de suelo se realizó en el laboratorio de la Geominera Oriente, Santiago de Cuba, a partir de muestras de suelo recogidas aleatoriamente de 0-20 cm en los canteros con riego tratado magnéticamente y sin tratar, teniendo en cuenta el efecto de borde. Propiedades agroquímicas del suelo pardo sialítico mullido carbonatado.

Tabla 2.

Composición química del suelo utilizado en el cultivo de Cucumis sativus L. cultivado con agua tratada magnéticamente

Muestra	pH (H2O)	mg P2O5	mgK2O	%	meq /100g suelo				S
		/100g	/100g		Na+	K+	Ca2+	Mg2+	
0 – 2cm	6.58	Fósforo asimilable	Potasio asimilable	MO					
		25,39	35,48	2,34	0,94	1,03	53,28	5,39	60,6

Datos según

laboratorio de laboratorio de la Geominera Oriente Santiago de Cuba

El suelo presenta un pH ligeramente neutro, contenido medio de materia orgánica y un bajo proceso por lavado, pues no contiene H+ ni Al3+ y por tanto la suma de las bases cambiabes (S) es igual a la capacidad de intercambio catiónico (T). Por lo que el grado de saturación de bases (V) es igual al 100%, debido a que $V = S / T \cdot 100$ y en virtud el grado de lavado es bajo (Rodríguez, 2012).

- Características del sustrato

El sustrato estuvo formado por una mezcla de suelo y materia orgánica (cachaza) (50:50), procedente de la UEB Central Azucarero del municipio Julio A. Mella, con buenas propiedades bromatológicas. El uso de este suelo tiene gran importancia ya que permite limitar y eliminar la aplicación de fertilizantes químicos y otras sustancias agresivas al medio.

El agua tratada se comenzó a utilizar a los 7 días después de la siembra y los dispositivos magnéticos se mantuvieron durante todo el período que se realizó la experimentación.

1.4. Evaluaciones en condiciones de laboratorio

1.4.1. Evaluación de las variables físico-químicas en fruto de *Cucumis sativus* L. cultivado con agua tratada magnéticamente

++En la fase de fructificación

1.4.2. Determinación del pH

Para la determinación del pH se pesaron tres frutos de cada grupo experimental, con un mortero se trituraron y se les extrajo el jugo, posteriormente se centrifugó en la Centrífuga refrigerada (SIGMA 3-6 kL). Con un Medidor Multiparamétrico de conductividad y pH (Mettler Toledo GS23, China) se midió este parámetro. Se ajustó el medidor de pH (electrodo) con solución reguladora de Buffer 7. Luego se determinó el valor del pH de la muestra introduciendo el electrodo en el jugo del fruto.

1.4.3. Determinación de la conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos

Para la medición de la conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos, se aplicó el mismo procedimiento que se utilizó en la determinación del pH, pero se empleó el Medidor Multiparamétrico de conductividad (Mettler Toledo GS23, China); además se usó una solución patrón de conductividad (1413 μscm^{-1} a 642 ppm NaCl) y el electrodo de conductividad, hasta obtener la calibración en un valor de 1413 μSc^{-1} , finalmente se realizó la medición de las muestras.

1.4.4. Determinación de la salinidad

Para la determinación de la salinidad se empleó el Medidor Multiparamétrico de conductividad y pH (Mettler Toledo GS23, China) y se determinó con el electrodo de la conductividad, los resultados se expresaron en (ppt) parte por trillón.

1.4.5. Determinación de la vitamina C

Para el arrojado de vitamina C se utilizó el método descrito por Lucero, (2010). Se tomaron 10 mL de agua fría y se le añadieron 90 mL de agua hirviendo. Se agitó y se esperó a que enfriara, luego se

pesaron 5 g de frutos de cada grupo experimental y con ayuda de un mortero se trituró y se filtró con una gasa absorbente estéril, se llenó la bureta con solución de yodo N/10, luego se tomaron 10 mL de jugo y se llevó a un erlenmeyer de 250 ml por triplicado, posteriormente se añadieron 100 ml de agua destilada, después 1 ml de HCL concentrado, se agregaron 5 gotas de almidón y se valoró con la solución de yodo hasta coloración azul, finalmente se anotaron los mililitros de yodo gastado en cada valoración. Los resultados se expresaron en mg mL^{-1} .

Para determinar la concentración de vitamina C se empleó la siguiente fórmula:

Vitamina C = Volumen consumido de yodo \times Normalidad del yodo

1.4.6. Determinación de la acidez

La determinación de la acidez fue realizada por el procedimiento experimental de acuerdo al protocolo de Lucero (2010). Para preparar la solución de ácido oxálico se pesó 0.1000 g y se llevó a un erlenmeyer de 250 mL y se añadió 50 mL de agua destilada y se agitó para disolver toda la muestra. Al preparar la solución de hidróxido de sodio, se pesó 2g NaOH (0,1 N) y se disolvieron en 500 mL de agua destilada. En el caso de la Fenolftaleína 1% se empleó 1g en 100 mL de alcohol al 95%. Posteriormente se utilizaron 10 mL de jugo de frutos de los tres grupos experimentales y se vertieron en un erlenmeyer de 250mL. Con una probeta se añadió 25 mL de agua destilada y 3 gotas de fenolftaleína. Se realizó la valoración con NaOH (0,1N) hasta el viraje del indicador que tomó una coloración rosa persistente. La solución de ácido oxálico fue utilizada como blanco. Se realizaron un total de 5réplicas.

Para la realización de los cálculos se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Acidez} = \frac{V(\text{NaOH}) \cdot N(\text{NaOH})}{V \text{ muestra}} \cdot M \cdot 100$$

V muestra

V NaOH (mL) - volumen del hidróxido de sodio utilizado N NaOH - Normalidad de hidróxido de sodio.

M=Masa molar de ácido oxálico.

V muestra - volumen de la muestra 10mL

- factor matemático

Los resultados se expresaron como la cantidad de acidez en porcentaje de ácido oxálico (% ácido oxálico).

Evaluaciones biométricas

Los datos particulares obtenidos para cada variable respuesta, 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.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.1. Determinación de las variables físico-químicas en frutos de *Cucumis sativus* L. cultivado con agua tratada magnéticamente

2.2.1 Determinación del pH

Al analizar los resultados de pH en los frutos de *Cucumis sativus* L. obtenido para cada grupo experimental, se alcanzó diferencia en todos los tratamientos con respecto al control, los mayores valores de potencial de hidrogeno se logró en las plantas regadas con tratamiento magnético, alcanzando las mejores respuestas el T2 (60-100 mT), con respecto al control (Tabla 3).

Tabla 3.

Valores medios de pH en los frutos de Cucumis sativus L. cultivado con agua tratada magnéticamente

Tratamientos	pH	
	Campañas	
	Frío	Primavera
T1 (control)	4,57 c	4,15 c
T2 (60-100 mT)	5,83 a	5,73 a
T3 (110-180 mT)	5,59 b	5,58 b
CV (%)	10,411	11,648
EE	0,106	0,157

Leyenda: coeficiente de variación (CV), error estándar (EE). Valores medios con letras diferentes significan diferencias estadísticamente significativas. Test de Tukey ($p < 0,05$)

Los resultados de la investigación indican que la inducción magnética del agua del riego aumentó los valores de pH. En este aspecto Hassan (2015), demostró que los resultados pueden variar tanto en subir y bajar el pH todo esto dependerá a la polaridad de los imanes y como sean colocados alrededor de la tubería de riego. Estos resultados tienen correspondencia con los reportes por Shahin, Mashhour, & Abd-Elhady, (2016); quienes mostraron un aumento significativo del pH al utilizar inducciones magnéticas de 20, 40 y 60 mT en plantas de *Cucumis sativus* L. Similares respuestas obtuvieron Córdova (2019) quien al suministrar el agua de riego con inducción magnética del 100 % en el cultivo del pepino var. Jaguar, obtuvo los mejores valores de pH.

Por otro lado, Rodríguez, Fung, Ochoa, Ortiz, & Díaz (2018) al determinar parámetros físicos, físicos- químicos y químicos de extractos de *Origanum majorana* L. cultivado utilizando el ATM con un rango de inducción de 100–150 mT obtuvieron un mayor valor de pH, que las del tratamiento control. Estos mismos autores plantean que los valores de pH ligeramente ácidos indican la existencia de cierto balance entre las cantidades de compuestos ácidos y básicos. Por su parte Teka (2013); planteó que el pH es principalmente determinado por el volumen ácido del fruto, lo que determina la seguridad del producto en términos de calidad. En otro grupo experimental Flores (2015), al analizar las características físicas químicas de la variedad del pepino Market More obtuvieron un promedio de pH de 5,76.

El tratamiento magnético genera sobre el agua cambios tales como la regulación del pH, pues mejora el efecto tampón sobre el mismo. Es decir, tiende a elevar los pH ácidos y a bajar los pH básicos. Por su parte Insua, Pérez, Pérez & Silveira (2009), demostraron que cuando el agua fluye en presencia de un campo magnético con una densidad de flujo y velocidad determinados, surgen cambios de diferentes parámetros como: pH, tensión superficial, solubilidad, densidad óptica y conductividad eléctrica.

2.2.2. Determinación de la conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos

La tabla 4 muestra como con el empleo del ATM, la conductividad eléctrica y los sólidos totales disueltos en los frutos de *Cucumis sativus* L. tuvieron un mejor comportamiento con en el T2 (60-100 mT) en ambas campañas. Sin embargo, en la campaña de frío se pudo apreciar mejores respuestas. Esto indica que las respuestas del ATM tuvieron un efecto favorable para estos parámetros. Con los resultados logrados en la conductividad eléctrica en el ATM con relación al control se puede inferir a que estos frutos al ser irrigados con agua tratada magnéticamente, tuvieron una mayor capacidad para conducir la corriente eléctrica lo que permitió una estimulación durante el crecimiento y desarrollo del cultivo.

El agua de riego utilizada pudo haber modificado sus propiedades con relación a los parámetros físico-químicos determinados. Estos resultados corroboran los reportado por Córdova (2019); quien obtuvo con el agua de riego tratado magnéticamente al 100 % en el *Cucumis sativus* L. un mejor comportamiento en la conductividad eléctrica, comparados con los resultados obtenidos en el testigo. Sin

embargo Quiala, Isaac, Simón, Regueiferos & Montero (2011) reportan que el tratamiento magnético en el agua de riego disminuye de 8 a 10% la conductividad eléctrica, al igual que la tensión superficial. En la investigación de Hilal, El-Fakhrani, Mabrouk, Mohamed & Ebead (2013) indican que la conductividad eléctrica fue mayor en comparación a los tratamientos control y que las sales solubles del suelo pueden ser movilizadas con mayor eficiencia mediante tratamientos como la magnetización del agua de riego.

Tabla 4.

Valores medios de conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos en frutos de Cucumis sativus L. cultivado con agua tratada magnéticamente

Tratamientos	Conductividad eléctrica			
	Campañas			
	Frío		Primavera	
	Conductividad eléctrica (mScm-1)	Sólidos totales disueltos (mg L-1)	Conductividad eléctrica (mScm-1)	Sólidos totales disueltos (mg L-1)
T1 Control	5,43 c	2,71 c	5,39 c	2,13 c
T2 (60-100 mT)	5,80 a	2,96 a	5,76 a	2,90 a
T3 (110-180 mT)	5,66 b	2,83 b	5,62 b	2,18 b
CV (%)	2,847	2,957	2,895	0,358
EE	0,053	0,0277	0,0539	0,0751

Leyenda: coeficiente de variación (CV), error estándar (EE). Valores medios con letras diferentes significan diferencias estadísticamente significativas. Test de Tukey ($p < 0,05$)

Pang, Deng, & Tang (2012) manifiestan que la conductividad eléctrica del agua tratada magnéticamente es mayor que la del agua normal y se incrementa a medida que aumenta el tiempo de exposición al magnetizador. El mismo autor añade que 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.

Ibrahim (2006) explica 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. Por su parte Maheshwari & Grewal (2009), plantean que el tratamiento magnético aumenta la conductividad eléctrica en el agua, además, hacen referencia que dichos cambios producen un aumento en el fósforo y potasio disponible en el suelo.

Analizando los resultados alcanzados en los sólidos totales disueltos tienen correspondencia con los reportados por Pérez (2018), quien al evaluar la calidad de los frutos de *Solanum lycopersicum* L. irrigado con agua tratada con campo magnético estático con una inducción entre 20 y 200mT obtuvo un aumento de los sólidos totales disueltos con relación al control con un valor de 2,97 mgL⁻¹ (Rodríguez, Fung, Ochoa, Ortiz, & Díaz 2018) al determinar los parámetros físicos-químicos de extractos de *Origanum majorana* emplearon el agua de riego tratada con campo magnético estático (CME), con un rango de inducción de 100 y 150 MT, obteniendo un incremento de las concentraciones de los sólidos totales de 20,19 g/100 mL. demostrando que el ATM favorece la extracción de los sólidos totales.

Por otro lado Haq, Iqbal, Jamil, Anwar, Arif & Hussain (2016) reportaron una mayor reducción en los sólidos totales disueltos a mayor tiempo de exposición del magnéticamente. Estos autores atribuyen el efecto del tratamiento magnético como una mejora en la calidad del agua, al reducir el oxígeno disuelto, sólidos totales disueltos y total de bacterias presentes.

Sin embargo, González (2016) al aplicar ATM con una inducción de 0,52 mT en el cultivo rábano (*Raphanus sativus*) no encontró diferencias significativas en los sólidos totales disueltos entre los tratamientos aplicados. En otros ensayos Moreno (2015), al determinar la calidad de frutos de pepino cultivados con diferente solución nutritiva el contenido de SST resultó mayor en los frutos. En este sentido Cruz (2015) añade que estos valores pueden estar relacionados a una mayor acumulación inicial de azúcares facilitada por la nutrición mineral.

2.2.3. Determinación de la salinidad

Al examinar la influencia del ATM en la salinidad de los frutos (Tabla 5) para cada uno de los tratamientos investigados, se obtuvo que el mayor valor correspondió al T2 con una inducción magnética de 60 a 100 mT, el cual superó estadísticamente a los restantes tratamientos, con la menor media para el T1 (control) en una y otra campaña, aunque con valores más altos en el período invernal.

Tabla 5.

*Valores medios de la salinidad en frutos de *Cucumis sativus* L. cultivado con agua tratada magnéticamente*

Tratamientos	Salinidad (ppm)	
	Campañas	
	Frío	Primavera
T1 (control)	2,27 c	2,92 c
T2 (60-100 mT)	3,21 a	3,14 a
T3 (110-180 mT)	2,31 b	3,06 b
CV (%)	17,712	3,172
EE	0,153	0,032

Leyenda: coeficiente de variación (CV), error estándar (EE). Valores medios con letras diferentes significan diferencias estadísticamente significativas. Test de Tukey ($p < 0,05$)

Goykovic & Saavedra (2007) plantean que la salinidad puede mejorar la calidad de los frutos en términos organolépticos y biológicos, al presentar éstos un mayor contenido de compuestos solubles, concentración de ácidos y licopeno.

2.2.4. Determinación de acidez y vitamina C

Teniendo en cuenta el análisis realizado se puede observar, que en la acidez existieron diferencias significativas entre los tratamientos, lográndose los mayores valores con el ATM y menores en control (Tabla 6). En cuanto al contenido de vitamina C por su parte, no existieron diferencias estadísticas entre los tratamientos. Estos resultados pueden deberse a los efectos que produjo la irrigación con ATM sobre los procesos bioquímicos y metabólicos de este cultivo, corroborando los obtenidos por Pérez (2018), quien al aplicar ATM en el cultivo del tomate con una inducción de 20 a 200 mT tuvo un aumento de la acidez en los frutos con respecto al control.

Teniendo en cuenta que el *Cucumis sativus* L. es un cultivo rico en minerales entre los que se destaca el K (Ibarra, 2011), se puede inferir que el mayor porcentaje en el contenido de acidez pudo estar influenciado por la presencia de potasio en la planta. Navarro & Navarro (2013) subrayan que un aumento en el potasio, puede promover un alto contenido de acidez. Aranda (2015) evidenció que la relación entre la acidez y los sólidos solubles es un buen indicador para el sabor y el aroma de los frutos lo cual se corresponde con los resultados obtenidos.

Tabla 6.

Valores medios de acidez y vitamina C en frutos de *Cucumis sativus* L. var. Market More cultivado con agua tratada magnéticamente

Tratamientos	Campañas			
	Frío		Primavera	
	Acidez (%ácido oxálico)	Vitamina c (mgmL-1)	Acidez (%ácido oxálico)	Vitamina c (mgmL-1)
T1 (control)	0,16 c	1,40	0,11 c	1,51
T2 (60-100 mT)	0,24 a	2,52	0,21 a	2,41
T3 (110-180 mT)	0,22 b	1,55	0,18 b	1,80
CV (%)	6,276	8,23%	4,879	8,06%
EE	0,060	0,044	0,179	0,051

Legenda: coeficiente de variación (CV), error estándar (EE). Valores medios con letras diferentes significan diferencias estadísticamente significativas. Test de Tukey ($p < 0,05$)

En otras investigaciones relacionadas con el *Cucumis sativus* L. Moreno, García, W, Ibañez & Barrios, (2013) registraron un mayor contenido de ácido cítrico (0.071 %). Pang & Deng (2008) plantean que los efectos biológicos del tratamiento con ATM dependen de la intensidad y el tiempo de exposición del agua al campo magnético durante el procedimiento, también dependen del contenido de iones, calidad, volumen, velocidad del flujo y temperatura del agua.

Los ácidos orgánicos son esenciales para el mantenimiento del balance azúcar/ácido en frutos y pueden ser considerados como una reserva energética ya que normalmente son degradados y convertidos a azúcares durante la maduración (Echeverry & Castellanos, 2002).

En el caso de los resultados obtenidos (Tabla 6) en la vitamina c realizado a los jugos de los frutos de pepino no hubo diferencia entre los tratamientos. En investigaciones de Verde et al., (2012) abordan que el ácido ascórbico es muy inestable y puede oxidarse enzimáticamente a ácido de hidroascórbico durante su determinación. Por otro lado, González (2011) menciona que el ácido ascórbico aumenta durante la maduración y disminuye durante la conservación en las frutas y hortalizas.

La vitamina C es una vitamina hidrosoluble del tipo lactona, azúcar ácido derivado del ácido gulónico que se sintetiza a partir de la glucosa no tiene características ácidas en toda su estructura, por lo que no es determinante su influencia en los valores de acidez que se obtuvieron en los frutos, es uno de los nutrientes más relacionado con las hortalizas y frutas (Valdés, 2006).

BIBLIOGRAFÍA

- Aranda, C. P. (2015). Formación y selección de híbridos de tomate bola tolerantes a altas temperaturas y de alta eficiencia fisiotécnica en invernadero y campo. Para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México. pp. 131.
- Ashwell, M. (2012). Concepts of functional foods, ILSI Europe Consice Serie. Disponible en: <http://www.ilsi.org/Europe/Publications/C2002Con-Foods.pdf>.
- Córdova, H. M. (2019). Efecto de la inducción magnética del agua de riego, en el desarrollo, producción y rendimiento del cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), variedad jaguar en la Granja Experimental ECAA. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Ibarra. Recuperado en: <http://dspace.pucesi.edu.ec/bitstream/11010/413/1/1.%20TESIS.pdf>.
- Cruz, B.A. (2015). Efectos de la aplicación de biofertilizantes y fosfitos de potasio durante cultivo y un recubrimiento de poli (acetato de vinilo - co - alcohol vinílico) sobre la calidad y vida poscosecha de pepino (*Cucumis sativus* L.). Centro de Investigación en Química Aplicada.
- Echeverry, S. & Castellanos, F. (2002). Comportamiento poscosecha en almacenamiento a dos temperaturas de plátano en las variedades: dominico harton, africa y fhia 20. Trabajo final de Especialización en Ciencias.
- Flores, F. (2015). Determinación de las características física y química de las variables de pepinillo, asterix F1 y Market more para conserva y consumo en fresco. Universidad Técnica del Norte, Ecuador.
- Gilart, F., Deas, D., Ferrer, D., Lopez, P., Ribeaux, G. & Castillo, J. (2013). High flow capacity devices for anti-scale magnetic treatment of water. *Chemical Engineering and Processing*, 70, 211-216.
- González, I. J. (2016). Efecto de la aplicación de agua y semilla magnetizada en el cultivo de rábano (*Raphanus sativus*). Para optar al título de Ingeniera en Ambiente y Desarrollo en el Grado Académico de Licenciatura, Honduras.
- González, L. G., Jiménez, M. C., Castillo, D., Paz, I., Cambara, A. G. y Falcón, A. (2018). Respuesta agronómica del pepino a la aplicación de QuitoMax en condiciones de organoponía. *Ctro. Agr.* 45(3).
- González, V. (2011). Reconocimiento e inspección de alimentos de origen vegetal parámetros indicadores de calidad. Frutas y Hortalizas. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. Disponible: <http://es.slideshare.net/monicaglezglez/frutas-y-hortalizas-6965719>.

- Goykovic, V. & Saavedra, G. (2007). Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo. *IDESIA* (Chile), 25(3), Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292007000300006>.
- Haq, Z., Iqbal, M., Jamil, Y., Anwar, H., 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, *esearch*, 1(2), 24–40.
- Hassan, K. (2015). *Magnetic Treatment of Brackish Water for Sustainable Agriculture*. (Tesis postgrado). The American University in Cairo. Cairo, Egipto. [http://dar.aucegypt.edu/bitstream/handle/10526/4538/FinalThesisDraftKareem Hassan.27.12.2015.pdf?sequence=1](http://dar.aucegypt.edu/bitstream/handle/10526/4538/FinalThesisDraftKareem%20Hassan.27.12.2015.pdf?sequence=1).
- Hilal, M., El-Fakhrani, Y., Mabrouk, S., Mohamed, A., & Ebead, B. (2013). Effect of magnetic treated irrigation water on salt removal from a sandy soil and on the availability of certain nutrients. *International Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2(2), 36-44. Recuperado de [http://eaas-journal.org/survey/userfiles/files/agriculture engineering 4\(4\).pdf](http://eaas-journal.org/survey/userfiles/files/agriculture%20engineering%204(4).pdf).
- Hozayn, M. Darwish, M.A. & Abd, E.M. (2017). *Applications of Magnetic-Water Technology, A Novel Tool for Improving Chick-Pea Crop and Water Productivity*. En: *Water Resources in Arid Areas*. Springer International Publishing. Cham, pp. 449-460.
- Ibarra, A. L. (2011). Evaluación agroproductiva de cuatro Cultivares de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de huerto intensivo en el municipio de Amancio. Universidad Vladimir I. Lenin, Cuba.
- Ibrahim, I. H. (2006). Biophysical Properties of Magnetized Distilled Water. *Egypt. J. Sol.*, 29(2), 363–369.
- Insua, A. D., Perez, C., Perez I. & Silveira, E. (2009). Efecto del agua tratada magnéticamente sobre los procesos biológicos. *REDVET. Revista electrónica de Veterinaria*. ISSN: 1695-7504, 10(4), Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63611961010>.
- Leopoldo, A. (2015). Pepino para todas las épocas. *Revista productores de Hortalizas*, 9 (3), 296.
- Lucero, O. (2010). *Guías de Prácticas de Laboratorio de Bromatología I y II*, S. ed., Riobamba - Ecuador. Editorial ESPOCH., pp.11-28.
- Maheshwari, B. L. & 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.
- Margal, S.Y. Singh, A. K. Behera, T. K. Munshi, A. D. & Sukanta, D. (2018). Effect of planting time and fertilizer dose on growth, yield and quality of parthenocarpic cucumber (*Cucumis sativus*) grown under polyhouse and nethouse conditions. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 2018, (1), p. 63–90.
- Moreno, D. (2015). Calidad poscosecha de frutos de pepino cultivados con diferente solución nutritiva. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(3), 637-643.
- Moreno, D. C., García, W., Ibañez, E. & Barrios, A. (2013). Postharvest Physicochemical changes in three cucumber cultivars with and without plastic film. *Mexican Journal of Agricultural Sciences*, 4 (6), 909-920.

- Navarro, G. & Navarro, S. (2013). Química Agrícola. Química del Suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas. Ed. Mundi-Prensa, España. pp. 471.
- Pang, X. F. & 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. & Tang, B. (2012). Influences of Magnetic Field on Macroscopic Properties of Water. *Modern Physics Letters*, 26(11), 1250069 (13).
- Pérez, M. (2018). Evaluación de la calidad de los frutos de *Solanum lycopersicum* L. irrigado con agua tratada con campo magnético estático. Universidad de Oriente, Cuba.
- Quiala, R., Isaac, E., Simón, F., Regueiferos, I. & Montero, G. (2011). Efecto del agua tratada con campo magnético estático sobre *Meloidogyne* sp. en *Cucumis sativus* L. en condiciones de cultivo protegido. *Centro Agrícola*, 38(4), 83-87.
- Quimia, V., Castillo R., Orellana J., Basqueriza E. & Muños V. (2017). Impacto del agua de riego magnetizada en los rendimientos del cultivo. *Revista Internacional de Agua y Riego. El Productor.com* <https://elproductor.com/articulos-tecnicos/articulos-tecnicos-agricolas/impacto-del-agua-de-riego-magnetizada-en-los-rendimientos-del-cultivo/>.
- Rodríguez, O. A., Fung, Y., Ochoa, A., Ortiz, E. & Díaz, U. (2018). Parámetros físicos, físico-químicos y químicos de extractos de *Origanum majorana* L. cultivado utilizando agua magnetizada. *Rev. Cubana Quím*, 30(3), 454-469.
- Rodríguez, P. A. (2012). Compendio sobre Ciencias del Suelo. Esmeraldas, Ecuador: Ediciones Mútile, 206 p.
- Shahin, M., Mashhour, A. & Abd-Elhady, E. (2016). Effect of Magnetized Irrigation Water and Seeds on Some Water Properties, Growth Parameter and Yield Productivity of Cucumber Plants. *Curr Sci Int*, 5(2), 152-164.
- Teka, T. A. (2013). Analysis of the effect of maturity stage on the postharvest biochemical quality characteristics of tomato (*Lycopersicon esculentum* M.) fruit. *Int. Res. J. Pharm. Appl. Sci*, 3 (5), 180-186.
- Valdés, F. (2006). Vitamina C. *Actas dermo-sifiliográficas*, 97(9), 557-568.
- Vashisth, A., & Joshi, D. K. (2017). Growth characteristics of maize seeds exposed to magnetic field. *Bioelectromagnetics*, 38(2), 151-157. doi:10.1002/bem.22023.
- Verde, C. M. et al. (2012). 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.
- Waris, M. H. Ahmad, F., Iqbal, M., Shoaib, M. & Ullah, Z. (2014). Screening of cucumber varieties against downy mildew *Pseudoperonospora cubensis*? and its chemical management. *Pak. J. Phytopathology*, 29, 321.