

# UV-C y Bioactivos para Mejorar la Calidad de Semillas

Joel Eduardo Valencia Hernandez , Claudia Hernandez Aguilar, Flavio Arturo Dominguez Pacheco , Juana I. Méndez-Garduño, Pedro Ponce, Raúl Romero Galindo

Institución: Instituto Politécnico Nacional

Email: [joel.e.valencia@hotmail.com](mailto:joel.e.valencia@hotmail.com)

URL ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6065-7990>

**Resumen**— El tratamiento de semillas con luz UV-C y la aplicación de compuestos naturales ha sido explorado como una estrategia para mejorar la calidad fisiológica y el desempeño agronómico. En este estudio, se evaluó el efecto de diferentes tiempos de exposición a UV-C (10, 15 y 20 minutos) en combinación con tres concentraciones de un compuesto bioactivo (1%, 2% y 3%) sobre la temperatura de las semillas, la tasa de germinación y el desarrollo de plántulas. Se registraron cambios térmicos durante y después del tratamiento, los cuales influenciaron el comportamiento germinativo. Los resultados mostraron que la combinación de UV-C (10 min) con el compuesto bioactivo (2%) tuvo un impacto significativo en la temperatura de las semillas y en la posterior emergencia de plántulas. La tasa de germinación y la altura promedio de las plántulas presentaron diferencias entre los tratamientos, sugiriendo que la interacción entre UV-C y el compuesto bioactivo puede optimizar el rendimiento de las semillas tratadas. Los estudios futuros deberían centrarse en evaluar el impacto de estos tratamientos en diferentes especies y condiciones ambientales, además de caracterizar los mecanismos fisiológicos subyacentes.

The treatment of seeds with UV-C light and the application of natural compounds has been explored as a strategy to improve physiological quality and agronomic performance. This study evaluated the effect of different UV-C exposure times (10, 15, and 20 minutes) in combination with three concentrations of a bioactive compound (1%, 2%, and 3%) on seed temperature, germination rate, and seedling development. Thermal changes were recorded during and after treatment, influencing germinative behavior. The results showed that the combination of UV-C (10 min) with the bioactive compound (2%) had a significant impact on seed temperature and subsequent seedling emergence. The germination rate and the average height of the seedlings differed among treatments, suggesting that the interaction between UV-C and the bioactive compound can optimize the performance of treated seeds. Future studies should focus on evaluating the impact of these treatments on different species and environmental conditions, as well as characterizing the underlying physiological mechanisms.

**Palabras Clave** — Germinación, radiación UV-C, bioestimulación, crecimiento vegetal, calidad de semilla.

## I. INTRODUCCIÓN

La germinación de semillas es un proceso fundamental en la agricultura que determina el éxito del cultivo y su posterior desarrollo. Diversos factores pueden influir en la calidad de las semillas, entre ellos, los tratamientos pre-germinativos como la radiación UV-C y los tratamientos con cúrcuma. La radiación UV-C ha demostrado ser efectiva en la mejora de las tasas de germinación y el crecimiento de las plántulas, como lo indican Araujo et al. [1], quienes reportan tasas de germinación de entre 87-98% con dosis de UV-C de 31.1 kJ m<sup>2</sup>. Además, un aumento en la dosis de UV-C ha sido asociado con una reducción significativa en la incidencia de hongos en semillas de soja [2]. Entre otros métodos físicos que mejoran la calidad sanitaria de la semilla como la luz láser, el campo electromagnético; la luz UV-C es la más utilizada para mejorar la calidad sanitaria de semilla, pero su mejora en calidad fisiológica sigue siendo motivo de numerosos estudios. Asimismo, existe una tendencia actual a aplicar métodos híbridos diversos en el mejoramiento de semillas [3-7].

Por otro lado, la cúrcuma, conocida por sus propiedades antimicrobianas y antioxidantes, se ha utilizado para mejorar la sanidad de las semillas. En otro estudio[8] se demostró que la aplicación de extracto de cúrcuma en concentraciones de 50 a 200 mL L<sup>-1</sup> controla eficazmente patógenos como *Fusarium spp.* y *Colletotrichum dematium* en soja, sin afectar la germinación. En el caso de las semillas de lenteja, Hernández-Aguilar et al. [9] documentan que la exposición a UV-C puede provocar daños en estructuras de la semilla, aunque al mismo tiempo puede aumentar el contenido de flavonoides, sugiriendo que un tratamiento adecuado en tiempo, intensidad, dosis de irradiación y características de la semilla agrícola podría mejorar en sus atributos de calidad, fisiológica, nutritiva, sanitaria y ante condiciones de estrés de esta.

## II. JUSTIFICACIÓN

A pesar de la creciente evidencia sobre los beneficios de los tratamientos de UV-C y cúrcuma, la interacción entre estas prácticas y su efecto combinado en la germinación de semillas de lenteja y soja aún no ha sido completamente explorada. Este estudio busca llenar ese vacío al investigar cómo diferentes pre-tratamientos UV-C y tratamientos con cúrcuma

influyen en las tasas de germinación y las propiedades térmicas obtenidas de estas semillas. La identificación de los parámetros óptimos de tratamiento puede aportar información valiosa para el desarrollo de protocolos de tratamiento de semillas que maximicen la germinación y mejoren la calidad de las plántulas.

La investigación no solo contribuye al entendimiento del impacto de los tratamientos pre-germinativos, sino que también ofrece un enfoque integral para desarrollar prácticas agrícolas más sostenibles. Al optimizar los métodos que potencian la salud y el rendimiento de las semillas, se puede avanzar hacia una agricultura más eficiente y capaz de enfrentar los desafíos que plantea el cambio climático y la resistencia a patógenos. Este estudio tiene implicaciones prácticas para agricultores y profesionales en el sector agrícola que buscan mejorar la productividad y la calidad de sus cultivos mediante el uso de técnicas innovadoras. Enfoques sistémicos que conduzcan a contribuciones sostenibles en la agricultura es de importancia para detener procesos destructivos del suelo, ambiente y en consecuencia la producción futura del alimento. El detener el empleo de químicos es relevante para la salud de la población tanto de consumidor como de productor.

### III. METODOLOGÍA/DESARROLLO

Para evaluar los efectos de los tratamientos en la tasa de germinación de las semillas, se llevaron a cabo ensayos controlados en condiciones de laboratorio. Se seleccionaron semillas homogéneas y se dividieron en diferentes grupos de tratamiento, aplicando tiempos de exposición variables. Posteriormente, las semillas fueron sembradas en un ambiente controlado, manteniendo condiciones constantes de humedad, temperatura y luz.

El monitoreo de la germinación se realizó diariamente durante un periodo establecido, registrando el número de semillas germinadas en cada tratamiento. Los datos obtenidos fueron utilizados para calcular la tasa de germinación mediante diferentes fórmulas, considerando tanto el porcentaje final como la velocidad de germinación a lo largo del tiempo.

Las fórmulas empleadas para la determinación de los datos de calidad en la germinación son las siguientes[10]:

#### Porcentaje de germinación (%G) (1)

$$\%G = \left(\frac{N}{N_t}\right) \times 100$$

Donde:

- N es el número total de semillas germinadas al final.
- $N_t$  es el número total de semillas sembradas.

#### Índice de Velocidad de Germinación (IVG) (2)

$$IVG = \sum \frac{G_i}{T_i}$$

Donde:

- $G_i$  es el número de semillas germinadas en el día  $i$ .
- $T_i$  es el tiempo en días desde la siembra hasta la germinación de  $G_i$ .

#### Tiempo Medio de Germinación (TMG) (3)

$$TMG = \frac{\sum G_i * T_i}{\sum G_i}$$

Donde:

- $G_i$  es el número de semillas germinadas en el día  $i$ .
- $T_i$  es el tiempo en días.

#### Tasa de Germinación Relativa (TGR) (4)

$$TGR = \frac{G_t}{T}$$

Donde:

- $G_t$  es el número total de semillas germinadas.
- T es el número de días en los que ocurrió la germinación.

Estas ecuaciones permiten cuantificar y comparar la respuesta germinativa de las semillas en función de los diferentes tratamientos aplicados. Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis estadísticos para determinar diferencias significativas entre tratamientos y evaluar su impacto en la tasa de germinación.

### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En términos de tasa de germinación, los tratamientos con UV-C presentaron un incremento en comparación con el control, siendo más evidente en los tiempos de exposición intermedios. La adición del compuesto bioactivo reforzó este efecto, destacando la combinación de 10 minutos de UV-C con 2% de compuesto bioactivo como el tratamiento con mayor tasa de germinación. Esto sugiere que la interacción entre ambos factores puede potenciar la respuesta de las semillas, posiblemente debido a la estimulación de procesos bioquímicos que favorecen la activación metabólica.

En cuanto al desarrollo de plántulas, se observó que los tratamientos con UV-C promovieron un mayor crecimiento en altura en comparación con el control (Figura 1). Sin embargo, los tratamientos combinados con el compuesto bioactivo mostraron una mejor uniformidad en el desarrollo, indicando una posible reducción del estrés abiótico inducido por la

irradiación. Los valores más altos de altura promedio se encontraron en el tratamiento de 15 minutos de UV-C y 10 minutos con 1% de compuesto bioactivo, sugiriendo que esta combinación optimiza el equilibrio entre estimulación y protección de las semillas.

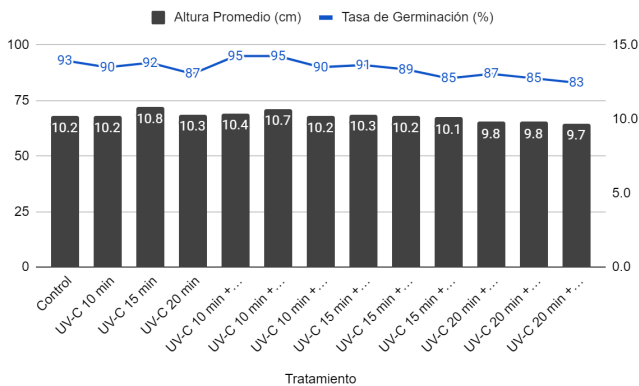


Figura 1.- Altura promedio y tasa de germinación de semillas.

Los resultados mostraron que la aplicación de UV-C generó un aumento en la temperatura de las semillas durante la fase de exposición, seguido de un proceso de enfriamiento posterior (Figura 2). Sin embargo, la combinación de UV-C con cúrcuma modificó significativamente este comportamiento térmico, dependiendo del tiempo de exposición a UV-C y la concentración del compuesto bioactivo.

Durante los primeros 30 segundos de exposición a UV-C, las semillas sometidas a tratamientos más prolongados (15 y 20 minutos) alcanzaron temperaturas más altas en comparación con aquellas expuestas por menos tiempo (10 minutos). Sin embargo, cuando se aplicó cúrcuma en diferentes concentraciones (1%, 2% y 3%), se observó una moderación en el incremento de temperatura, lo que sugiere un efecto protector del compuesto sobre la absorción y disipación del calor.

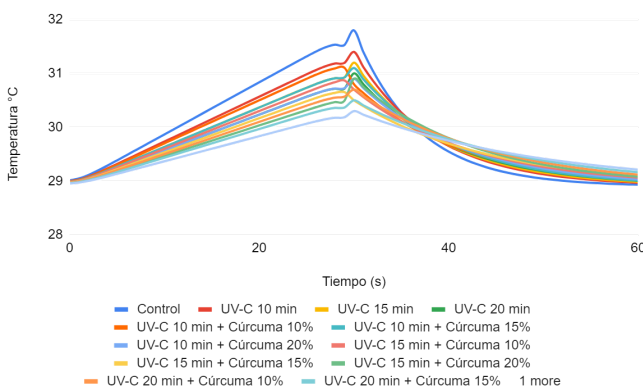


Figura 2.- Efectos de la temperatura

En la fase de enfriamiento (posterior a la exposición UV-C), los tratamientos con cúrcuma retrasaron la pérdida de temperatura en comparación con las semillas tratadas únicamente con UV-C. Este efecto fue más pronunciado en las concentraciones de cúrcuma al 2%, lo que podría indicar que el compuesto bioactivo actúa como un regulador térmico, reduciendo el impacto del estrés térmico sobre las semillas.

## V. CONCLUSIONES

El estudio evidenció que la combinación de radiación UV-C y cúrcuma impacta significativamente en la temperatura de las semillas, la tasa de germinación y el desarrollo de plántulas. Se observó que el UV-C incrementó la temperatura inicial de las semillas, mientras que la cúrcuma ayuda a regular el enfriamiento, sugiriendo un efecto protector. Además, los tratamientos combinados mejoraron la tasa de germinación y promovieron un crecimiento más uniforme y vigoroso de las plántulas, destacándose la combinación de 10 minutos de UV-C con 2% de cúrcuma como la más eficiente. Estos hallazgos sugieren que esta estrategia podría optimizar la calidad fisiológica de las semillas y su rendimiento agronómico, aunque se requieren estudios adicionales para validar su aplicabilidad en diferentes cultivos y condiciones productivas.

## AGRADECIMIENTOS (Heading 5)

Los autores agradecen a CONACYT por el apoyo financiero proporcionado, así como al programa de Biofísicos de Sistemas del Programa de Posgrados en Posdoctorados por su respaldo en esta investigación. Al mismo tiempo a la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la Ciudad de México (SECTEI) por su apoyo y financiamiento, que hicieron posible esta investigación. También reconocen al Tecnológico de Monterrey y al Instituto Politécnico Nacional por proporcionar recursos, instalaciones y orientación académica durante todo el proyecto. Los autores también agradecen el apoyo de los proyectos IPN y SIP. Al Dr. Raúl Romero Galindo como representante del grupo productor de San Pedro Potla quien ha proporcionado el material empleado en la presente investigación.

## DECLARACIÓN ÉTICA

Este estudio se llevó a cabo siguiendo los principios éticos en la investigación, las semillas empleadas en la investigación fueron optimizadas para evitar mal uso de esta. Sujetos de estudio no fueron incorporados en la presente investigación.

REFERENCIAS

- [1] Jéssica Caroline Coppo, J. R. Stangarlin, Thaísa Muriel Mioranza, Sidiane Coltro-Roncato, O. J. Kuhn, and K. Schwan-Estrada. "SANIDADE E GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE SOJA TRATADAS COM EXTRATOS DE PLANTAS E DE FUNGO," 2017. <https://doi.org/10.5327/rcaa.v15i2.1472>
- [2] Rahim Foroughbakhch-Pournavab, Elly Bacópulos-Mejía, and Adalberto Benavides-Mendoza. "EFECTO DE LA IRRADIACIÓN CON UV-C EN LA GERMINACIÓN Y VIGOR DE TRES ESPECIES VEGETALES," 2015. ISSN: 2(5):129-137,2015
- [3] Rodrigo S. L. Araujo, M. E. Araujo, Felipe A. Gomes, Eloiny Guimarães Barbosa, Itamar Rosa Teixeira, and P. C. Corrêa. "Ultraviolet-C Radiation Improves Soybean Physiological and Sanitary Quality. <https://doi.org/10.1080/01140671.2020.1772321>
- [4] C. Hernández-Aguilar, A. Domínguez-Pacheco, Elisa Domínguez-Hernández, Rumen Ivanov Tsonchev, M. D. C. Valderrama-Bravo, and M. L. Alvarado-Noguez. "Effects of UV-C Light and Spirulina Maxima Seed Conditioning on the Germination and the Physical and Nutraceutical Properties of Lentils (*LensCulinaris*)." *International Agrophysics*, 2023 .DOI: <https://doi.org/10.31545/intagr/156025>
- [5] Hernández- Aguilar C., Rodríguez P. C., Dominguez Pacheco F.A., María, H. A. A., Alfredo, C. O., y Aquiles Carballo, C. (2011). Laser light on the mycoflora content in maize seeds. *African Journal of Biotechnology*, 10(46), 9280-9288 DOI: 10.5897/AJB11.605
- [6] Gastélum-Ferro, W. K., Benavides-Mendoza, A., Hernández-Aguilar, C., Peña-Valdivia, C. B., Ramírez, H., & Domínguez Pacheco. F.A. (2015). Maize (*Zea mays* L.) seeds germination irradiated in pre-plant with UV-C in saline stress conditions. *Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan* 3(5), 972-981.
- [7] Hernández-Aguilar, C., Domínguez-Pacheco, A., Cruz-Orea, A., Podlešna, A., Ivanov, R., CARBALLO CARBALLO, A. Q. U. I. L. E. S., ... & López-Bonilla, J. L. (2016). Bioestimulación láser en semillas y plantas. *Botánica*, 73(1), 132-149.
- [8] Hernandez-Aguilar, C., Dominguez-Pacheco, A., Tsonchev, R. I., Cruz-Orea, A., Ordonez-Miranda, J., Sanchez-Hernandez, G., & Perez-Reyes, M. C. J. (2024). Sustainable laser technology for the control of organisms and microorganisms in agri-food systems: a review. *International Agrophysics*, 38(1), 87-119. DOI: <https://doi.org/10.31545/intagr/177513>
- [9] Jayashri, V. &Tomar, G. (2015). Effects of seed priming methods on germination and seedling development of winter maize (*Zeamays* L.). DOI :10.15740/HAS/ARJCI/6.2/88-93. *Res. J. Crop Improv.*, 6(2), 88-93.
- [10] ISTA, (2014). *International Rules for Seed Testing*. International Seed Testing Association, Bassersdorf.