

El efecto de la luz UV-C en maíz amarillo

Fernández-Gutiérrez, Joana Martha¹, Sánchez-Hernández, Gabriela¹, Hernández-Aguilar, Claudia², Domínguez-Pacheco, Flavio Arturo², Pérez-Reyes, María Cristina Julia¹

¹Unidad de Investigación en Granos y Semillas, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México. ²SEPI-ESIME-Zacatenco, Instituto Politécnico Nacional
crisp28@yahoo.com.mx, clauhaj@yahoo.com
URL ORCID: 0000-0002-0952-1510

Resumen— El maíz es el cereal de mayor importancia en México, destinado principalmente a consumo humano y pecuario. El maíz amarillo es ampliamente utilizado en la industria agroalimentaria, pecuaria, almidonera y para autoconsumo. Es importante mitigar el daño causado por fitopatógenos en los granos y semillas, que puede ser perjudicial a la salud humana y animal. Entre los diversos métodos biofísicos utilizados con este fin, se encuentra la irradiación con luz UV-C. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la luz UV-C de 254 nm y una intensidad de 700 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ sobre la calidad fisiológica y sanitaria del maíz amarillo con un pretratamiento de remojo y tres tiempos de exposición (0, 5, 10 y 15 minutos). Los resultados demostraron que el mejor tiempo fue el de 10 minutos, presentando un mayor efecto positivo sobre el índice de evaluación de plúmula (63 mg/plántula), el vigor (14.98 cm) y reducción de la micobiota (58.8%) en comparación con los otros tratamientos y el control. El uso de la luz UV-C junto con un pretratamiento de remojo demostró tener un efecto positivo promoviendo los procesos fisiológicos y mejorando la calidad sanitaria del maíz amarillo.

Palabras Clave — Hongos, irradiación, micobiota, vigor, *Zea mays*

Abstract- Corn is the most important cereal in Mexico, primarily intended for human and animal consumption. Yellow corn is widely used in the agrofood, livestock, starch industries, and self-consumption. It is essential to mitigate the damage caused by phytopathogens in these grains and seeds, which can be harmful to both human and animal health. Among the various biophysical methods used for this purpose is UV-C light irradiation. The objective of this study was to determine the effect of 254 nm UV-C light at an intensity of 700 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ on the physiological and sanitary quality of yellow corn with a pre-soaking treatment and three exposure times (0, 5, 10, and 15 minutes). The results showed that the best exposure time was 10 minutes, which had the most positive effect on the plumule evaluation index (63 mg/seedling), vigor (14.98 cm), and reduction of the mycobiota (58.8%) compared to the other treatments and the control. The use of UV-C light combined with a pre-soaking treatment demonstrated a positive effect by promoting physiological processes and improving the sanitary quality of yellow corn.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays*) es uno de los granos más importantes en México, el maíz blanco se destina principalmente al consumo humano mientras que el amarillo es empleado en la industria de alimentos balanceados para la producción pecuaria, en la industria almidonera y en menor porcentaje para autoconsumo. En componente importante en la alimentación básica del país en diferentes presentaciones (como esquites, atole, tortilla y bebidas fermentadas). El maíz, no solo es utilizado para la obtención de edulcorantes, almidón industrial, etanol y aceites ¹ sino también, se utiliza su forma germinativa como forraje verde hidropónico (FVH), produciendo un forraje de alta digestibilidad y alto valor nutrimental destinado a la alimentación de ganado ².

Con el objetivo de mitigar el deterioro provocado por agentes fitopatógenos, como hongos en maíz y otros granos, se han empleado métodos biofísicos de control o erradicación como el campo electromagnético, luz láser y la luz ultravioleta (UV), los cuales presentan un efecto fungistático ³⁻⁵. Incluso este método puede ser combinado con otros métodos de control contra fitopatógenos que infectan granos y semillas ⁶. Siendo la luz de onda corta (UV-C), que va de los 200 a los 280 nm, la más utilizada para este fin con un pico de acción de 254 nm ⁷.

La acción de la luz UV-C sobre semillas tratadas ha mostrado incrementar la tasa de germinación del maíz, además la temperatura de la radiación promueve condiciones adecuadas para la germinación, ayudando a la ruptura de la cubierta de la semilla promoviendo la rápida imbibición de oxígeno y agua interrumpiendo la dormancia ⁸. Los efectos del tratamiento fungicida utilizando la mezcla de hipoclorito de sodio con luz UV-C han mostrado la reducción de granos infectados por algunas especies de hongos, esto dependiendo del tipo de grano de maíz, el poder de la lámpara de luz UV-C, distancia del grano, intensidad, área y tiempos de exposición a esta luz ⁹. La luz UV-C procedente de lámparas puede ser una alternativa de bajo costo para asegurar la calidad sanitaria de los granos, semillas y alimentos, siempre y cuando se cuiden aspectos como los parámetros de irradiación, tiempo de exposición y el grado de infección de los granos ¹⁰. De este

modo podría ser una estrategia benéfica para mejoramiento de calidad del grano de maíz.

El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la luz UV- C de 254 nm y una intensidad de $700 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ sobre la calidad fisiológica y sanitaria del maíz amarillo con un pretratamiento de remojo y diversos tiempos de exposición (0, 5, 10 y 15 minutos).

II. METODOLOGÍA/DESARROLLO

Procedencia de la muestra

El maíz utilizado para este trabajo corresponde al híbrido Cortesano, cultivado en el ciclo primavera-verano (P-V) 2018 en la comunidad de Santa Úrsula Chiconquiac, municipio de General Felipe Ángeles, Puebla.

Limpieza y homogeneización

Se realizó la limpieza de la muestra de maíz, tamizándolo y eliminando impurezas. Después fue homogeneizada y separada en submuestras para ser sometidas a distintos tratamientos de luz UV-C.

Calidad física y fisiológica

Para determinar la calidad física y fisiológica del maíz amarillo inicial, se determinó el contenido de humedad mediante el método de secado en estufa a una temperatura de 103°C durante 72 horas. Se realizó la prueba de vigor mediante el método de longitud media de la plúmula, colocando 25 semillas en un pliego de papel anchor para germinación No.78 previamente marcado con 5 líneas paralelas en la parte superior, con una distancia de 2 cm (en total 100 semillas con 3 repeticiones). Se enrolló el papel formando tacos de germinación que fueron remojados con agua corriente para hidratar los granos y promover el proceso de germinación incubando a 25°C por siete días. Una vez transcurridos los siete días, se midió la longitud media de plúmula y se determinó el índice de evaluación de la plúmula (IEDP)¹¹.

Irradiación del grano

Los granos de maíz separados en submuestras para su irradiación a diferentes tiempos de exposición a la luz UV-C, se dividieron en cuatro tratamientos: un control en donde el maíz no se irradió (tiempo 0) y los otros tres que se irradiaron por un periodo de 5, 10 y 15 minutos. Las semillas previamente se sometieron a un pre tratamiento de remojo con agua corriente por un total de 24 horas¹².

Para la irradiación de las semillas fue ocupado un prototipo de luz UV-C **Figura 1** diseñado por Hernández-Aguilar y Domínguez-Pacheco, investigadores de la ESIME, Zacatenco del Instituto Politécnico Nacional. Este prototipo cuenta con una cámara de rotación automatizada, contiene tres lámparas de luz UV-C y una malla de cilindro para colocar las muestras. Estas lámparas emiten a una longitud de onda de 254 nm con una intensidad de luz de $700 \mu\text{W}/\text{cm}^2$.



Figura 1.- Prototipo de luz UV-C empleado para la irradiación del grano de maíz amarillo, diseñado en ESIME-Zacatenco (2018).

En la malla del prototipo fueron colocados 2 kg de maíz amarillo tratados con diferentes tiempos de exposición (5, 10 y 15 minutos) a la luz UV-C y se mantuvieron en constante rotación, debido a un sistema automatizado del prototipo.

Prueba de vigor

Para determinar el efecto de los tratamientos en el maíz irradiado y no irradiado se procedió a evaluar la longitud media de plúmula de acuerdo a la metodología antes mencionada. Una vez pasado el tiempo de incubación, se midieron en centímetros el crecimiento de las plántulas normales y las anormales se retiraron. Además, se realizó el conteo de las unidades formadoras de colonias (UFC) de los hongos desarrollados en las plántulas por tratamientos.

Las plántulas normales se separaron de los granos y se metieron en bolsas de papel estraza, se pesaron y posteriormente fueron introducidas en una estufa a 80°C por 24 h. Después se sacaron las plúmulas de las bolsas para pesarlas y obtener los pesos secos de las plántulas y determinar el IEDP.

Análisis estadístico

El diseño experimental se realizó completamente al azar y los resultados se sometieron a un análisis de varianza ANOVA con un nivel de significancia ≥ 0.05 y una comparación de medias empleando la prueba de LSD utilizando el programa SAS® (versión 9., SAS Institute, Cary, N.C.).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observó que en los resultados obtenidos del IEDP el mejor tratamiento con luz UV-C en las semillas fue a los 10 minutos de exposición (63 mg/plántula) en comparación con los tiempos de 5 minutos (55.75 mg/plántula), 15 minutos (54 mg/plántula) y el control (61 mg/plántula) **Figura 2** Presentando una tendencia positiva en el vigor y crecimiento de las plántulas de maíz amarillo a los 10 minutos.

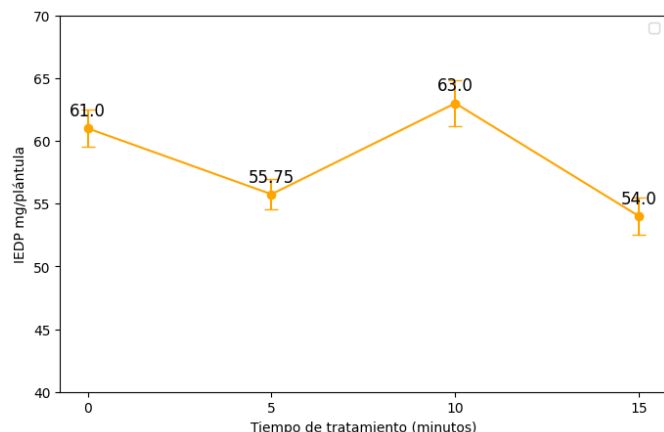


Figura 2.- Índice de evaluación de desarrollo en plántulas (IEDP) de maíz amarillo tratada con luz UV-C a diferentes tiempos de exposición 0, 5, 10 y 15 min.

Los resultados obtenidos en la prueba de longitud media de plúmula y unidades formadoras de colonias en granos de maíz amarillo **Tabla 1** mostraron que el tratamiento de 10 minutos fue el más efectivo, pues se encontraron las plántulas más vigorosas en ese tratamiento (14.98 cm) al compararlas con el 5 minutos (14.26 cm), 15 minutos (13.32 cm) y el control (11.38 cm).

Tabla 1.- Longitud media de plúmula y unidades formadoras de colonias en maíz amarillo tratado con diferentes tiempos de exposición 0, 5, 10 y 15 min.

Tratamiento	Longitud media de plúmula (cm)	Hongos en plántula (% UFC)
0 minutos	11.38 c	51 a
5 minutos	14.26 ba	36 b
10 minutos	14.98 a	30 b
15 minutos	13.32 b	35 b
Error	0.0035	0.0007 **
Media	13.48	38
R ²	0.84	0.85
CV	5.95	12.15

CV: coeficiente de variación; R²: coeficiente de determinación; **: altamente significativo; *: significativo (p< 0.05); ns: no significativo
Medias con letras diferentes en la columna, indican diferencias significativas con la prueba LSD (p< 0.05).

En el vigor se observó un efecto positivo de la luz UV-C que estimula la fisiología de las plántulas, propiciando un óptimo crecimiento de estas. Las UFC presentaron una tendencia mayor a la reducción de los hongos a los 10 minutos en comparación del control con una diferencia de 58.8 %.

En la prueba de longitud media de plúmula se mostró que el tratamiento de 10 minutos de irradiación con luz UV- C fue el más efectivo, estos resultados positivos podrían deberse al pretratamiento que recibieron al ser embebidas en agua por 24 horas junto a los 10 minutos de irradiación, tiempo suficiente para comenzar su metabolismo, las sustancias de reserva como lípidos y almidón son transformados en compuestos solubles que se translocan posteriormente hacia el embrión, lo que favorece el crecimiento y emergencia de la radícula. Los tratamientos de remojo en semillas han demostrado promover la emergencia de la radícula y acelerar el proceso de floración y cosecha de cultivos establecidos en lugares de alto estrés hídrico¹³. La distribución de agua en los tejidos en expansión durante la germinación está condicionada a los niveles de

azúcar y almidón en la semilla, los cuales deben estar regulados en la misma¹⁴.

Existen diversos estudios en donde se ha demostrado que los diferentes parámetros de irradiación, como la dosis, tiempo de exposición, intensidad entre otros, provocan una respuesta en la fisiología y bioquímica en las plantas aumentando su tolerancia al estrés hídrico.

IV. CONCLUSIONES

La irradiación en los granos con luz UV-C y el pretratamiento de remojo mostraron un efecto positivo en el vigor de las plántulas en todos los tratamientos probados, siendo el mejor a los 10 minutos de exposición.

Con respecto a la calidad sanitaria, la irradiación con luz UV-C y el pretratamiento con remojo, presentó un efecto fungistático en la microbiota presente en las semillas de maíz amarillo a una longitud de onda de 254 nm y una intensidad de 700 μW/cm². El tiempo de exposición de 10 minutos para las semillas redujo hasta en un 58.8% la incidencia de colonias con respecto al control.

El uso de la luz UV-C y el pretratamiento de remojo en los parámetros adecuados, son métodos que mejoran los procesos fisiológicos y la calidad sanitaria de semillas de grano de maíz siendo una alternativa de bajo costo y poco impacto ambiental que pueden ser empleados en la industria agroalimentaria.

Agradecimientos

Los autores agradecen a UNAM-DGAPA-PAPIME con el Proyecto PE-202323 y al Proyecto SIP de IPN por el apoyo financiero brindado.

REFERENCIAS

- [1] Grande, T. C. y Orozco, C. B. Producción y procesamiento del maíz en Colombia. *Revista Guillermo De Ockham*, 11, (1), (2013) pp 97-110. <https://doi.org/10.21500/22563202.604>
- [2] López, A. R., Murillo, A. B. y Rodríguez, Q. G. El forraje verde hidropónico (FVH): Una alternativa de producción de alimento para el ganado en zonas áridas. *Interciencia*, 34, (2), (2009) pp 121-126.
- [3] Hernández- Aguilar C., Rodríguez P. C., Domínguez 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
- [4] 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 Agropecuario Tuxpan* 3(5), 972-981.
- [5] Hernández-Aguilar, C., Domínguez-Pacheco, A., Cruz-Orea, A., Podlešna, A., Ivanov, R., Carballo Carballo, A., Pérez Reyes M.C., Sánchez Hernández G. Zepeda Bautista R. and López-Bonilla, J. L. (2016). Bioestimulación láser en semillas y plantas. *Gayana Botánica*, 73(1), 132-149.

- [6] A Vázquez, O., Alfredo, L. H., Salvador, F. H., Adriano, A. M. Lourdes, Rosas, Q. R. y Gálvez, L. G. D. Uso combinado de radiación UV-C y bio recubrimiento de quitosán con aceites esenciales para el control de hongos en papaya Maradol. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 40, (3), (2018) e-688. <https://doi.org/10.1590/0100-29452018688>
- [7] Vázquez V., Acevedo M.R., Alva C.CH., Calderón E.V., Carraza P.M., Carrera Y.D., Cojal M.V., Espejo C.I., Hernández J.V., Tello E.A. y Vázquez J.A. Efecto de la dilución de chicha de maíz (*Zea mays*) y caudal de ingreso a un sistema de irradiación ultravioleta en el contenido de bacterias mesófilas. *Agroind Sci I*, (1), (2011), 6-14.
- [8] Sadeghianfar P., Nazari M., y Backes G. Exposure to Ultraviolet (UV-C) Radiation Increases Germination Rate of Maize (*Zea mays* L.) and Sugar Beet (*Beta vulgaris*) Seeds. *Plants*, 8, (2), (2019), 49. <https://doi.org/10.3390/plants8020049>
- [9] Páez, C. L. R., Reyes, M. C. P., Aguilar, C. H., Pacheco, F. A. D., Martínez, E. M., Orea, A. C., y Bonilla, J. L. L. Control of natural mycobiota in maize grains by ultraviolet (UVC) irradiation. *Acta Agrophysica*, 18, (2), (2011), 193-197.
- [10] Hernández-Aguilar, C., Domínguez-Pacheco, A., Domínguez-Hernández, E., Tsonchev, R. I., Valderrama-Bravo, M. D. C., & Alvarado-Noguez, M. L. (2023). Effects of UV-C light and Spirulina maxima seed conditioning on the germination and the physical and nutraceutical properties of lentils (*Lens culinaris*). *Int. Agrophysics*, 37, 15-26.
- [11] Moreno-Martínez, E. 1996. Análisis físicos y biológicos de semillas agrícolas. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 393p.
- [12] Galindo, R. R., Aguilar, C. H., Pacheco, D. A., Nava, G. J. J., y Tsonchev, I. R. Biophysical methods used to generate tolerance to drought stress in seed and plants: a review. *International Agrophysics* (2021), 35, (4), 389-410. <https://doi.org/10.31545/intagr/144951>
- [13] Shivankar, R. S., Deore, D. B. y Zode N. G. (2003). Effect of pre-sowing seed treatment on establishment and seed yield of sunflower. *J. Oilseed Res.* 20: (2003), 299-300.
- [14] de O Melo, Z. L., Gonçalves, J.F. de C., Mazzafera, D. y Dossantos, A. C. Mobilization of seed reserves during germination of four tropical species of the amazon rainforest. *Seed Sci. Technol.*, 37, (3), (2009), 597-607. <https://doi.org/10.15258/sst.2009.37.3.09>