

Influencia del campo magnético en el crecimiento de semillas de *Phaseolus vulgaris*. Distrito de Valera 2021

Influence of magnetic field on *Phaseolus vulgaris* seed growth. Valera District 2021

Influência do campo magnético sobre o crescimento das sementes de *Phaseolus vulgaris*. Distrito de Valera 2021

Nemesio Santamaría Baldera¹ , Yelka Martina Lopez Cuadra¹  Romulo Mori Zavaleta¹  y Juan Carlos Alvarado Ibañez¹ 

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar la influencia del campo magnético en el crecimiento de semillas de *Phaseolus vulgaris* (frijol pinto), distrito de Valera 2021. La metodología fue realizada mediante un experimento de arreglo bifactorial (intensidad x tiempo), el factor A: Intensidad de campo Magnético (0 mT, 20mT, 50 mT) y factor B: tiempo (5 h y permanente). Para la realización del experimento se utilizó suelo agrícola humedecido con 50 ml de agua destilada, colocándose 3 semillas de frijol pinto en cada recipiente y luego fue recubierto con una capa de suelo agrícola y humedecido con 10 ml de agua destilada y las 24 horas fue colocado en la cara norte de los imanes, evaluándose a los 15 días de instalar el experimento. Se verificó el cumplimiento de los supuestos de normalidad y homogeneidad de los datos. Luego se realizó el análisis de varianza (ANOVA) y las medias fueron comparadas mediante la prueba de Tukey. Para analizar los datos se utilizó el programa estadístico Minitab 2019. Los resultados obtenidos indican diferencias significativas tanto para el crecimiento de raíz y longitud de tallo para los tratamientos con un valor de 50 mT y con un tiempo de exposición de 5h, mientras que para el número de brotes y número de hojas no hubo diferencias significativas. Finalmente, se concluye que los campos magnéticos influyen en las diferentes variables que intervienen en el desarrollo y crecimiento de las plántulas.

Palabras claves: Campo magnético, frijol pinto, germinación, desarrollo vegetal.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the influence of the magnetic field on the growth of *Phaseolus vulgaris* (pinto bean) seeds, Valera district 2021. The methodology was carried out by means of a bifactorial arrangement experiment (intensity x time), factor A: magnetic field intensity (0 mT, 20mT, 50 mT) and factor B: time (5 h and permanent). For the experiment, agricultural soil moistened with 50 ml of distilled water was used, 3 pinto bean seeds were placed in each container and then covered with a layer of agricultural soil and moistened with 10 ml of distilled water and 24 hours later it was placed on the north side of the magnets, being evaluated 15 days after installing the experiment. Compliance with the assumptions of normality and homogeneity of the data was verified. Analysis of variance (ANOVA) was then performed and the means were compared using Tukey's test. The Minitab 2019 statistical program was used to analyze the data. The results obtained indicate significant differences for both root growth and stem length for the treatments with a value of 50 mT and with an exposure time of 5h, while for the number of shoots and number of leaves there were no significant differences. Finally, it is concluded that magnetic fields influence the different variables involved in the development and growth of seedlings.

Keywords: Magnetic field, pinto bean, germination, plant development.

DOI: <https://doi.org/10.55996/dekamuagropec.v3i1.75>

¹Universidad Nacional Intercultural Fabiola Salazar Leguía de Bagua, Perú; correo: nsantamaria@unibagua.edu.pe, ylopez@unibagua.edu.pe, rmori@unibagua.edu.pe, jalvarado@unibagua.edu.pe

RESUMO

O objetivo desta pesquisa era determinar a influência do campo magnético no crescimento das sementes de *Phaseolus vulgaris* (feijão pinto), distrito de Valera 2021. A metodologia foi realizada por meio de um experimento de disposição bifatorial (intensidade x tempo), fator A: intensidade do campo magnético (0 mT, 20mT, 50 mT) e fator B: tempo (5 h e permanente). Para realizar o experimento, foi utilizado solo agrícola umedecido com 50 ml de água destilada, 3 sementes de feijão pinto foram colocadas em cada recipiente e depois cobertas com uma camada de solo agrícola e umedecidas com 10 ml de água destilada. Após 24 horas, as sementes foram colocadas no lado norte dos ímãs e avaliadas 15 dias após a realização do experimento. Foram verificadas as suposições de normalidade e homogeneidade dos dados. A análise de variância (ANOVA) foi então realizada e os meios foram comparados usando o teste de Tukey. O programa estatístico do Minitab 2019 foi usado para analisar os dados. Os resultados obtidos indicam diferenças significativas tanto para o crescimento da raiz quanto para o comprimento do caule para os tratamentos com um valor de 50 mT e com um tempo de exposição de 5h, enquanto para o número de brotos e número de folhas não houve diferenças significativas. Finalmente, conclui-se que os campos magnéticos influenciam as diferentes variáveis envolvidas no desenvolvimento e crescimento das plântulas.

Palavras-chave: Campo magnético, feijão pinto, germinação, desenvolvimento de plantas.

INTRODUCCIÓN

El magnetismo, es parte de la física que estudia los campos magnéticos que se obtienen de las cargas en movimiento, de una corriente eléctrica o del material llamada magnetita (imanes), las cuales generan fuerzas de atracción o repulsión según la interacción de los polos que poseen. Es decir, polos iguales (norte-norte o sur-sur) producen repulsión y polos diferentes (norte-sur o sur-norte) producen atracción. Cabe resaltar que la fuerza de atracción o repulsión es más intensa en los extremos, cerca de los polos (Carbonell, et al, 2017).

Existen diferentes fuentes que emiten campos magnéticos, los cuales son generados de forma natural o artificial, el planeta tierra emite un campo magnético considerado como un factor ambiental importante para la conservación de la vida en nuestro planeta tierra. Además, siempre están interaccionando con todos los seres bióticos de diferentes especies (Sonco, 2020). Es por ello, que las aplicaciones de esta parte de la física son llevadas al área de la biotecnología agrícola, donde investigaciones realizadas demuestran cambios significativos al tratar diferentes especies vegetales, obteniendo resultados en su desarrollo y crecimiento de las plántulas (Elías et al, 2020).

En la mayoría de los tratamientos, han utilizado diferentes valores de intensidad de campo magnético, obteniendo respuestas favorables incluso en aquellas variables externas que influyen en el desarrollo de las plantas, como la protección contra los efectos nocivos causados por algunos tipos de estrés abiótico (Baghel, Kataria & Guruprasad, 2016; Martínez, Flórez & Carbonell, 2017; Lasso, 2019).

Louis Pasteur, químico francés, es quien empleó por primera vez los campos magnéticos en la

estimulación para el crecimiento de las plantas, dando inicio a este tipo de investigaciones (Milla, Baldera, & Horna, 2019). Luego, a través de los años, se ha demostrado que la intensidad de los campos magnéticos tiene un efecto estimulante en el proceso germinativo de las semillas sobre todo en las primeras etapas de su crecimiento, ya que estimula las características biológicas, biofísicas y bioquímicas de las plantas (Iqbal et al., 2016).

En la actualidad, los campos magnéticos se han convertido en un método natural y fácil de utilizar en el tratamiento de semillas y plántulas, con la finalidad de mejorar las propiedades germinativas y de crecimiento de las semillas en la presembrado (Torres, León & Fernández, 1999 y Braga, et al., 2020). Los campos magnéticos facilitan el transporte de los nutrientes que absorben las plantas, que son distribuidas en las diferentes partes de la planta para su desarrollo, observándose también estos efectos en la multiplicación de las especies con la finalidad de conservar y elevar el rendimiento de los cultivos (Araujo et al., 2016).

Los campos magnéticos han generado efectos en el material vegetal, como germinación de semillas, desarrollo de sus raíces, grosor del tallo, aumento de la masa fresca, desarrollo de número de hojas, entre otras variables (Salehi & Sharafi, 2015), es así que Torres, Aranzasu y Restrepo (2019), realizaron tratamiento con semillas de maíz y con siete valores de densidad de flujo de campos magnéticos comprendidos entre 50 mT y 250 mT y con diferentes tiempos de exposición; obteniendo resultados favorables los tratamientos estimulados con 50 mT de flujo de campo magnético y con un tiempo de exposición de un minuto, logrando mayor reducción del tiempo medio de germinación (12,4%), aumentando la tasa de germinación para el mismo tratamiento con respecto al control (17,4%).

Influencia del campo magnético

También Braga et al (2020), sometieron semillas de café a campos magnéticos de intensidad constante con valores de 10 mT y 28 mT por un intervalo de 6 días durante su proceso de germinación. Los tratamientos mostraron mejoras en el periodo de la permeabilidad de las membranas celulares y el adelanto de la activación del sistema antioxidante, obteniendo una germinación más rápida y uniforme de las semillas. Asimismo, Ulgen, Yıldırım y Turker (2017), realizaron tratamiento de semillas de *Melissa Officinalis* (toronjil) con campos magnéticos de 50 mT y 100 mT durante tiempos de 1, 3, 6, 12, 24, 48, 72, 144 y 240 horas, registrándose la germinación a los 20 días, obteniéndose resultados en el proceso de germinación de (52 %) al aplicar 100 mT de intensidad de campo magnético durante 1 hora a diferencia del grupo control cuya tasa de germinación fue bastante baja (28%). Igualmente, Cakmak, Dumlupinar y Erdal (2010) en su estudio describen los efectos de diferentes intensidades de campo magnético estático de 4 o 7 mT sobre la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas de frijol y trigo en diferentes medios, con diferente presión osmótica de 0, 2, 6 y 10 atmósferas, registrándose los resultados de las semillas tratadas y las no tratadas a los 7 días de su incubación. En los resultados se muestran que los efectos del campo magnético estático lograron un crecimiento positivo sobre la germinación con respecto a las semillas no tratadas, ya que se logró mayor tasa de germinación y crecimiento en los grupos tratados con campos magnéticos de 7 mT. De esta manera, Jin et al (2019), al tratar plántulas jóvenes de *Arabidopsis* con intensidades de 300 mT y 600 mT en diferentes direcciones de campos magnéticos, evidenciaron un crecimiento significativo de las raíces al ser tratadas con 600 mT.

Por otro lado, la historia nos indica que las

legumbres como los cereales fueron las primeras plantas domesticadas por la humanidad. Siendo, el frijol, uno de los alimentos más antiguos. Actualmente, en el Perú se producen 272,236 toneladas de menestras al año, de las cuales 89.838 (33%) corresponde a frijoles (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2018). Esto sumado a su alto contenido nutricional, con más de 20% de proteínas, convierte al frijol en el alimento más consumido por los pobladores en el menú diario (Barreto, 2021).

En el Perú, en la Región de Amazonas, provincia de Bongara, se ubica el distrito de Valera, el cual tiene como actividad económica más importante a la agricultura. Resaltando el cultivo de frijol vida o floribamba y frijol pinto que es una de las variedades del frijol común (*Phaseolus vulgaris*) que es cultivado por los agricultores del distrito para consumo, sin embargo, a lo largo del tiempo, la producción de este cultivo ha ido disminuyendo, siendo una de las causas la degradación de las semillas por el uso constante de fertilizantes y abonos químicos.

Este método de trabajo tradicional, en el cual se emplea sustancias tóxicas para el tratamiento y estimulación de las semillas genera un alto costo de inversión en la presembrado. Por ello, el método planteado en la investigación, incluye un nuevo procedimiento para estimular las semillas de frijol a un menor costo y de una manera fácil de utilizar, pero sobre todo amigable con el medio ambiente. Es así, que se propone aplicar la intensidad de los campos magnéticos con un tiempo de exposición a las semillas y plantulas, para lograr resultados significativos en su tratamiento (Sarraf et al., 2020) y optimizar el proceso de desarrollo de las plántulas de forma ambientalmente fiable, asequible y a bajo costo.

El presente trabajo, se realizó con el objetivo de determinar la influencia del campo magnético en el crecimiento y desarrollo de las semillas de frijol pinto (*Phaseolus vulgaris*), realizada en el distrito de Valera, 2021. Demostrándose, que los campos magnéticos son una herramienta útil y natural, para mejorar las variables fisicoquímicas y biológicas de las plantas (Aranzazu, 2019).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación Geográfica

El trabajo de investigación se desarrolló en el distrito de Valera, Provincia de Bongará, ubicado en el

Departamento de Amazonas, en el norte del Perú. Valera limita por el norte con el distrito de Churuja y el distrito de San Carlos; por el este con el distrito de Jumbilla; por el sur con la provincia de Chachapoyas y; por el oeste con la provincia de Luya. Tiene una extensión de 90.14 km² y tiene una población estimada mayor a 1000 habitantes (INEI, 2018). Su capital es San Pablo. El pueblo de San Pablo, se encuentra ubicado a una altitud de 1,934 m.s.n.m., teniendo como coordenadas geográficas 05°53'45" de Latitud Sur y 78° 13'31" de longitud Oeste. Su densidad poblacional estimada es de 11.6 habitantes/Km². Se encuentra ubicada a una altura de 1934 msnm.



Figura 1. Ubicación geográfica del distrito de Valera

Población, muestra y muestreo

La población fue conformada por las semillas de frijol pinto (*Phaseolus vulgaris*) que se recolectaron de los sembríos de los productores del distrito de Valera. La muestra estuvo constituida por las

semillas de frijol pinto (*Phaseolus vulgaris*) seleccionadas para la parte experimental. El muestreo se realizó a criterio del investigador, seleccionándose las semillas con similar apariencia y lo más homogéneo posible.

Influencia del campo magnético

Diseño

En el experimento se empleó un arreglo bifactorial (intensidad x tiempo), Factor A x Factor B. Se aplicó en la fase de crecimiento de las plántulas de frijol pinto las siguientes intensidades de campo magnético: en el Factor A: Intensidad de campo Magnético (0 mT, 20mT, 50 mT), donde A1=0 mT, A2=20 mT y A3=50mT. En el Factor B: Tiempo de exposición (5 horas, permanente), donde B1= 5 h y B2= permanente. El diseño fue completamente al azar con 6 repeticiones.

Condicionamiento del material experimental para la evaluación del crecimiento

El material experimental estuvo compuesto por el suelo agrícola y las semillas de frijol Pinto (*Phaseolus vulgaris*). Las cuales fueron expuestas a diferentes intensidades de campos magnéticos según el diseño experimental. Para el análisis del crecimiento de las plántulas de frijol pinto, se colocaron 3 semillas por recipiente que contenían el Tabla 1, se evidencia los resultados del análisis de comparaciones Tukey para el factor longitud de raíz. Donde las medias de los tratamientos anuncian que la media a la exposición de 50 mT (CT1) y AT1

suelo agrícola. En cada recipiente se utilizó 200 g de suelo, humedecido con 50 ml de agua destilada y al colocar las semillas de frijol pinto se cubrirían con una capa de 3 cm de suelo, añadiéndole finalmente 20 ml de agua destilada. Trascurrido las 24 horas se colocaron los recipientes sobre la cara norte de un imán. Los recipientes estuvieron expuestos a temperatura diurna entre 15°C y 27 °C y a temperatura nocturna entre 13°C y 20 °C. Los resultados finales se registraron al transcurrir 15 días

Análisis de datos

Se utilizó el programa estadístico Minitab para analizar los datos. Luego, se verificó el cumplimiento de los supuestos de normalidad y homogeneidad de los datos. Finalmente, se realizó el análisis de varianza (ANOVA) y las medias fueron comparadas mediante la prueba de Tukey

RESULTADOS

muestra diferencias significativas en el crecimiento de frijol. Mientras que las demás medias comparten las letras A y B teniendo medias iguales.

Tabla 1. Comparaciones emparejadas de Tukey para la variable longitud de raíz vs los tratamientos

Tratamiento	N	Media	Agrupación		
CT1 (50 mT 5h)	30	12.176	A		
CT2 (50 mT p)	30	11.979	A	B	
BT2 (20 mT p)	30	11.960	A	B	
BT1(20 mT 5h)	30	11.067	A	B	C
AT2 (0 mT p)	30	10.161		B	C
AT1 (0 mT 5h)	30	9.406			C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Tabla 2, se evidencia los resultados del análisis de comparaciones Tukey para el factor longitud de tallo, donde el tratamiento CT2, CT1 y BT1 muestra

diferencias significativas entre los demás tratamientos. Con respecto al tratamiento BT2 y AT2 se observa que comparten las medias.

Tabla 2. Comparaciones emparejadas de Tukey para la variable longitud de tallo vs los tratamientos

Tratamiento	N	Media	Agrupación	
CT2 (50 mT p)	30	24.000	A	
CT1(50 mT 5h)	30	23.270	A	
BT1(20 mT 5h)	30	22.887	A	
BT2(20 mT p)	30	22.110	A	B
AT2(0 mT p)	30	21.641	A	B
AT1(0 mT 5h)	30	20.028	B	

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Tabla 3, se evidencia los resultados del análisis de comparaciones Tukey para el factor número de hojas, donde se evidencia que no existe diferencias significativas entre los demás tratamientos. Todas

las medias comparten la misma letra y no difieren una de la otra. Con respecto al número de brotes para todos los tratamientos fueron iguales.

Tabla 3. Comparaciones emparejadas de Tukey para la variable número de hojas vs los tratamientos

Tratamiento	N	Media	Agrupación
CT2(50 mT p)	30	2.211	A
BT2(20 mT p)	30	2.2000	A
CT1(50 mT 5h)	30	2.1556	A
BT1(20 mT 5h)	30	2.0667	A
AT2(0 mT p)	30	1.9333	A
AT1(0 mT 5h)	30	1.9333	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

DISCUSIÓN

Los resultados de la investigación mostraron el efecto de los campos magnéticos en el desarrollo de las raíces y del tallo de las plántulas de frejol pinto en los primeros 15 días de su germinación, lo que se puede corroborar con (Salehi & Sharafi, 2015), en el experimento se puede observar que la intensidad de los campos magnéticos influyen favoreciendo el desarrollo de las plántulas, mencionado también por (Iqbal et al., 2016), donde indica que los campos magnéticos tienen un efecto estimulante en el proceso germinativo de las semillas sobre todo en las primeras etapas de su crecimiento, lo que queda demostrado que en los resultados de la investigación realizada se observó que existen efectos significativos para los tratamientos de la longitud de raíz CT1, tratados con 50 mT de intensidad de campo magnético y con un tiempo de exposición de 5 horas. Observándose efectos estimulantes en las diferentes

variables biológicas, biofísicas y bioquímicas que influyen el desarrollo de las plántulas de frijol, teniendo correspondencia con (Gutiérrez et al., 1969).

El uso de los campos magnéticos en diferentes tipos de tratamientos, afirman que se puede utilizar como una técnica para mejorar el tratamiento de semillas y plántulas de carácter agronómico o forestal, el cual se podría implementar su uso de una forma sencilla y fácil de manipular sin generar ningún daño para el agricultor, brindado cierto nivel de protección contra los efectos nocivos que dañen los recursos naturales y el medio ambiente (Zepeda-Bautista et al., 2019). Con respecto al número de hojas evaluadas en las plántulas de frejol no presento diferencias significativas, todas las medias fueron iguales. En tanto se sugiere que nuevos estudios se evalué por un tiempo más prolongado.

Influencia del campo magnético

CONCLUSIONES

Los campos magnéticos han influido en los tratamientos, mostrando diferencias significativas para el crecimiento de la raíz y longitud de tallo. Mientras que para el número de brotes y hojas todas las medias fueron iguales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aranzazu, J. (2019). Análisis del efecto del tratamiento magnético sobre la actividad enzimática en semillas de maíz (*Zea mays* L.). Medellín Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/75611>
- Araujo, S. D. S., Paparella, S., Dondi, D., Bentivoglio, A., Carbonera, D., & Balestrazzi, A. (2016). Physical methods for seed invigoration: advantages and challenges in seed technology. *Frontiers in Plant Science*, 7, 646. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00646>
- Baghel, L., Kataria, S., & Guruprasad, K. N. (2016). Static magnetic field treatment of seeds improves carbon and nitrogen metabolism under salinity stress in soybean. *Bioelectromagnetics*, 37(7), 455–470. <https://doi.org/10.1002/bem.21988>
- Barreto Carbajal, J. S. (2021). Influencia de las fases de la luna en la infestación de insectos plaga y rendimiento del frijol *Phaseolus vulgaris* L. variedad Canario, Pachachaca Abancay.
- Braga, R. A., Azevedo, R. L. D., Guimarães, R. M., & Reis, L. V. (2020). Magnetic field in coffee seed germination. *Ciência e Agrotecnologia*, 44. <http://dx.doi.org/10.1590/1413-7054202044003920>
- Cakmak, T., Dumlupinar, R. y Erdal, S. (2010). Aceleración de la germinación y crecimiento temprano de plántulas de trigo y frijol cultivadas bajo diversas condiciones osmóticas y de campo magnético. *Bioelectromagnetismo: Revista de la Sociedad de Bioelectromagnetismo, Sociedad de Regulación Física en Biología y Medicina, Asociación Europea de Bioelectromagnetismo*, 31 (2), 120-129. <https://doi.org/10.1002/bem.20537>
- Carbonell, M. V., Flórez, M., Martínez, E., & Álvarez, J. (2017). Aportaciones sobre el campo magnético: historia e influencia en sistemas biológicos. *Intropica*, 12(2). <https://doi.org/10.21676/23897864.2282>
- Elías-Vigaud, Y., Rodríguez-Fernández, P., Fung-Boix, Y., Isaac-Aleman, E., Ferrer-Dubois, A., & Asanza-Kindelán, G. (2020). Producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) en casa de cultivo semiprotegido bajo riego con agua magnetizada. *Ciencia en su PC*, 1, 75-86.: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181363107006>
- Gutiérrez, A. M., Torres, C., & Díaz, J. E. (1969). Incidencia de campos magnéticos en la germinación, crecimiento y fl ora microbiana en plántulas de *Brachiaria humidicola*, *Panicum maximum* y *Zea maiz*.

- Revista de Ciencias, 18(1), 9.
<https://doi.org/10.25100/rc.v18i1.466>
- INEI. (2018). III Censo De Comunidades Nativas 2017: Resultados definitivos. Inei, 1, 1–1311.
- Iqbal, M., Haq, Z. ul, Jamil, Y., & Nisar, J. (2016). Pre-sowing seed magnetic field treatment influence on germination, seedling growth and enzymatic activities of melon (*Cucumis melo* L.). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 6, 176–183. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bcab.2016.04.001>
- Jin, Y., Guo, W., Hu, X., Liu, M., Xu, X., Hu, F., & Huang, J. (2019). Static magnetic field regulates *Arabidopsis* root growth via auxin signaling. *Scientific reports*, 9(1), 1-14. | <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50970-y>
- Kangué, A. F., & Fabre, T. B. (2020). Evaluación de los parámetros fisiológicos y físicos de semillas de cuatro variedades locales de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Ojeando la Agenda*, (64), 4.
- Lasso-Rivas, N. (2019). Efectos positivos del campo magnético en plantas cultivadas. *Intropica*, 14(2), 160-170. <http://dx.doi.org/10.21676/23897864.3066>
- Milla, J. M. C., Baldera, N. S., & Horna, D. A. (2019). Efecto del campo magnético de imanes orientados según el campo terrestre en la germinación y crecimiento de la plántula de *Lycopersicon esculentum* Mili, “tomate”, Chachapoyas 2015. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 1(2), 45-49. DOI: <http://dx.doi.org/10.25127/ucni.v3i2.318>
- Martínez, E., Florez, M., & Carbonell, M. V. (2017). Stimulatory effect of the magnetic treatment on the germination of cereal seeds. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 2(1), 375-381. <http://dx.doi.org/10.22161/ijeab/2.1.47>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], Legumbres. Pequeñas semillas, grandes soluciones. FAO. <https://www.fao.org/3/ca2597es/CA2597ES.pdf>
- Salehi Arjmand, H. y Sharafi, S. (2015). Efecto del campo magnético en la germinación de semillas y el crecimiento temprano de *Calendula officinalis* L. *Revista de plantas ornamentales*, 5 (2), 91-96.
- Sarraf, M., Kataria, S., Taimourya, H., Santos, L. O., Menegatti, R. D., Jain, M., Ihtisham, M., et al. (2020). Magnetic Field (MF) Applications in Plants: An Overview. *Plants*, 9(9), 1139. <https://doi.org/10.3390/plants9091139>
- Sonco Quisbert, K. (2020). Efecto de magnetización en la germinación de semillas de acelga (*Beta vulgaris*) en el Centro Experimental de Cota Cota (Doctoral dissertation).
- Torres, A. D. S., León, E. P., & Fernández, R. C.

Influencia del campo magnético

(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.

Torres, J., Aranzazu-Osorio, J., & Restrepo-Parra, E. (2019). Favourable and unfavourable effect of homogeneous static magnetic field on germination of *Zea mays* L (maize) seeds. *J Agric Sci*, 11, 90. <https://doi.org/10.5539/jas.v11n2p90>

Ulgen, C., Yıldırım, A. B., & Turker, A. U. (2017). Effect of Magnetic Field Treatments on Seed Germination of *Melissa officinalis* L. *International Journal of Secondary Metabolite*, 4(3, Special Issue 1), 43-49. <https://doi.org/10.21448/ijsm.356283>

Zepeda-Bautista, R., Virgen-Vargas, J., Suazo-López, F., Domínguez-Pacheco, F. A., Rodríguez-Rebollar, H., & Hernández-Aguilar, C. (2019). Campo electromagnético en plántulas, rendimiento y calidad de maíz en condiciones de campo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(3), 629–642. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i3.15>

