

# Mejora de semillas de tomate bajo estrés salino mediante el campo electromagnético

Avila Arroyo Jared Osmar<sup>1</sup>, Hernández Aguilar Claudia<sup>2</sup>, Domínguez Pacheco Flavio Arturo<sup>3</sup>  
Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica  
Email: Avilajared5@gmail.com

**Resumen**— La germinación de semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum*) enfrenta diversos desafíos, siendo uno de ellos las condiciones de estrés salino. Por lo tanto, este estudio evaluó el efecto del campo electromagnético en la germinación de semillas bajo condiciones salinas y sin salinidad, siendo tratadas con un campo electromagnético de 5 mT durante 3 y 4 minutos.

Los resultados indican que la exposición al campo electromagnético no mejoró la germinación en semillas sin condiciones salinas en comparación con el control. Sin embargo, en presencia de estrés salino y una exposición al campo electromagnético por 3 minutos con intensidad de 5 mT aumentó la germinación hasta un 6.3% respecto al control, lo que sugiere una reducción de los efectos adversos de la salinidad y una posible potenciación de los efectos del campo electromagnético. En contraste, el mismo tiempo de exposición sin condiciones de estrés salino resultó en una reducción del 28.95% en la germinación

Estos hallazgos sugieren que el campo electromagnético puede ser una herramienta eficaz para mitigar los efectos negativos de la salinidad en los cultivos, promoviendo un aumento en la germinación de semillas y contribuyendo a una agricultura más sostenible.

**Palabras Clave** — Campo electromagnético, estrés salino, germinación, tomate.

**Abstract**- The germination of tomato seeds (*Lycopersicon esculentum*) faces various challenges, one of which is saline stress conditions. Therefore, this study evaluated the effect of the electromagnetic field on seed germination under saline and non-saline. The seeds were treated with a 5 mT electromagnetic field for 3 and 4 minutes.

The results indicate that exposure to the electromagnetic field did not improve germination in seeds without saline conditions compared to the control. However, in the presence of salt stress, a 3-minute exposure to the electromagnetic field at an intensity of 5 mT increased germination by up to 6.3% compared to the control, suggesting a reduction in the adverse effects of salinity and a possible enhancement of the electromagnetic field's effects. In contrast, the same exposure time under non-saline conditions resulted in a 28.95% reduction in germination.

These findings suggest that the electromagnetic field can be an effective tool to mitigate the negative effects of salinity on crops, promoting an increase in seed germination and contributing to more sustainable agriculture.

## I. INTRODUCCIÓN

El tomate en México tiene una historia de más de 2600 años, debido a que los pueblos mesoamericanos, como los aztecas cultivaron dicho alimento [1][2]. El tomate tiene una gran relevancia en la gastronomía en nuestra cultura, aportando altos contenidos de licopeno, vitaminas C y A y flavonoides [3]. En la actualidad el tomate es el número 1 en exportación de hortalizas en México [2], con una participación del 25.11% a nivel mundial [4].

Ante la creciente demanda nacional y mundial, es necesario incrementar su producción explorando nuevas alternativas sostenibles como el campo electromagnético que ha demostrado ser una opción no invasiva para las semillas. Estudios previos han reportado aumentos en la tasa de germinación y el peso de las plántulas acondicionándolas con un campo electromagnético estacionario previo a la siembra [5]. Algunas intensidades variables reportadas son; 95 mT, 0.08 T, 0.010T y 0.17 T [5][6][7].

Sin embargo, uno de los desafíos en México, es la salinidad en tierras de riego a una altura de 0 a 30 cm siendo afectados con una salinidad leve más de 2.43 millones representando el 60% de superficie agrícola en nuestro país [8]. Ocasionados problemas como el retraso y disminución significativamente el porcentaje de germinación, además de afectar en el crecimiento de las plantas [9][10][11]. Debido a este problema, el objetivo de esta investigación es evaluar los efectos del campo electromagnético en germinación de semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum*) bajo condiciones salinas en búsqueda de mejorar la germinación y contrarrestar los efectos adversos de este tipo de estrés abiótico.

## II. METODOLOGÍA/DESARROLLO

### A. Materiales

Se utilizaron 2400 semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum*) de la marca Vita (lote #267, empacado en 2023, caducidad en agosto de 2026). Las semillas fueron expuestas a un campo electromagnético de 5 mT mediante un dispositivo específico y colocadas en cajas Petri con papel filtro para mantener la humedad. El experimento se llevó a cabo en una cámara de germinación a 25°C.

**B. Diseño experimental**

Las semillas fueron divididas en 6 grupos (3 tratamientos x 2 condiciones de estrés). Realizando 20 repeticiones de 20 semillas por repetición cada grupo (400 semillas por grupo) siguiendo la norma ISTA [12]. Se evaluó el porcentaje de germinación cada 24 horas durante 4 días, considerando germinadas aquellas semillas con una longitud de radícula de al menos 1 mm.

**C. Prueba de germinación**

Las semillas se dividieron en 2 grupos, el primero se sumergió en agua durante una hora, y el segundo se sumergió en agua con 1 gramo de NaCl antes de ser expuestas al campo electromagnético. Posteriormente se colocaron en cajas Petri agregando 4 ml de agua y se sometieron a la exposición al campo electromagnético (0 minutos, 3 minutos, 4 minutos).

Posteriormente, se mantuvieron en una cámara de germinación con una temperatura promedio de 25°C durante 7 días. Durante este periodo, las semillas fueron observadas desde el tercer día y rehidratadas según sea necesario.

**III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

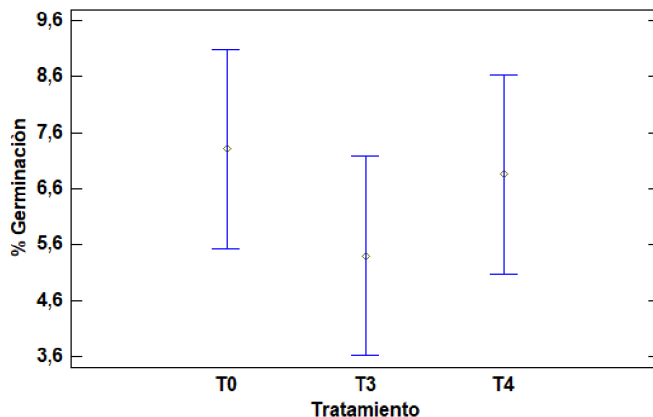
El porcentaje de germinación varía según el tratamiento y condiciones de estrés, encontrando la mayor germinación (38%) en una exposición de 3 minutos (T3) con presencia de salinidad, mientras que el menor porcentaje (27%) se encuentra en una exposición de 3 minutos (T3) sin presencia salina como se observa en la Tabla 1.

**Tabla 1.-** Porcentaje promedio de germinación bajo exposición al campo electromagnético y condiciones salinas (Elaboración propia, 2025)

Tratamiento	Tiempo (min)	Intensidad (mT)	% Germinación
<b>Sin estrés salino</b>			
T0	0	0	36.5
T3	3	5	27
T4	4	5	34.25
<b>Con estrés salino</b>			
T0	0	0	35.75
T3	3	5	38
T4	4	5	31.25

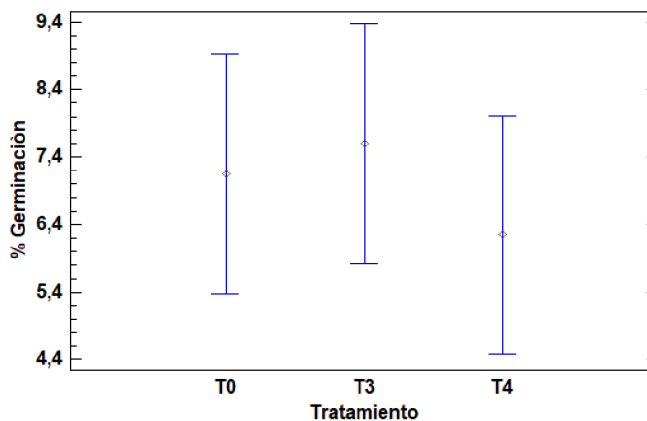
T0: 0 minutos, T3: 3 minutos, T4: 4 minutos.

La Figura 1, nos muestra que el mayor índice de germinación en condiciones sin salinidad se encuentra T0 (36.5%), por otro lado, el menor porcentaje de germinación se encuentra en T3 (27%).



**Figura 1.-** Comparación del porcentaje promedio de germinación en distintos tratamientos sin condiciones de salinas (Elaboración propia mediante Statgraphics, 2025)

Mientras que en la Figura 2, se observa que el mayor índice de germinación ocurrió en T3 (38%) bajo condiciones salinas y el menor índice de germinación se encuentra en T4 (31.25%).



**Figura 2.-** Comparación de medias del porcentaje promedio de germinación en distintos tratamientos en condiciones de salinas (Elaboración propia mediante Statgraphics, 2025)

Por otro lado al observar el porcentaje de germinación diaria podemos ver en la Tabla 2, el mayor porcentaje de germinación (20%) se encuentra en el tratamiento T0 sin condiciones de salinidad, seguido del tratamiento T0 en condiciones salinas con 16.7%.

**Tabla 2.-** Porcentaje promedio de germinación diaria (Elaboración propia, 2025)

Tratamiento	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
<b>Sin estrés salino</b>					
T0	6.2c	20d	6.5bc	3.2ab	0.5a
T3	6.2c	15.2d	3.5bc	1ab	1a
T4	11.7c	13d	7.5bc	1.7ab	0.2a
<b>Con estrés salino</b>					

T0	4b	16.7c	9.2ab	3.7a	2a
T3	9.7b	15.7c	5.2ab	2.2a	5a
T4	9.5b	12c	6.7ab	1.7a	1.2a

T0: 0 minutos, T3: 3 minutos, T4: 4 minutos.

De manera paralela, la Figura 3 muestra que los mayores porcentajes de germinación se registran en los días 3 y 4, disminuyendo progresivamente hasta su punto más bajo en el día 7, con excepción de T3 bajo condiciones salinas, que obtuvo un 5% de germinación.

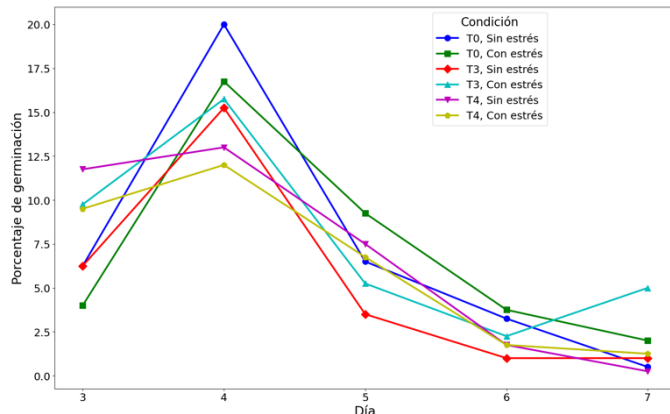


Figura 3.- Comparación del porcentaje de germinación diaria promedio (Elaboración propia mediante Python, 2025)

El experimento demostró que la exposición de 3 minutos al campo electromagnético bajo condiciones salino obtuvo el mayor porcentaje de germinación (38%) en comparación a los demás tratamientos. Estos resultados son consistentes con reportes anteriores quienes observaron una germinación más temprana y un aumento significativo en el porcentaje de germinación tras la aplicación de campos electromagnéticos [5][6].

Además, en investigaciones en distintas semillas como el maíz han demostrado efectos similares, aumentando el peso en seco de las semillas y la reducción del tiempo de emergencia [13].

En contraste, el mismo tratamiento sin estrés salino obtuvo el menor porcentaje de germinación (27%). Esto podría indicar que el acondicionamiento hídrico en condiciones de salinidad, favorece la absorción de los efectos del campo electromagnético. En coincidencia con lo reportado en la germinación en semillas de maíz y soja bajo diferentes niveles de salinidad (0-100 mM NaCl) con una exposición al campo electromagnético de 200 mt durante 1 hora [14].

La implementación del campo electromagnético podría ser una opción viable para mejorar germinación en condiciones salinas sin recurrir al uso de tratamientos químicos. Siendo un aspecto relevante en México, debido que, en el estado de Sonora, se identificó que el 43% de los agroquímicos utilizados

eran plaguicidas altamente peligrosos [15]. Por ello adoptar alternativas que contribuya a la producción sostenible de tomate en regiones afectadas por salinidad.

Sin embargo, este estudio presenta limitaciones ya que se evaluó una sola intensidad (5 mT). Estudios futuros podrían evaluar distintas intensidades como 3, 15, 20, 40 mT, las cuales han demostrado una aceleración y aumento del porcentaje de germinación [16][17].

#### IV. CONCLUSIONES

El experimento demostró que la exposición al campo electromagnético durante 3 minutos bajo condiciones salinas mejoró el porcentaje de germinación en las semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum*) hasta en un 6.3%, alcanzando un total de 38% en comparación de las semillas control sin condiciones de salinidad (36.4%). Sin embargo, el mismo tratamiento sin condiciones de salinidad obtuvo el menor porcentaje de germinación (27%), lo que sugiere que las condiciones de salinidad potencian el efecto del campo electromagnético.

Estos resultados nos demuestran que el campo electromagnético podría ser una alternativa viable para mitigar los efectos adversos de un suelo salino, reduciendo el uso de agroquímicos. Sin embargo, se recomienda realizar más experimentos evaluando distintas condiciones de salinidad e intensidades del campo electromagnético observando el crecimiento de las plántulas hasta la cosecha.

#### REFERENCIAS

- [1] SIAP, Tomate rojo o jitomate: ¿cómo lo llaman donde radicas?, Gobierno de México, 2017.
- [2] Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADR), El jitomate, hortaliza mexicana de importancia mundial, Gobierno de México, 2022, p. 1.
- [3] J. K. Willcox, G. L. Catignani y S. Lazarus, 'Tomatoes and Cardiovascular Health', Critical Reviews in Food Science and Nutrition, vol. 43, 2003, pp. 1-18.
- [4] Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Planeación Agrícola Nacional (2017-2030), Gobierno de México, 2017.
- [5] E. Martínez, M. V. Carbonell, M. Flóres et al., 'Germination of tomato seed (*Lycopersicon esculentum* L.) under magnetic field', International Agrophysics, vol. 23, 2009, pp. 45-49.
- [6] R. Casate Fernández, E. Porras León y A. De Souza-Torres, Efecto del tratamiento magnético de semillas de tomate ("*Lycopersicon esculentum*" Mill) sobre la germinación y el crecimiento de las plántulas, 2014.
- [7] N. V. de Medeiros Raposo, Y. Fung Boix, C. E. Martínez Manrique et al., 'Efectos del campo magnético estático y electromagnético de baja inducción magnética en la germinación de *Adenantha pavonina* L.', Investigación y Saberes, vol. 3, 2013, pp. 24-33.

- [8] Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADR), La salinidad es la concentración elevada de sal en suelos. Algunos son naturalmente salinos y otros son afectados por actividades antrópicas, 2021.
- [9] V. Goykovic Cortés y G. Saavedra Del Real, 'Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo', *Idesia (Arica)*, vol. 25, 2007, pp. 47–58.
- [10] D. Camejo y W. Torres, 'La salinidad y su efecto en los estadios iniciales del desarrollo de dos cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill)', *Cultivos Tropicales*, vol. 21, 2000, pp. 23–26.
- [11] FAO, El manejo de suelos afectados por salinidad, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- [12] International Seed Testing Association (ISTA), International Seed Testing Association, 2016.
- [13] A. Domínguez, C. Hernández, A. Cruz et al., 'Semilla de maíz bajo la influencia de irradiación de campos electromagnéticos', *Revista Fitotecnia Mexicana*, vol. 33, 2010, pp. 183–188.
- [14] S. Kataria, L. Baghel y K. N. Guruprasad, 'Pre-treatment of seeds with static magnetic field improves germination and early growth characteristics under salt stress in maize and soybean', *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, vol. 10, 2017, pp. 83–90.
- [15] Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INEEC), Diagnóstico del programa de fertilizantes, 2022.
- [16] J. Jedlička, O. Paulen y Š. Ailer, 'Research of effect of low frequency magnetic field on germination, growth and fruiting of field tomatoes', *Acta Horticulturae Regiotect*, vol. 18, 2015, pp. 1–4.
- [17] H. Feizi, H. Sahabi, P. Rezvani Moghaddam et al., 'Impact of intensity and exposure duration of magnetic field on seed germination of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.)', *Notulae Scientia Biologicae*, vol. 4, 2012, pp. 116–120.