



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Efecto de radiación UV-C en la reducción del crecimiento de
Lasiodiplodia sp., en la postcosecha de *Vitis vinifera*

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Arenas Diaz, Victor Joel (orcid.org/0000-0002-4143-5794)

Cubas Tapia, Yovani (orcid.org/0000-0002-0762-7717)

ASESOR:

Dr. Ponce Ayala, Jose Elias (orcid.org/0000-0002-0190-3143)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHICLAYO – PERÚ

2023

DEDICATORIA

En primera instancia va dedicado a Dios por permitir seguir adelante a pesar de los inconvenientes que se nos puedan presentar, también va dedicado especialmente a mis padres por el apoyo que me brindaron durante el transcurso de toda mi carrera universitaria, y a toda mi familia que siempre me apoyo en cada instancia del transcurso de mis estudios.

Victor Arenas

La presente investigación está dedicada a mis padres que me apoyaron a seguir adelante a pesar de los inconvenientes que se nos puedan presentar, también va dedicado especialmente a mis padres por el apoyo que me brindaron durante el transcurso de toda mi carrera universitaria, y a toda mi familia que siempre me apoyo en cada instancia del transcurso de mis estudios.

Yovani Cubas

AGRADECIMIENTO

Primeramente, doy gracias a Dios por ser mi fortaleza durante estos años, a mis padres por su apoyo incondicional en esta etapa de mucho sacrificio, a cada docente de nuestra universidad por compartir sus conocimientos para ser mejores profesionales y personas, a todos mis familiares que estuvieron pendientes de mí, hago presente mi gratitud hacia ustedes.

Victor Arenas

Primeramente, doy gracias a Dios por ser mi fortaleza durante estos años, a mis padres por su apoyo incondicional en esta etapa de mucho sacrificio, a cada docente de nuestra universidad por compartir sus conocimientos para ser mejores profesionales y personas, a todos mis familiares que estuvieron pendientes de mí, hago presente mi gratitud hacia ustedes.

Yovani Cubas

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|------|
| DEDICATORIA | ii |
| AGRADECIMIENTO | iii |
| DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR..... | iv |
| DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE LOS AUTORES..... | v |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS | vi |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | vii |
| ÍNDICE DE FIGURAS | viii |
| RESUMEN | x |
| ABSTRACT..... | xi |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO | 5 |
| III. METODOLOGÍA | 25 |
| 3.1 Tipo y diseño de investigación:..... | 25 |
| 3.2 Variables y Operacionalización..... | 26 |
| 3.3 Población, muestra y muestreo | 26 |
| 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 29 |
| 3.5 Procedimientos | 32 |
| 3.6 Métodos de análisis de datos | 42 |
| 3.7 Aspectos éticos..... | 43 |
| IV. RESULTADOS..... | 45 |
| V. DISCUSIÓN..... | 56 |
| VI. CONCLUSIONES..... | 60 |
| VII. RECOMENDACIONES | 61 |
| REFERENCIAS..... | 62 |
| ANEXOS | 79 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 01. <i>Clasificación taxonómica de Lasiodiplodia sp.</i> | 13 |
| Tabla 02. <i>Principales microorganismos que afectan la calidad e inocuidad de los alimentos en la etapa postcosecha.</i> | 14 |
| Tabla 03. <i>Efectos de las lámparas de rayos ultravioleta en la reducción de microorganismos en diferentes tipos de alimentos en la etapa postcosecha.</i> | 17 |
| Tabla 04. <i>Comparación de diferentes técnicas de desinfección incluida la luz ultravioleta.</i> | 21 |
| Tabla 05. <i>Comparación de diferentes técnicas de desinfección incluida la luz ultravioleta.</i> | 22 |
| Tabla 06. <i>Taxonomía de Vitis vinifera.</i> | 24 |
| Tabla 07. <i>Variables y tipo de investigación.</i> | 26 |
| Tabla 08. <i>Elaboración de inóculos con diferentes concentraciones de esporas y tiempo.</i> | 36 |
| Tabla 09. <i>Dosis UV-C para tratamientos postcosecha.</i> | 39 |
| Tabla 10. <i>Características de exposición a radiación UV-C.</i> | 41 |
| Tabla 11. <i>Caracterizaciones morfológicas macroscópicas de Lasiodiplodia sp. con medio PDA.</i> | 45 |
| Tabla 12. <i>Caracterizaciones morfológicas microscópicas de Lasiodiplodia sp. con medio PDA.</i> | 47 |
| Tabla 13. <i>Concentración de esporas, tiempo y repeticiones.</i> | 48 |
| Tabla 14. <i>Medición del área micelial.</i> | 50 |
| Tabla 15. <i>Dosis y potencial de hidrógeno.</i> | 53 |
| Tabla 16. <i>Pérdida de peso por días en función a las dosis de UV-C.</i> | 54 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| <i>Figura 01.</i> Clasificación de la radiación UV en el espectro electromagnético. | 15 |
| <i>Figura 02.</i> Metodología empleada para la reducción de <i>Listeria monocytogenes</i> (ATCC 19115), <i>Escherichia coli</i> (ATCC 25922) y <i>Salmonella enterica</i> serovar Typhimurium (ATCC 700720), usando radiación UV-C..... | 19 |
| <i>Figura 03.</i> Síntomas de daños en cítricos: gomosis en ramas (a), daño en corteza y leño (b) y (c); pudrición en fruto con crecimiento de micelio (d). | 24 |
| <i>Figura 04.</i> Toma de muestra en rama lateral en palto (<i>Persea Americana L.</i>) con presencia de chancro. | 32 |
| <i>Figura 05.</i> Muestras recolectadas de los lotes de cultivo. | 33 |
| <i>Figura 06.</i> Inoculación del hongo en estudio en el laboratorio. | 34 |
| <i>Figura 07.</i> Preparación de inóculos de <i>Lasiodiplodia sp.</i> a distintas concentraciones (10^2 esporas/ml, 10^6 /ml y 10^8 esporas/ml)..... | 37 |
| <i>Figura 08.</i> Inoculación de uvas a concentración de 10^6 conidios/ml..... | 38 |
| <i>Figura 09.</i> Elaboración de cámara de radiación UVC caja de Tecnopor sellada (40 cm de alto x 100 cm de largo x 30 cm de ancho). | 40 |
| <i>Figura 10.</i> Exposición de muestras uvas a radiación UV-C..... | 41 |
| <i>Figura 11.</i> Observaciones de características macroscópicas de <i>Lasiodiplodia sp.</i> aislado en medio PDA. | 46 |
| <i>Figura 12.</i> Imagen microscópica de las tinciones en azul de lactofenol y azul de metileno..... | 48 |
| <i>Figura 13.</i> Inoculación para la R1. Los porcentajes más elevados de crecimiento de <i>Lasiodiplodia sp.</i> | 49 |

| | |
|---|----|
| <i>Figura 14.</i> Resultados de crecimiento se tuvieron las 24 y 48 horas de almacenamiento de la suspensión de esporas..... | 49 |
| <i>Figura 15.</i> Reducción de crecimiento micelial según la dosis y tiempo de almacenamiento. | 52 |
| <i>Figura 16.</i> Cambios de pH en las muestras irradiadas, pH frente a los tratamientos después de un periodo de incubación de 9 días a 20°C. | 54 |

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de radiación ultravioleta en la reducción del crecimiento de *Lasiodiplodia sp.* en la etapa postcosecha de *Vitis vinifera*. Esta investigación fue de tipo aplicada con enfoque cuantitativo. Este estudio se basó primeramente en la identificación y caracterización del hongo patógeno *Lasiodiplodia sp.*, obtenidas de muestras de tejido infectado de la empresa agroindustrial SAMNSA. La suspensión resultante se ajustó a una concentración de 10^6 /mL esporas inoculando 20 μ L por cada grano de uva (aproximadamente $1,8 \times 10^3$ conidios por baya). Luego de la etapa de almacenamiento (3d, 6d y 9d) se midió el área micelial del crecimiento de *Lasiodiplodia sp.* Se aplicaron tres dosis diferentes de radiación: 1530, 6120 y 9280 mJ/cm². Se observó que la dosis más baja no fue suficiente para inhibir el crecimiento del hongo, mientras que la dosis intermedia redujo el área micelial en un 65% aproximadamente, y la dosis más alta la redujo en un 93%. Estos resultados indican que la radiación UV-C es una tecnología prometedora para el control de hongos en la postcosecha de uvas, siempre que se optimice la dosis para lograr un equilibrio entre la seguridad microbiológica y la calidad de los frutos.

Palabras clave: *Lasiodiplodia sp.*, postcosecha, radiación UV-C.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of ultraviolet radiation on the reduction of the growth of *Lasiodiplodia* sp. in the postharvest stage of *Vitis vinifera*. This research was applied with a quantitative approach. This study was primarily based on the identification and characterization of the pathogenic fungus *Lasiodiplodia* sp., obtained from infected tissue samples from the agroindustrial company SAMNSA. The resulting suspension was adjusted to a concentration of 10^6 mL spores by inoculating 20 μ L for each grape berry (approximately 1.8×10^3 conidia per berry). After the storage stage (3d, 6d and 9d) the mycelial area of the growth of *Lasiodiplodia* sp. Three different doses of radiation were applied: 1530, 6120 and 9280 mJ/cm². It was observed that the lowest dose was not enough to inhibit the growth of the fungus, while the intermediate dose reduced the mycelial area by approximately 65%, and the highest dose reduced it by 93%. These results indicate that UV-C radiation is a promising technology for the control of fungi in the postharvest of grapes, provided that the dose is optimized to achieve a balance between microbiological safety and fruit quality.

Keywords: *Lasiodiplodia* sp., postharvest, UV-C radiation

I. INTRODUCCIÓN

La aplicación de agroquímicos en frutas y hortalizas ha generado una creciente inquietud en los últimos años, debido a que las legislaciones de diversos países han aumentado las exigencias para estos productos, así como los límites de residuos aceptables. Por ello, se ha intensificado la búsqueda de métodos alternativos de desinfección que no generen residuos en los productos. La exposición a bajas dosis de radiación UV se ha propuesto como una técnica postcosecha de frutos para preservar la calidad y reducir la incidencia y severidad de microorganismos deteriorantes.

A nivel mundial, las amenazas de origen natural, como las enfermedades fúngicas, causan pérdidas de 108.000 millones de dólares al sector agrícola. (ONU 2021). Uno de los hongos patógenos más importantes y ampliamente distribuidos en los cultivos de vid es *Lasiodiplodia sp.*, un ascomiceto perteneciente a la familia *Botryosphaeriaceae*. Es causante de una de las enfermedades más importantes que afectan a la vid en regiones tropicales y subtropicales. (Netto et al. 2014). Este hongo puede infectar a más de 500 especies vegetales en todo el mundo, causando síntomas como marchitez, muerte regresiva, chancros, necrosis, pudrición y momificación de los frutos. (Berraf-Tebbal et al. 2020) Algunos estudios estiman que la pérdida económica por esta enfermedad puede alcanzar hasta el 30% de la producción. (Kenfaoui et al. 2022)

Lasiodiplodia sp. es considerado un patógeno oportunista que aprovecha las condiciones de estrés biótico o abiótico de las plantas para iniciar la infección (Gonçalves et al. 2019). Además, es capaz de permanecer como endófito en los tejidos sanos de las plantas sin causar síntomas aparentes, lo que dificulta su detección y control (Berraf-Tebbal et al. 2020). También, se ha documentado ocasionalmente que es el agente causal de infecciones en humanos con una variedad de infecciones reportadas tanto en pacientes inmunocompetentes como inmunocomprometidos, incluyendo sinusitis, queratitis, neumonía y lesiones cutáneas. (Salvatore, Alves y Andolfi 2020)

Muchos de los tratamientos postcosecha que se emplean actualmente se basan en el uso de sustancias químicas que causan problemas ecológicos o son perjudiciales para la salud humana. Algunos de los más usados en postcosecha de vid son el imazalil, el bencimidazol, el tiabendazol entre otros; fungicidas que causan problemas ambientales por medio de lixiviación o arrastre por agua de lluvia o riego, por medio de la volatilización, persistencia en el suelo o bioacumulación en los tejidos de los organismos vivos. (Andrade y José, 2010)

Por eso, se hace necesario buscar métodos alternativos y seguros que puedan preservar la calidad y la inocuidad de los productos hortofrutícolas. Uno de estos métodos es la aplicación de luz UV-C, que es una radiación ultravioleta de corta longitud de onda que tiene propiedades antimicrobianas y bioestimulantes. La luz UV-C puede eliminar o reducir los microorganismos patógenos que causan las podredumbres y las enfermedades transmitidas por los alimentos, y también puede inducir una respuesta de defensa en los tejidos vegetales frente al estrés oxidativo, aumentando la actividad de enzimas antioxidantes y el contenido de compuestos fenólicos. La radiación UV se ha utilizado principalmente para eliminar bacterias como *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella Typhimurium*, *Listeria monocytogenes* y *Staphylococcus aureus* en la cadena de suministro de alimentos, según Ghate et al., 2013.

No obstante, hay pocos estudios que hayan investigado el efecto de esta tecnología sobre los mohos. (Ghate et al. 2021). A menudo, los tratamientos a base de calor son difíciles de aplicar durante el proceso de empaque postcosecha y el lavado puede aumentar la contaminación o dejar el producto vulnerable a la contaminación. Además, el almacenamiento inadecuado de productos frescos puede proporcionar condiciones ideales para el crecimiento de patógenos (Junior et al., 2019).

La radiación UV, en particular la UV-C, ha emergido como una prometedora tecnología de preservación que complementa los enfoques convencionales como la refrigeración (Kim et al., 2017). Esta técnica utiliza la luz visible para llevar a cabo la inactivación de microorganismos. Al aplicar luz visible de longitudes de onda

específicas a las células microbianas, se activan compuestos fotosensibles dentro de ellas, llamados fotosensibilizadores (PS). Estos PS, tras ser excitados, alcanzan un estado energético temporal elevado y al regresar a su estado fundamental, interactúan con moléculas de oxígeno cercanas, transfiriéndoles energía y generando especies reactivas de oxígeno (ROS). Entre estas ROS se encuentran el oxígeno singlete, el radical hidroxilo, el peróxido de hidrógeno y el anión superóxido, los cuales inducen daño oxidativo en los componentes celulares sensibles, como lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, resultando en la destrucción celular (Ibanez et al., 2002)

Esta tecnología encuentra aplicación en diversas industrias debido a su capacidad antimicrobiana, siendo especialmente eficaz en la inactivación del ADN microbiano. Las lámparas UV-C son ampliamente utilizadas para desinfectar superficies de aire, agua y materiales, eliminando microorganismos como virus, bacterias, esporas, moho y levaduras en diversos sectores, incluida la conservación de alimentos, donde estimulan la producción de fitoalexinas y minimizan alteraciones sensoriales y reológicas, al mismo tiempo que reducen el uso de químicos (Millán et al., 2015).

Por lo cual, se planteó el siguiente problema general: ¿Cuál es el efecto de la radiación UV-C en la reducción del crecimiento de *Lasiodiplodia sp.* en la etapa postcosecha de *Vitis vinifera*?

La investigación tuvo una relevancia económica y social significativa debido a la incidencia negativa que puede tener la presencia de este microorganismo en los alimentos. Desde un punto de vista económico, La pudrición de los racimos de uva causada por *Lasiodiplodia sp.* es una de las principales causas de pérdidas económicas en la producción vitivinícola, especialmente en zonas tropicales y subtropicales. Se estima que esta enfermedad puede reducir el rendimiento hasta en un 50%. (Carrasco, 2009) El control químico de este patógeno es costoso, ineficaz y genera residuos que pueden afectar la calidad del producto y el medio ambiente. La radiación UV-C es una alternativa de bajo costo, fácil aplicación y sin residuos, que podría mejorar la rentabilidad de los productores y la competitividad de la cadena agroalimentaria de la uva.

Desde el punto de vista social, la uva es una fruta muy apreciada por sus propiedades nutricionales y organolépticas, así como por su uso en la elaboración de vino, jugo, pasas y otros productos. La demanda mundial de uva ha aumentado en los últimos años, lo que implica la necesidad de mejorar la calidad y la inocuidad de este fruto. La aplicación de radiación UV-C en la postcosecha puede contribuir a reducir las pérdidas por enfermedades fúngicas, que pueden afectar la salud de los consumidores y generar rechazo en los mercados. Además, la radiación UV-C induce a respuestas de defensa en las uvas, aumentando su contenido de compuestos antioxidantes y fitoquímicos, que tienen beneficios para la prevención de enfermedades crónicas. (Benincasa et al. 2019)

Dentro de la justificación ambiental, la radiación UV-C es una tecnología limpia y ecológica, que no genera contaminación ni residuos peligrosos. Es esencial reducir el empleo de fungicidas químicos, que tienen efectos negativos sobre la biodiversidad, el suelo, el agua y la atmósfera. Además, la radiación UV-C favorece la conservación de los recursos genéticos de la uva, al evitar la selección de cepas resistentes de *Lasiodiplodia sp.* y otros patógenos. (Netto et al. 2014) Por último, el uso de tecnologías como la radiación UV-C contribuye a mitigar el cambio climático, al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al uso de combustibles fósiles y a la degradación de la materia orgánica.

El objetivo general de la investigación fue: Evaluar el efecto de radiación ultravioleta en la reducción del crecimiento de *Lasiodiplodia sp.* en la etapa postcosecha de *Vitis vinifera*. Para lograr este objetivo, se llevarán a cabo una serie de objetivos específicos. Primero Aislar y cultivar el hongo *Lasiodiplodia sp.* en placas petri, utilizando técnicas adecuadas de siembra y medios de cultivo apropiados, Identificar morfológicamente a *Lasiodiplodia sp.* mediante técnicas microscópicas. Determinar la cantidad óptima de esporas de *Lasiodiplodia sp.* necesaria para inocular de manera controlada las muestras de uva. Evaluar el efecto de la radiación UV-C sobre el crecimiento de *Lasiodiplodia sp.* en uvas, comparando el área micelial entre muestras tratadas y no tratadas.

II. MARCO TEÓRICO

Yamaga y Nakamura (2022), investigaron el efecto de los diodos emisores LED de luz ultravioleta A (UV-A) en la inhibición del crecimiento de esporas fúngicas, la pudrición de la fruta y la acumulación de metabolitos secundarios en la mandarina satsuma. Los LED de UV-A con una longitud de onda de 375 nm y una potencia lumínica de 9,4 W m⁻² inhibieron de forma significativa el desarrollo in vitro de los mohos azules (*P. italicum*) y verdes (*P. digitatum*), según el estudio de los investigadores. El tratamiento con LED de UV-A de baja intensidad también redujo los síntomas de moho verde en la fruta, siendo el efecto más pronunciado en la inhibición de la esporulación de *Penicillium*. Se concluyó que el tratamiento con irradiación de LED de UV-A de baja intensidad podría ser una estrategia segura y prometedora para el control de la pudrición postcosecha en frutas cítricas, ya que estimula la biosíntesis de metabolitos secundarios.

Ferreira et al. (2021), en su investigación evaluaron el efecto de rayos UV-C en granos de arroz marrón, negro y rojo recién cosechados en cuanto a la formación de colonias fúngicas, micotoxinas, compuestos fenólicos y propiedades de cocción y color, después de 6 meses de almacenamiento. Se evaluaron diferentes tiempos de exposición a la radiación UV-C y se encontró que una exposición de 1 hora en arroz negro y rojo fue suficiente para reducir la presencia de colonias fúngicas en un 22% y un 79%, respectivamente, sin cambios en las propiedades de cocción y color. La radiación UV-C provocó la liberación de fenoles ligados a la pared celular en arroz negro y rojo, y las micotoxinas se redujeron progresivamente al aumentar el tiempo de exposición a los rayos UV-C, los resultados indicaron que la irradiación con UV-C demuestran una aplicación útil para la conservación de granos de arroz y la reducción de riesgos de contaminación fúngica y micotoxinas durante el almacenamiento.

Wan et al. (2022), evaluaron la efectividad de la aplicación secuencial de luz ultravioleta (UV) y cloro (Cl₂) en la desinfección de esporas fúngicas. Se realizaron cinco procesos secuenciales diferentes y se comparó el efecto inhibitorio en la fotorreactivación. Se evaluó la viabilidad y permeabilidad de las esporas fúngicas tratadas con los diferentes procesos. Los resultados mostraron que la inactivación

de las esporas fúngicas por UV no se mejoró por la exposición previa o posterior a Cl₂, pero la eficiencia de inactivación se incrementó significativamente en el proceso UV/Cl₂-UV. Los procesos secuenciales que contenían UV/Cl₂ o la longitud de onda de 280 nm promovieron la formación de especies reactivas de oxígeno intracelulares, lo que causó daño adicional a las esporas fúngicas. En conclusión, la aplicación secuencial de UV y Cl₂, especialmente en el proceso UV/Cl₂-UV, fue efectivo para la desinfección de esporas fúngicas y la inhibición de la fotorreactivación.

Vega et al. (2020), estudiaron el efecto de los rayos UV-C en el desarrollo de la enfermedad de moho gris en rosas cortadas. La resistencia del hongo *Botrytis cinerea* a los fungicidas convencionales ha aumentado, generando la necesidad de buscar métodos alternativos de control de la enfermedad. Se realizó una irradiación con luz UV-C de 2,160; 1,080 y 540 J. m⁻², cada 24 h durante 5 días en una cámara húmeda. A través del análisis de imágenes, se encontró que la irradiación con 1,080 J. m⁻² logró reducir significativamente el área de las lesiones causadas por la enfermedad y la germinación del hongo. Se concluyó que la luz UV-C puede ser una alternativa de bajo costo y no invasiva para controlar enfermedades en la agroindustria, y que el análisis de imágenes puede ser útil en la evaluación de características agrícolas importantes.

González-García et al. (2023), evaluaron la capacidad de la radiación UV-A para estimular la tolerancia de las plantas de tomate al estrés biótico causado por *F. oxysporum f. sp. lycopersici*. Para ello, establecieron un cultivo de tomate en el que se probaron dos condiciones de suplementación con radiación UV-A en plantas inoculadas con el hongo Fol. Se determinó el impacto del patógeno en los parámetros agronómicos, su incidencia y gravedad, y los contenidos de biomarcadores de estrés, metabolitos secundarios y pigmentos fotosintéticos. Los resultados indican que la radiación UV-A disminuyó significativamente la gravedad del patógeno (-35,5%) y previno su efecto negativo en el rendimiento de las plantas y los frutos (-31%). Además, la aplicación de radiación UV-A disminuyó los contenidos de biomarcadores de estrés y aumentó los contenidos de metabolitos secundarios y pigmentos fotosintéticos en las plantas inoculadas con el patógeno.

El estudio de Udovicki et al. (2022) evaluó la efectividad de la radiación UV-C para eliminar *Aspergillus flavus* y aflatoxina B1 (AFB1) en maíz y maní infectados artificialmente. Se usaron equipos que vibraban y semifluidizan el material de grano/kernel. La dosis total de irradiación UV-C varió entre 1080-8370 mJ/cm². La reducción más significativa de la cuenta de *A. flavus* se observó después de diez días de incubación y tratamiento de irradiación con una dosis de 8370 mJ/cm², logrando una reducción de la cuenta de *A. flavus* de 4,4 log UFC/g en maíz y 3,1 log UFC/g en maní. El nivel de reducción de AFB1 osciló entre el 17 y el 43% en el maíz y entre el 14 y el 51% en el maní, dependiendo del tratamiento. La irradiación UV-C mostró ser una técnica eficaz para eliminar *A. flavus* y AF B1 en maíz y maní, según el estudio. Los autores también evaluaron el efecto de la irradiación UV-C sobre las propiedades sensoriales y físicas de las muestras de maní, y los cambios fueron mínimos.

Terao et al. (2021), evaluaron dos métodos para controlar la pudrición del *Fusarium* en el melón Galia: la radiación UV-C a 2 kJ/m² y el tratamiento con agua caliente (HWT) en dos formas diferentes. Se encontró que la dosis de 1,0 kJ/m² de UV-C y el tratamiento térmico a 55 °C durante 15 s inhibieron completamente la germinación de esporas de *F. pallidoroseum*. Además, el tratamiento con HWT por inmersión en agua caliente a 52 °C durante 2 minutos y con cepillado de agua caliente a 65 °C durante 15 segundos, así como el tratamiento con fungicida imazalil, controlaron eficazmente la pudrición del *Fusarium* en el melón Galia. La radiación UV-C redujo las actividades del polifenol oxidasa y la peroxidasa en días específicos de almacenamiento. También se demostró que tanto la radiación UV-C como el tratamiento térmico pueden ser opciones eficaces y seguras para controlar la pudrición del *Fusarium* en el melón Galia, preservando su calidad general y prolongando su vida útil.

Vázquez-Ovando et al. (2018), evaluaron estrategias de vigilancia para mitigar enfermedades en frutos de papaya durante la postcosecha. Los hongos *Rhizopus stolonifer* y *Colletotrichum gloeosporioides* fueron los causantes de las enfermedades en los frutos de papaya. Evaluaron diferentes tratamientos que combinaban biorecubrimientos elaborados con quitosán y aceites esenciales, junto con dosis de UV-C. El tratamiento B1T92, que combinó bio recubrimiento con AE

de clavo y tomillo y una dosis UV-C de 2.9 kJ m⁻², administrado las 24 horas después de infectarla de esporas, se pudo costear el alcance de la enfermedad por debajo del 25% durante nueve días de almacenamiento. Se redujo la velocidad específica de la enfermedad en ambos hongos, demostrando que el uso sinérgico de biorecubrimientos con aceites esenciales de quitosán y energía UV-C fue efectivo en la reducción de hongos causantes de pudrición blanda y antracnosis, en frutos de papaya Maradol.

El estudio de Jeon y Ha (2018) evaluó la influencia del tipo de solución tampón (PBS o PW) en la inactivación UV de los principales patógenos transmitidos por los alimentos. Se expuso un cultivo mixto de bacterias inoculadas en PBS o PW a radiación UV-A, UV-B y UV-C. Se encontró que la inactivación bacteriana en PW fue significativamente menor que en PBS para todos los tipos de radiación UV. Se midieron los espectros de absorción de las soluciones tampón para explicar esta diferencia y se observó que el patrón de absorción UV de PW era diferente al de PBS. Además, la absorbancia de PW en las longitudes de onda de las lámparas UV-A, UV-B y UV-C fue mayor que la de PBS. Por lo tanto, se deduce que los niveles distintos de absorción UV de las soluciones tampón pueden afectar la eficacia de esterilización. Estos resultados apoyan la selección de PBS como el tampón neutralizante adecuado para asegurar datos fiables en la investigación microbiana tratada con rayos UV.

Özer Uyar y Uyar (2018), en su estudio evaluaron la efectividad del tratamiento con etanol y la irradiación UVC tanto individualmente como en combinación para inactivar esporas del hongo *Rhizopus oryzae*. Los resultados indican que la exposición a la irradiación UVC es significativamente más efectiva que el tratamiento con etanol en la reducción de la supervivencia de las esporas de *R. oryzae*. La combinación de ambos tratamientos aumentó la letalidad en comparación con la aplicación de cada uno por separado, y este efecto aumentó a medida que se aumentó el tiempo de exposición UVC y la concentración de etanol. La menor tasa de supervivencia de esporas se obtuvo después del tratamiento con 30% de etanol seguido de 10 minutos de exposición UVC. En conclusión, los autores sugirieron que el tratamiento con etanol y la irradiación UVC pueden

utilizarse efectivamente como una estrategia para inactivar las esporas de *R. oryzae* en el manejo postcosecha.

Yang et al. (2019), realizaron un estudio para evaluar la eficacia del dispositivo móvil automático Hyper Light P3 para la desinfección de patógenos multirresistentes (MDR) en habitaciones de hospital previamente ocupadas por pacientes con, *St. aureus* resistente a la meticilina (MRSA), *E. faecium* resistente a la vancomicina, entre otros. Hubo un decrecimiento significativo en la cantidad de colonia bacterianas de más de 3 log₁₀ tras la irradiación con UV-C de 5 minutos a un trecho de 3 m del dispositivo, excepto para VRE y *Mycobacterium abscessus*. A una distancia de 1 metro, la reducción de colonias fue sustancial e independiente del tiempo de exposición para todos los microorganismos probados. La efectividad fue menor para *Aspergillus fumigatus*, especialmente a una distancia de 2-3 metros. Se concluyó que se necesita mayor investigación para confirmar la eficiencia del sistema de desinfección con UV-C como método adjunto en la desinfección del entorno hospitalario.

Popović y colaboradores (2018) examinaron la eficacia de la radiación UV-C a una longitud de onda de 253,7 nm para reducir la carga fúngica y de micotoxinas en superficies modelo, maíz y trigo. Se utilizó iluminación 2D y 3D, reduciendo el crecimiento de *Penicillium verrucosum* en un 98,6% y de *Fusarium graminearum* en un 88,8% en agar con una dosis de 100 mJ/cm². En maíz, redujeron el 79% en el crecimiento de hongos similares a *P. verrucosum* con exposición a 5000 mJ/cm². En trigo no se observó una reducción significativa del crecimiento fúngico. En cuanto a las micotoxinas, la mayor reducción de DON, ZEN y OTA en papel de filtro se obtuvo con 15.000 mJ/cm². Aunque la reducción de estas micotoxinas en maíz y trigo fue menor, sigue siendo significativa. Además, el contenido de humedad, proteína cruda y porcentaje de germinación de los granos de maíz no se vieron afectados por el tratamiento con UV-C hasta una dosis de 5000 mJ/cm².

Jiang et al. (2019), en su estudio identificaron las cepas de *Alternaria* que producen micotoxinas y evaluar su capacidad de producción. Se encontró que *A. alternata* era la especie predominante y la que presentaba la mayor capacidad de producción de micotoxinas. Para reducir la producción de micotoxinas en los tomates, se utilizó

la irradiación con UV-C. Se encontró que una dosis baja de irradiación con UV-C (0.25 kJ/m²) podía inhibir eficazmente la producción y penetración de micotoxinas en los tomates, lo que se asoció con el aumento de los fenoles inducidos por la irradiación con UV-C. Por lo tanto, se concluye que la aplicación de la irradiación con UV-C es una prometedora estrategia para reducir el riesgo de toxinas fúngicas de *Alternaria* en los frutos y también para mejorar los fenoles de los productos procesados.

El estudio de Sun et al. (2022) examinó la relación entre la resistencia a la enfermedad de la cabeza negra y los cambios enzimáticos, fenólicos y de las micotoxinas en la pera fragante 'Korla'. Se aplicó radiación UV-C a diferentes dosis (0,12, 0,24, 0,36, 0,48, 0,72 y 1,08 kJ/m²) sobre peras infectadas con *Alternaria alternata* para medir su efecto sobre la enfermedad. La dosis baja de radiación UV-C (0,36 kJ/m²) fue eficaz para controlar la enfermedad. Se observó un aumento de la actividad de las enzimas quitinosa, β -1,3-glucanasa, peroxidasa, superóxido dismutasa, catalasa, ascorbato peroxidasa, fenilalanina amoníaco-liasa y el contenido de fenoles, y una disminución de la actividad de las enzimas lipoxigenasa y polifenol oxidasa, el contenido de peróxido de hidrógeno y las micotoxinas (incluyendo AOH, AME y TeA). La dosis baja de radiación UV-C mejoró la resistencia a la enfermedad de la cabeza negra y reducir la producción de micotoxinas en la pera fragante 'Korla'.

Frisón et al. (2021) analizaron el impacto de la radiación UVC, a 4 W m⁻² en la calidad de los arándanos y los mohos aislados de ellos. En su metodología, utilizaron radiación UV-C (4 W m⁻² durante 20 minutos) para evaluar su efecto en los conidios de cuatro mohos comúnmente encontrados (*Eurotium repens*, *Arthrimum phaeospermum*, *Penicillium decumbens* y *Aspergillus niger*). Se observó que los recuentos de moho se redujeron en los primeros 10 minutos en tratamiento. Luego, aplicaron el tratamiento seleccionando una porción de arándanos inoculados con conidios (*Arthrimum phaeospermum* y *A. niger*) utilizando radiación UVC con una dosis de 2,4 kJ m⁻², a 10 minutos). El tratamiento no afectó significativamente la firmeza, el color ni el contenido de sólidos solubles de los arándanos. Se observó un aumento del 13% en el contenido de composiciones fenólicas totales y un 8% en la capacidad antioxidante.

Vega Iturbide (2020) realizó una investigación para estimar el impacto de la irradiación azul, UV-C y sus combinaciones en el crecimiento de organismos perjudiciales en *Solanum lycopersicum* (jitomate). Se seleccionaron *Alternaria sp.* y *Fusarium sp.*, y se construyeron cinéticas de crecimiento microbiano. Los resultados revelaron que *Fusarium sp.* fue altamente sensible a la irradiación, con una disminución notable en su crecimiento comparando con el grupo control. Sin embargo, *Rhizopus sp.* mostró una mayor resistencia, ya que continuó creciendo en los jitomates tratados, excepto en aquellos expuestos a la irradiación UV-C. Estos hallazgos resaltan la efectividad de la irradiación en la supresión del crecimiento de algunos microorganismos deterioradores en el jitomate, pero también subrayan la necesidad de considerar estrategias adicionales para abordar la resistencia de ciertas especies.

Así mismo Torres Galán (2017), evaluó los efectos de la radiación (UV-B) sobre el perfil químico y la morfología funcional de los metabolitos secundarios en hongos aislados. Se utilizó lámparas UV-B donde su rango de radiación va de 280 – 315 nm, para la erradicación de organismos fúngicos como *Metarhizium*, *Peecilomyces*, *Rhizopus sp.*, para los cuales se utilizó 298 nm para la erradicación del hongo *Rhizopus spp* el cual es uno de los agentes más conocidos para la pudrición ácida en la cosecha de productos, por lo cual concluye que las lámparas de UV-B deberían ser más utilizadas en el campo agrícola, no solo para el control de hongos sino también bacterias patógenas de pueden afectar al ser humano y para el cuidado del medio ambiente ya que no generan contaminación cruzada en aire, agua y suelo.

Ulloa Acosta (2017) llevó a cabo un prototipo de luz UV-C con el objetivo de controlar la putrefacción de corona en bananas destinadas a la exportación. Tradicionalmente, el control de esta enfermedad en las empacadoras se basa en el uso de fungicidas sistémicos. Sin embargo, en este proyecto se propuso la creación de un prototipo de cámara de luz ultravioleta (UV-C) como una opción para la manipulación de esta enfermedad, aprovechando las propiedades germicidas de esta tecnología. La pudrición de corona es una de las enfermedades de postcosecha más primordiales en el cultivo de banano, y es causada por cierto grupo de hongos. La luz UV-C ha sido utilizada previamente como método de

desinfección en bananos para el control de la pudrición de corona, demostrando ser efectiva como agente germicida contra el *Rhizopus spp.*

Flores et al. (2021) desarrollaron un sistema mecatrónico de desinfección de alimentos mediante luz LED UV-A, donde tuvieron como objetivo general Desarrollar y evaluar un sistema de irradiancia LED UV-A con un pico de emisión de 374 nm, controlado mediante una rutina automática, e integrado en un sistema mecatrónico semi industrial diseñado para la desinfección de productos frescos, El uso de luz ultravioleta (UV) en la irradiación de alimentos se presenta como un método alternativo a las técnicas convencionales para la desinfección, Aunque el efecto germicida es elevado, el experimento se realizó en agar y los alimentos en condiciones reales están totalmente contaminados, por lo que la información de estas investigaciones es sólo un indicador. Llegando a la conclusión que la eficacia germicida se puede ver influenciada por la resistencia bacteriana debido a la gran variedad que existe de aerobios mesofílicos y al proceso de infección del alimento.

En las bases teóricas se consideraron las siguiente

Lasiodiplodia sp. perteneciente a la familia de las *Botryosphaeriaceae*, que causa la muerte regresiva en los cultivos de vid, palto, arándanos, mango entre otros cultivos fructíferos. Dicho hongo se encuentra esparcido en la naturaleza como endófito comportándose como un patógeno latente y oportunista el cual desarrolla enfermedad cuando sus hospedadores están bajo alguna forma de estrés agronómico.

Lasiodiplodia es considerado como parásito débil y oportunista por razones eco fisiológicas de la interacción con sus hospederos, pues su micelio avanza sistemáticamente en la infección en condiciones particulares, como el estrés en la planta. Este hongo tiene como agente causal *Lasiodiplodia theobromae* cuya fase teleomorfa es *Botryosphaeria theobromae*, el agente causal de esta enfermedad desarrolla internamente en los tallos del palto (endófito) pudiendo infectar los frutos desde la inflorescencia y colonizar los pedúnculos. (Requejo, 2022).

Tabla 01. Clasificación taxonómica de *Lasiodiplodia* sp.

| | |
|---------|---------------------------|
| Reino | <i>Fungi</i> |
| Filo | <i>Botryosphaeriaceae</i> |
| Orden | <i>Botryosphaeriales</i> |
| Familia | <i>Dothyeomycetes</i> |
| Género | <i>Lasiodiplodia</i> |
| Especie | <i>Lasiodiplodia</i> sp |

Fuente: Picos-Muñoz et al. (2015)

La presencia de parafisas, picnidias y estrías longitudinales en las conidias es la característica más resaltante que distingue al género *Lasiodiplodia* de otros hongos. Al desarrollar el hongo *Lasiodiplodia* en medio de cultivo sus colonias muestran un rápido crecimiento son ligeramente densas, aéreas y de un color inicial blanquecino, al séptimo día aproximadamente estas se vuelven más oscuras tornándose de un color gris olivo para finalmente tomar un color negro. Sobre el tejido de la corteza infectada en presencia de húmeda y de luz solar se forman estructuras de fructificación asexuales del hongo conocidas como picnidias, estas estructuras son de color oscuro con medidas de 493,04 μm x 622,82 μm y con presencia de ostiolos en su ápice por donde serán expulsadas las conidias unidas una a continuación de otra formando a especie de hilo.

Las parafisas son hifas estériles que se forman entre las ascas del ascocarpo se caracterizan por ser hialinas, cilíndricas, tabicadas con los extremos redondeado con un largo de hasta 55 μm de largo y una anchura de 3-4 μm (Phillips et al., 2013). Los conidióforos son hialinos, simples, a veces septados, cilíndricos y surgen de capas internas de células que revisten la cavidad picnidial. Las células conidiógenas son hialinas, simples, cilíndricas a subovopiriformis. Las conidias se forman sobre células conidio génicas en conidióforos cortos las cuales son de color claro, hialinas, aseptadas cuando son inmaduras y al madurar son de color marrón oscuras, con una sola septa y con estriaciones longitudinales debido a la presencia de melanina en la superficie interior de la pared. (Sandoval, 2022)

Tabla 02. Principales microorganismos que afectan la calidad e inocuidad de los alimentos en la etapa postcosecha.

| Autor/es | Microorganismos más comunes | Tipo de cultivo | Efectos |
|--------------------------------|---|---|---|
| (Palou, 2020) | <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> , <i>Penicillium digitatum</i> , <i>Penicillium italicum</i> , <i>Phytophthora citrophthora</i> , <i>Lasiodiplodia sp.</i> , <i>P. digitatum</i> , <i>P. italicum</i> . | Mandarina, Naranjas | Podredumbre |
| (Celi, 2021) | <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> , <i>Botrytis cinerea</i> . | Zanahoria | Podredumbre |
| (Schmidt & Arendt, 2018) | <i>Aspergillus spp.</i> y <i>Penicillium</i> , <i>Fusarium spp.</i> , <i>P. roqueforti</i> | Cereales | Menor tiempo de la vida útil del grano |
| (Lenzi, Marvasi & Baldi, 2021) | <i>Salmonella</i> , <i>E. coli</i> . | Tomate, pepino, espinacas, lechugas, fresas, morrones | Contaminación de alimentos y riesgo de enfermedades en la población |
| (Suzzi et al. 2023) | <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Aspergillus niger</i> | Arándanos | Podredumbre |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 02 se pueden observar los principales microorganismos que afectan la calidad e inocuidad de los alimentos en la etapa postcosecha. En este contexto, Palou (2020) plantea que algunos hongos del género *Penicillium spp.*, así como *Lasiodiplodia sp.* *Botrytis cinerea*, entre otros; son los causantes de podredumbres en cultivos de mandarinas y naranjas causando grandes pérdidas económicas en el sector de exportación de productos agrícolas. Tanto Palou (2020), Celi (2021) como Suzzi et al. (2023) coinciden que los patógenos pueden causar enfermedades en los productos cosechados y que comúnmente las actividades que lo causan son el transporte, manipulación, envasado y almacenamiento. Dichos patógenos pueden causar daños graves en la cadena de suministro de productos agrícolas, con pérdidas postcosecha de frutas y verduras frescas estimadas en hasta el 50%.

En el caso de los autores Schmidt & Arendt (2018) señalan la contaminación de cultivos de cereales antes y después de las cosechas por las grandes cargas microbianas que pueden contener y las pérdidas económicas que estas causan. Algunas de ellas son las micotoxinas (deoxinivalenol, zearalenona, aflatoxina, ocratoxina A y citrinina) que contienen algunos granos como los de trigo los cuales son condicionantes para el tiempo de la vida útil del grano en su procesamiento y almacenamiento. Lenzi, Marvasi & Baldi, (2021) Suzzi et al. (2023) señalan los efectos de algunos cultivos de hortalizas y frutas más enfocado al riesgo por contaminación de estos alimentos con patógenos y el riesgo de enfermedades en la población por consumir comúnmente sin la desinfección de estos. Por otro lado, Suzzi et al. (2023) menciona a *Botrytis cinerea*, *Aspergillus niger*, hongos responsables comúnmente de la podredumbre en cultivos de arándanos.

La radiación UV es una forma de energía electromagnética que se encuentra en un rango de longitud de onda de 100 nm a 400 nm. Si bien es más larga que los rayos X, es más corta que la luz visible. Aunque la luz UV ha sido conocida durante mucho tiempo debido a la radiación solar, se sabe que una exposición moderada tiene propiedades bactericidas. Sin embargo, una exposición excesiva puede resultar perjudicial para la piel, causando trastornos cutáneos e incluso enfermedades y cáncer en casos extremos (Rivas et al., 2020). Dado que la radiación UV solar no puede controlarse, los científicos han enfocado sus esfuerzos en crear luz UV artificial y mejorar su potencial para diversas aplicaciones. (Wang et al. 2023)

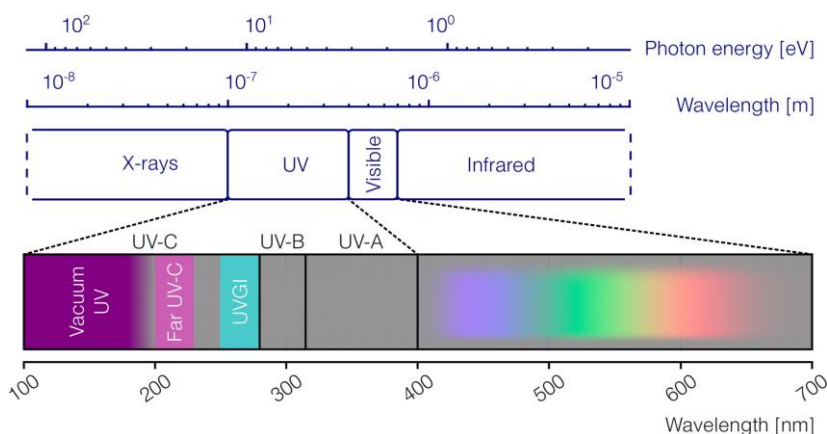


Figura 01. Clasificación de la radiación UV en el espectro electromagnético.

Fuente: Blatchley et al. (2023)

La radiación ultravioleta se divide en cuatro regiones: UVA (315-400 nm), UVB (280-315 nm), UVC (200-280 nm) y UV de vacío (100-200 nm). La región UVC se destaca por su capacidad germicida y letalidad contra microorganismos, incluyendo bacterias, hongos y virus. La radiación UVC tiene un efecto letal sobre las células microbianas, ya que puede dañar su ADN/ARN y afectar su metabolismo y reproducción. Este daño se produce principalmente por la formación de dímeros entre las bases de pirimidina que componen el ácido nucleico. Estos dímeros alteran la función normal del ADN y otras actividades celulares, provocando mutaciones y finalmente la muerte celular. Además de los dímeros, las esporas bacterianas también pueden generar productos de fotolisis (SP) debido a la conformación deshidratada del ADN. La fotólisis inducida por UVC también puede generar subproductos no tóxicos y lesiones mutagénicas en el ADN. (Blatchley et al. 2023)

La longitud de onda más letal se encuentra en el rango de 260-270 nm, ya que es intensamente absorbida por los ácidos nucleicos de los microorganismos. La longitud de onda óptima para la acción germicida máxima se sitúa en los 254 nm. Además del daño al ADN, la fotooxidación UV también puede afectar a otros componentes biológicos como proteínas, lípidos y esteroides, siendo las proteínas los principales objetivos celulares debido a su alta abundancia y la presencia de cromóforos endógenos en su estructura. (Singh et al. 2021). Además, la evidencia ha demostrado que la longitud de onda (nm) óptima para la inactivación de bacterias, a 265 nm, es aproximadamente un 15% más efectiva que el pico UV-C de 254 nm. Tal vez, la longitud de onda óptima para inactivar las esporas es de 270 nm, que es aproximadamente un 40% más efectiva que 254 nm. (Sharma et al. 2023)

Tabla 03. Efectos de las lámparas de rayos ultravioleta en la reducción de microorganismos en diferentes tipos de alimentos en la etapa postcosecha.

| Autor/es | Tipo de alimento | Tipo de lámpara UV-C | Parámetros de exposición | Tipo de microorganismos reducidos | Porcentaje de reducción |
|-------------------------------|---|----------------------|--------------------------|--|-------------------------|
| (Perkins-Veazie et al. ,2017) | Arandano, uva | UV de baja presión | 260-265 nm | <i>Escherichia coli</i> | 15-95% |
| (Márquez y Pretell, 2018) | <i>Mangifera indica L.</i> <i>Ananas comosus</i> | UV-C Onda Corta | 251-271 nm | <i>Bacillus subtilis</i> <i>Cryptosporidium parvum</i> | 15-40% |
| (Vega, 2020) | <i>Solanum lycopersicum</i> var. | UV-C Onda corta | 200-280 nm | <i>Fusarium spp.</i> <i>Colletotrichum spp.</i> <i>Botrytis spp.</i> | 40-80% |
| (Gabriel ,2020) | <i>Mangifera indica</i> <i>Prunus persica</i> | UV-C Onda corta | 245-275 nm | <i>Pleurotus ostreatus</i> <i>lentinula edodes</i> | 35-75% |
| (Pretel, 2019) | <i>Physalis peruviana L.</i> | UV-C Onda corta | 253 nm | <i>Listeria monocytogene</i> | 65-80% |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 03 se observan los tipos de lámparas de rayos ultravioletas más utilizados para la reducción de microorganismos en la etapa de postcosecha. Basado en estos tipos de lámparas Perkins et al. (2017) plantea el uso de lámparas UV de baja presión para la erradicación en gran porcentaje de *Escherichia coli* con un rango de radiación que va desde los 260 – 265 nm en la producción de arándanos y uvas. Así mismo Márquez y Pretell (2018) realizaron estudios en productos como el mango kenth y piña utilizando lámparas de onda corta con una dosis de 251 – 271 nm de radiación generando una disminución que va desde el 15 - 40 % de patógenos como *Bacillus subtilis*, *Cryptosporidium parvum*.

En una investigación realizado por Vega (2020), donde se utilizó lámparas de onda corta (UV-C) para erradicar hongos como *Fusarium spp*, *Colletotrichum spp*, *Botrytis spp.*, los cuales son encargados de la pudrición ácida en cultivos de jitomate, utilizó una radiación de 200- 280 nm, arrojando un porcentaje de erradicacion de 40 – 80 % de dichos hongos en los productos. Valencia (2020)

realizó estudios en *Mangifera indica*, *Prunus pérsica*, donde utilizó una radiación de 245 – 275 nm con lámparas UV-C para eliminar la mayor cantidad de *Pleurotus ostreatus*, *Lentinula edodes*, logrando obtener una desinfección del 35 – 75 % en los productos.

La luz y/o el espectro pueden modularse para influir en los procesos metabólicos de las plantas, como la producción de fitoquímicos. (Castagna et al. 2013) La exposición a la radiación UV-B puede estimular la síntesis de ciertas sustancias antioxidantes y protectoras contra los rayos UV. La respuesta de las plantas depende del tipo y la cantidad de radiación recibida. Las plantas que reciben radiación UV activan mecanismos de defensa contra el estrés que alteran el metabolismo secundario y aumentan la concentración de algunos fitoquímicos. (Lu et al. 2018). Las evidencias sugieren que la radiación UV-B puede ser una alternativa ecológica y no química para conservar la calidad de los productos postcosecha, como el tomate, al mejorar su actividad antioxidante.

Efectos similares se observaron con la radiación UV-C en el tomate, como el retraso del proceso de maduración, el aumento de la firmeza y la extensión de la vida útil. (Liu et al. 2012) Un experimento demostró que una dosis de 2,0 kJ·m⁻² de UV-C activó la vía antioxidante, incrementando el contenido de quercetina en un 25% y el contenido total de flavonoides, y el pico más alto de quercetina se registró después de 15 días de almacenamiento a 0 °C. (Park y Kim, 2015). En una investigación donde evaluaron la eficacia de los diodos emisores de luz ultravioleta (UV-C) para desinfectar superficies de acero inoxidable que entran en contacto con alimentos. *Listeria monocytogenes*, *E. coli* y *Salmonella enterica serovar Typhimurium*; se sometieron a diferentes dosis de UV-C y se redujeron en más de 3 log₁₀ ciclos con la dosis máxima de UV de 12 mJ cm⁻². A continuación se describe el método utilizado en la investigación.

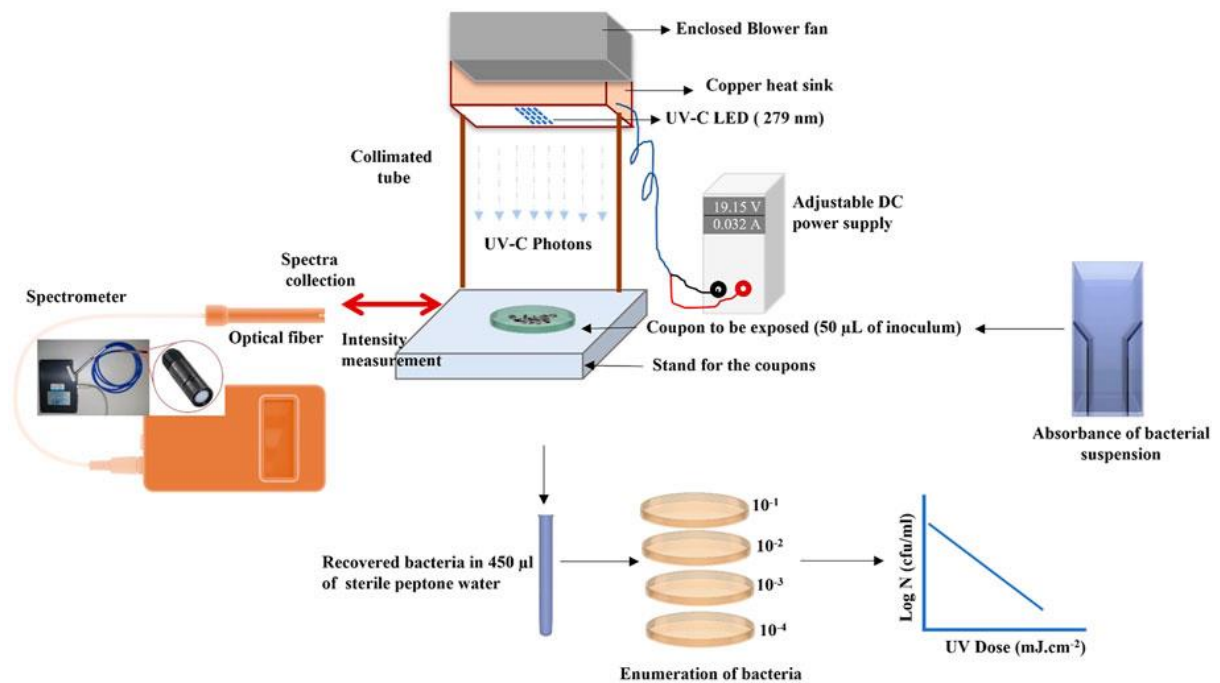


Figura 02. Metodología empleada para la reducción de *Listeria monocytogenes* (ATCC 19115), *Escherichia coli* (ATCC 25922) y *Salmonella enterica serovar Typhimurium* (ATCC 700720), usando radiación UV-C.

Fuente: Sharma et al. (2023)

La aplicación de UV postcosecha puede ser útil para reducir la población microbiana mediante la desinfección con UV-C no ionizante. Los principales beneficios de este método son la seguridad sanitaria debido a la ausencia de residuos químicos y el bajo costo. (Singh et al. 2021) Se ha informado que las dosis de UV-C que van desde 0,5 a 20 kJ·m⁻² limitan la actividad microbiana, lo que induce la formación de pirimidina dímeros que alteran la hélice del ADN, inhibiendo la replicación microbiana. Estudios previos indican que el efecto del tratamiento UV-C fue el mismo en el rango de temperatura de 5 a 37 °C, pero puede haber sido influenciado por la superficie del producto y el ángulo de irradiación.

La población microbiana también puede verse limitada indirectamente por los mecanismos de defensa de las plantas desencadenados por los rayos UV-C. (Mansur, Lee y Lee 2023). Las condiciones de estrés abiótico inducidas por el tratamiento pueden conducir a la activación del metabolismo secundario, aumentando la producción de fitoquímicos con actividad nutracéutica. Estos efectos se han observado en diferentes especies vegetales, como la calabaza, el tomate,

el boniato y la sandía. En un experimento con ajo almacenado a 0 °C y tratado con 2 kJ·m⁻². (Manzocco et al. 2011)

Existen diversas alternativas de métodos de desinfección de alimentos disponibles en la actualidad, así que se debe evaluar y seleccionar el más adecuado para cada situación. Entre algunas opciones de tratamiento se encuentran los pulsos de luz, el campo eléctrico pulsado (PEF), el ozono, la luz ultravioleta (UV-C), el plasma frío, la radiación gamma y los bacteriófagos.

Los métodos de pulsos de luz y PEF son eficaces para desinfectar una variedad de alimentos sin alterar sus características sensoriales, pero sus altos costos y la posible pérdida de eficacia a causa de factores como la distancia y duración del pulso pueden limitar su adopción en la producción comercial (Mahendran et al. 2019).

En el caso del ozono y la luz UV-C, son alternativas efectivas que no requieren el uso de aditivos químicos, aunque su utilización puede generar efectos adversos como la persistencia de olores residuales en el alimento o el potencial de causar daño en ojos y piel. (Vijay Rakesh Reddy et al. 2022).

Por otro lado, el plasma frío y la radiación gamma son métodos altamente eficaces en la eliminación de microorganismos y patógenos, pero su alto costo y la posibilidad de afectar el sabor, olor y textura de los alimentos pueden limitar su uso en la producción comercial. (Balakrishnan et al. 2022).

Finalmente, los bacteriófagos son específicos para ciertos tipos de bacterias y no alteran las características sensoriales del alimento, aunque su actividad puede verse afectada durante el procesamiento y almacenamiento de alimentos. (Kanaan y Tarek 2022) La selección del método de desinfección más adecuado para cada situación específica requiere una evaluación rigurosa sobre las ventajas e inconvenientes de cada alternativa para asegurar una efectividad óptima en la desinfección de los alimentos. (Singh et al. 2021) (Anexo 08)

Tabla 04. Comparación de diferentes técnicas de desinfección incluida la luz ultravioleta.

| Método de desinfección | Ventajas | Limitaciones |
|-------------------------------|---|--|
| Procesamiento de plasma frío | <ul style="list-style-type: none"> • Método rentable en comparación con otros métodos de descontaminación química y térmica. • Método que consume menos tiempo. • Tecnología ecológica. | <ul style="list-style-type: none"> • Complejidad del equipo necesario • Optimización y escalado al tratamiento comercial. • Se desconocen los impactos del tratamiento con plasma frío en las cualidades, reogénicas y nutricionales de los alimentos tratados. |
| Campo eléctrico pulsado | <ul style="list-style-type: none"> • Pasteurización en frío • Reducción del consumo de energía y agua para procesos lentos de transporte masivo • Alta aceptación del consumidor | <ul style="list-style-type: none"> • Altos costos de inversión inicial y costos de procesamiento elevados |
| Radiación gamma | <ul style="list-style-type: none"> • Requiere dosis bajas a medias de menos de 10 kGy • Reduce los niveles de microorganismos de deterioro comunes en y sobre los productos frescos (por ejemplo, bayas). • Reduce el deterioro de bacterias y hongos en carne, aves y mariscos "frescos" • Los rayos gamma penetran a través del paquete y los productos. | <ul style="list-style-type: none"> • La radiación no se puede apagar • La exposición humana a la radiación gamma puede causar complicaciones |
| Procesamiento térmico (calor) | <ul style="list-style-type: none"> • Alarga el tiempo de conservación. • Elimina la mayoría de las bacterias perjudiciales por el efecto del calor. • Reduce la calidad de la leche al inactivar enzimas como la lipasa y la fosfatasa. • Proporciona un saneamiento rápido y seguro. | <ul style="list-style-type: none"> • No elimina los microorganismos que resisten al calor • Reduce el valor nutricional (minerales, vitaminas, etc.) • Requiere un control riguroso |
| Luz ultravioleta | <ul style="list-style-type: none"> • Mayor inactivación microbiana • Aumento de la vida útil de los productos alimenticios. • Efectos mínimos sobre la calidad nutricional y las propiedades reológicas y sensoriales de los alimentos • Menores costos operativos • Reducción de la necesidad de cualquier antimicrobiano • Tecnología verde altamente eficiente | <ul style="list-style-type: none"> • La luz UV-C solo penetra una profundidad muy corta en la superficie de los líquidos • Puede dañar la piel y los ojos • Muchos factores de proceso y producto en consideración |
| Procesamiento infrarrojo | <ul style="list-style-type: none"> • Reducción del tiempo de calentamiento • Calefacción uniforme, • Reducción de las pérdidas de calidad • Equipo versátil, sencillo y compacto • Proceso de ahorro de energía • Aplicación en riego, horneado, tostado, escaldado, pasteurización y esterilización de productos alimenticios | <ul style="list-style-type: none"> • Bajo poder de penetración • La exposición prolongada de materiales biológicos puede causar fracturas |
| Campo eléctrico pulsado | <ul style="list-style-type: none"> • Pasteurización en frío • Reducción del consumo de energía y agua para procesos lentos de transporte masivo. • Alta aceptación del consumidor. | <ul style="list-style-type: none"> • Altos costos de inversión inicial y costos de procesamiento elevados |

Fuente: (Singh et al. 2021)

Tabla 05. Comparación de diferentes técnicas de desinfección incluida la luz ultravioleta.

| Método de desinfección | Ventajas | Limitaciones |
|-----------------------------------|---|---|
| Procesamiento por radiofrecuencia | <ul style="list-style-type: none"> Alto calentamiento volumétrico Más apropiado para el tratamiento térmico de carnes La mayor eficiencia energética es su ventaja ecológica | <ul style="list-style-type: none"> Requiere formación y experiencia Reduce la frescura Genera pérdidas de rendimiento Gasta mucha agua No calienta de forma homogénea, sobre todo en alimentos heterogéneos con forma irregular El equipo tiene un alto costo |
| Tecnología de ultrasonido | <ul style="list-style-type: none"> Emulsificación y homogeneización de leche aplicadas. Pérdida mínima de color, sabor y otros componentes nutricionales en los productos tratados con ultrasonido. Micromezcla y mezcla más eficaces. Las ondas de ultrasonido son ecológicas, seguras y sin químicos. | <ul style="list-style-type: none"> Los radicales libres que se forman durante la cavitación pueden causar efectos pueden ser perjudiciales para el consumidor, El ultrasonido puede causar un efecto físico químico que puede ser responsable de la falta de sabor, decoloración y degradación de los componentes. Alta inversión inicial Aumento rápido de la temperatura con ultrasonidos |
| Campo eléctrico pulsado | <ul style="list-style-type: none"> Pasteurización en frío Reducción del consumo de energía y agua para procesos lentos de transporte masivo Alta aceptación del consumidor | <ul style="list-style-type: none"> Altos costos de inversión inicial y costos de procesamiento elevados |

Fuente: (Singh et al. 2021)

El rendimiento de la inactivación microbiana por radiación UVC depende de múltiples factores, como el color, la densidad óptica, la viscosidad, la turbidez, el pH, el espesor y la composición química del alimento. La penetración de la luz UVC es limitada en alimentos líquidos debido a su alta densidad óptica, lo que reduce la eficacia antimicrobiana de la radiación.

La absorción UV y la turbidez también son importantes características ópticas que afectan la letalidad. La absorción de los alimentos líquidos (α) depende de sus componentes, y los alimentos líquidos transparentes tienen una absorción menor que los jugos con pulpa o los alimentos con sólidos suspendidos. La matriz alimentaria con sólidos suspendidos y componentes solubles reduce la eficacia de la radiación UVC al provocar la reflexión, dispersión y absorción de la luz. Por eso, es importante conocer las características de absorción de los alimentos líquidos y los jugos para calcular la dosis de UVC necesaria. Agitar el líquido en los reactores o exponer los alimentos en capas finas puede aumentar la eficiencia del proceso.

El desarrollo de un proceso de UVC requiere un diseño adecuado y una dosis operativa seguida de un paso de validación para asegurar que la dosis de UVC se aplique de forma fiable al producto y una evaluación adecuada de la eficiencia de desinfección microbiana del sistema. Los factores clave son la fuente de luz UVC, el equipo del reactor UV y el sistema de bombeo que controla los perfiles de flujo, la distribución del tiempo de residencia, la distribución de la dosis y la capacidad de limpieza. Es importante elegir el reactor adecuado para diseñar en función de los cálculos de rentabilidad para un dispositivo.

Vitis vinifera L. es una planta de la familia *Vitaceae*, con una larga historia de cultivo que se remonta a unos 9000 años. Su superficie de plantación mundial alcanza los 7,5 millones de hectáreas, y su producción anual supera los 75 millones de toneladas. Los compuestos bioactivos presentes en las uvas tienen efectos beneficiosos para la prevención de diversas patologías, como las cardiovasculares, la aterosclerosis, las inflamaciones, los cánceres, los trastornos oculares, la diabetes, la obesidad y las disfunciones del sistema nervioso. Debido a sus propiedades organolépticas y saludables, el 50% de la producción de uva se destina a la vinificación, y el otro 50% se utiliza para obtener pasas, jugos, mostos, consumo fresco y mermeladas. Asimismo, las semillas constituyen alrededor del 15% de los residuos de la industria vitivinícola, y pueden aprovecharse para elaborar aceites o productos farmacéuticos ricos en proantocianidinas oligoméricas. (Tkacz et al. 2019; Bucić-Kojić et al. 2009)

Lasiodiplodia sp. es un hongo que causa enfermedades en diversos cultivos agrícolas, entre ellos la vid (*Vitis vinifera*), afectando su calidad y rendimiento. Se caracteriza por producir síntomas como marchitez, necrosis, chancros, podredumbre y muerte de las plantas. (Polanco-Florián et al. 2020) Además, se ha documentado ocasionalmente que es el agente causal de infecciones en humanos con una variedad de infecciones reportadas tanto en pacientes inmunocompetentes como inmunocomprometidos, incluyendo sinusitis, queratitis, neumonía y lesiones cutáneas. (Salvatore, Alves y Andolfi 2020)

Este hongo pertenece a la familia *Botryosphaeriaceae*, que agrupa a varios géneros de hongos endofíticos que pueden convertirse en patógenos oportunistas bajo

condiciones de estrés ambiental o de la planta. (Moreira-Morrillo et al. 2021)
Lasiodiplodia theobromae se ha reportado en más de 500 especies de plantas en todo el mundo, causando síntomas como muerte regresiva, chancros, pudrición de frutos, marchitez, entre otros. (Flores et al. 2021)



Figura 03. Síntomas de daños en cítricos: gomosis en ramas (a), daño en corteza y leño (b) y (c); pudrición en fruto con crecimiento de micelio (d).

Fuente: Flores et al. (2021)

Tabla 06. *Taxonomía de Vitis vinifera.*

| <i>Vitis vinifera</i> | |
|------------------------------|-----------------------|
| Reino | <i>Plantae</i> |
| Filo | <i>Magnoliophyta</i> |
| Clase | <i>Magnoliopsida</i> |
| Orden | <i>Vitales</i> |
| Familia | <i>Vitaceae</i> |
| Género | <i>Vitis</i> |
| Especie | <i>Vitis vinifera</i> |

Fuente: Kolařík et al. (2023)

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación:

La investigación se clasificó como aplicada, se utilizó la teoría para abordar y resolver problemas prácticos. Se fundamenta en los hallazgos, descubrimientos y soluciones planteados en los objetivos de la investigación. De modo que se tiene como objetivo aplicar un tratamiento específico (el uso de lámparas de rayos ultravioleta) para reducir el crecimiento de *Lasiodiplodia sp.* en la etapa postcosecha. Este tipo de investigación busca resolver un problema o necesidad específica en un campo de aplicación práctica, en este caso, el control de calidad y la conservación de alimentos. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014)

El enfoque utilizado del estudio fue de naturaleza cuantitativa, ya que se centra en fenómenos que pueden ser medidos y aborda objetivos y problemas establecidos en el proyecto de investigación. Además, se emplean habilidades estadísticas para el análisis posterior de los datos recopilados. (Sánchez, 2018)

Se utilizó una metodología de diseño experimental, ya que se está manipulando una variable independiente (en este caso, la aplicación de lámparas de rayos ultravioleta) para medir su efecto sobre una variable dependiente (la reducción del crecimiento de *Lasiodiplodia sp.* en la etapa postcosecha), y se busca establecer una relación causa-efecto. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014)

El diseño experimental puro es un enfoque de investigación en el cual las unidades experimentales son asignadas aleatoriamente a diferentes grupos de tratamiento para establecer una relación causal entre las dos variables. Este diseño se caracteriza por la asignación aleatoria, el control de variables, la existencia de grupos de tratamiento y la medición de la variable dependiente. (Fernández et al. 2014) Nuestra investigación se enmarcó

dentro de este diseño porque cumple con todas estas características. Se utilizó la asignación aleatoria para dividir los alimentos (*Vitis vinifera*) en grupos de tratamiento y de control. Se manipuló la variable en los grupos de tratamiento, mientras que los grupos de control no se expusieron a radiación UV-C. Luego, se midió la variable dependiente (crecimiento de *Lasiodiplodia sp.*) en ambos grupos para evaluar el efecto de la radiación UV-C en el crecimiento del hongo.

3.2 Variables y Operacionalización

Variable independiente: Eficacia de las lámparas de radiación UV-C

Variable dependiente: Reducción del crecimiento de *Lasiodiplodia sp.*

Tabla 07. Variables y tipo de investigación.

| Variables de investigación | Tipo |
|---|-----------------------------------|
| Eficacia de las lámparas de rayos UV | Variable independiente (estímulo) |
| Reducción del crecimiento de <i>Lasiodiplodia sp.</i> | Variable dependiente (efecto) |

Fuente: Elaboración propia

3.3 Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población.

La población de investigación se refiere a un conjunto específico y delimitado de casos que se considera como el punto de referencia para la selección de la muestra. Esta población cumple con criterios predefinidos y está accesible para el estudio. (Otzen y Manterola, 2017). En nuestra investigación, la población objetivo fue el hongo *Lasiodiplodia*

sp. presente en cultivos contaminados tanto de uva (*Vitis vinifera*) de la variedad Sweet Glove y de palto (*Persea Americana L.*) variedad Hass de la empresa agroindustrial SAMNSA ubicada en el distrito de Pacanga, provincia de Chepén. Las muestras de frutos en sí mismas también fueron consideradas como unidades de análisis adicionales para evaluar los cambios en su calidad y reducción del crecimiento fúngico.

- Criterios de inclusión

- 1) Tejido infectado de uva (*Vitis vinifera*) provenientes de los cultivos de la empresa agroindustrial "SAMNSA".
- 2) Signos visibles de infección por *Lasiodiplodia sp.*, como manchas oscuras, necrosis o pudrición. Presencia de chancro en palto.
- 3) Racimos de uvas y palto en la etapa de postcosecha, con un tiempo máximo de 24 horas desde la cosecha.
- 4) Racimos de uvas que no hayan sido sometidos a tratamientos antifúngicos antes de la investigación.
- 5) Racimos de uvas que no hayan sufrido daños mecánicos durante la cosecha o transporte.

- Criterios de exclusión

- 1) Tejido infectado de uva provenientes de otros cultivos o variedades diferentes a *Vitis vinifera* (uva Sweet Glove) y palto (palta Hass).
- 2) Racimos de uvas y palto con signos de infección por otros patógenos distintos a *Lasiodiplodia sp.*
- 3) Racimos de uvas y palto que hayan sido tratados previamente con fungicidas u otros métodos de control de enfermedades.
- 4) Racimos de uvas y palto cultivadas en condiciones ambientales anormales que puedan influir en los resultados, como exposición a temperaturas extremas o altos niveles de humedad.

3.3.2. Muestra

Una muestra se refiere a un grupo específico de individuos seleccionados de manera aleatorizada dentro de la población accesible. Es fundamental que la muestra sea representativa y numéricamente adecuada para poder realizar inferencias y generalizar los hallazgos observados en esta muestra a toda la población objetivo. (Otzen y Manterola 2017b). La muestra lo conformaron un total de 20 muestras tomadas de racimos y tronco. Para uva: Sweet Glove (*Vitis Vinifera*) se obtuvieron un total de 5 muestras y de palto (*Persea Americana L.*) un total de 15 muestras tal como se especifica en el *Anexo 02*. Todas las muestras se identificaron macroscópicamente para la sintomatología de infección por *Lasiodiplodia sp.* tal como se muestra en los procedimientos.

3.3.3. Muestreo

El tipo de muestreo utilizado fue no probabilístico, por conveniencia. El investigador opta por tomar una muestra que le permita recopilar la información necesaria. Este enfoque se conoce como muestreo por conveniencia, ya que la selección de los elementos o sujetos de la muestra se basa en consideraciones económicas, de tiempo u otras. También, se debe tener en cuenta que los resultados obtenidos a través de este método pueden estar sesgados debido a la falta de representatividad que puede tener el segmento seleccionado. (Corral, Corral y Franco, 2015)

Las muestras obtenidas se realizaron siguiendo los criterios establecidos tanto por el personal de fitopatología de la empresa SAMNSA como por los investigadores. Estos criterios se basaron en la accesibilidad a las grandes extensiones de terreno que posee la empresa para el cultivo de palto Hass y uva Sweet Glove; la disponibilidad de tiempo para la recolección de muestras; criterios del personal de fitopatología sobre los lotes que presentaban mayor sintomatología de infección por *Lasiodiplodia sp.* Por lo que la toma

de muestras se realizó de manera conveniente, basada en la disponibilidad y accesibilidad de los mismos en el contexto de la investigación. No se utilizó un proceso de selección aleatorio o probabilístico.

3.3.4. Unidad de análisis:

La unidad de análisis principal fue el hongo *Lasiodiplodia sp.*, objeto de estudio para determinar el efecto de las lámparas de rayos UV-C en la reducción de su crecimiento. También se analizaron las muestras de *Vitis vinifera* (vid) en la etapa de postcosecha, que son los productos vegetales en los que se evaluó el efecto de la radiación UV-C.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica de la observación consiste en registrar y comprobar diversas situaciones que ocurren y se perciben en la realidad. Mediante la observación y la medición directa, se pueden registrar y medir las variables que corresponden a las hipótesis. La observación es una técnica que implica el examen atento y sistemático de un fenómeno o un hecho relacionado con el objetivo de la investigación, sin intervenir o alterar su desarrollo natural. La observación y la medición directa, en conjunto, permiten obtener datos e información sobre las variables de interés para la investigación (Hernández, Fernández y Baptista, 2014)

Muestreo de Muestras Botánicas: Para la obtención de muestras de *Vitis vinifera* (uvas), se siguió un protocolo meticuloso. Se seleccionaron frutos que representaran un mismo estado de madurez, variedad y condiciones de salud.

Los equipos empleados para la recolección de datos fueron:

- **Balanza electrónica:** Es un instrumento que se utiliza para medir la masa o el peso de sustancias o materiales con gran precisión y exactitud. Fue empleada como instrumento de recolección de datos

permitiendo conocer la variabilidad del peso de la uva después de los tratamientos con radiación UV-C.

- Higrómetro: Es un instrumento que puede medir la temperatura y la humedad del aire. Se usó para medir estos valores dentro de la caja en exposición de radiación UV-C
- Microscopio óptico: Un microscopio óptico es un instrumento que utiliza la luz visible y un sistema de lentes para aumentar el tamaño de las imágenes de objetos pequeños que no se pueden ver a simple vista. Fue utilizado para realizar la identificación morfológica de los aislamientos.
- Micrómetro ocular: Se usó para medir el tamaño de esporas en la identificación microscópica de aislamientos
- Cámara de Neubauer: Se utilizó este instrumento para el conteo de esporas.
- Micrómetro KAMASA 75 – 100 mm: Se usó este instrumento para las mediciones del área micelial de *Lasiodiplodia sp.* postratamientos.

Lámparas de radiación UV-C: Se emplearon lámparas de rayos UV-C con una longitud de onda específica de 254 nanómetros, conocida por su capacidad germicida.

Cámara de Crecimiento Controlada: Se utilizó una cámara de crecimiento con control preciso de la temperatura, la humedad relativa y la iluminación. Esto permitió mantener condiciones ambientales constantes y reproducibles durante la exposición de las muestras a la radiación UV-C.

Registro de Parámetros de Exposición: Se registraron datos detallados sobre la intensidad de la radiación UV-C, el tiempo de exposición y la distancia entre las lámparas y las muestras. Estos parámetros se mantuvieron constantes en todas las repeticiones de los experimentos.

Registro del área micelial: Se realizaron mediciones antes y después de la exposición a UV-C. Estos análisis incluyeron la identificación y cuantificación de *Lasiodiplodia sp.* mediante la medición del área micelial y cultivo en medios selectivos.

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos utilizados son los siguientes:

- Técnica: Observación
- Instrumento: Ficha de recolección de datos

La observación directa se llevó a cabo para recopilar información sobre el crecimiento de *Lasiodiplodia sp.* en los productos agrícolas y su respuesta a la exposición a las lámparas de rayos UV-C. La ficha de recolección de datos es el instrumento utilizado para registrar y sistematizar la información obtenida durante la observación.

La ficha de recolección de datos se incluyó en los siguientes campos:

1. Identificación de la muestra: Se registró el código o número de identificación de cada muestra de uva.
2. Ficha de campo para toma de muestras de tejido infectado: Se registró los datos de tomas de muestra como variedad del cultivo, lote, coordenadas, fecha, hora, entre otros.
3. Identificación macroscópica: Se registraron las características de crecimiento de las 20 placas en crecimiento para su posterior identificación. Algunas de estas características fueron: color de la colonia, color en el reverso, difusión del pigmento, velocidad de crecimiento, entre otros.
4. Identificación microscópica: Se anotaron características como el tipo de micelio, tipo de reproducción, longitud de ancho y largo de conidias, entre otros
5. Características de la muestra: Se anotaron las características físicas de las muestras, como el tamaño, el color y la apariencia general.
6. Condiciones de exposición a las lámparas UV-C: Se registraron los parámetros de exposición, como la distancia de la lámpara a la muestra, la duración de la exposición y la intensidad de la radiación UV-C medida con un fotómetro.
7. Observaciones del crecimiento de *Lasiodiplodia sp.* Se anotaron las observaciones sobre el crecimiento del hongo en las muestras expuestas

y en las muestras de control. Se registraron datos como la presencia de colonias, el tamaño y la coloración de las colonias, y cualquier otro detalle relevante.

8. Otros datos relevantes: Cualquier otro dato o detalle importante relacionado con el crecimiento del hongo y las condiciones experimentales fue registrado en la ficha de recolección de datos.

3.5 Procedimientos

Recolección de la muestra biológica

Las muestras de tejido infectado fueron obtenidas de empresa Agroindustrial SAMNSA, tanto de palto Hass (*Persea americana*) como de uva Sweet Glove (*Vitis vinifera* L.), ubicada en el distrito de Pacanga, provincia de Chepén, entre las coordenadas 7° 04' 49.9" latitud sur y 79° 31' 34.6" latitud este a una altitud promedio de 94.6 msnm. El clima corresponde a un árido y seco. La temperatura media anual es de 25°C y la precipitación media anual es de 200 mm². No llueve durante 161 días por año y la radiación UV es extrema. La temperatura anual varía entre 17°C a 29°C.

Se realizó la identificación macroscópica en campo de los cultivos afectados en campo con el hongo patógeno, teniendo en cuenta características como presencia de chancro en el tronco y en ramas laterales, de forma de cuña en el tejido vascular.



Figura 04. Toma de muestra en rama lateral en palto (*Persea Americana* L.) con presencia de chancro.

Fuente: Elaboración propia

Se tomaron 20 muestras las cuales fueron obtenidas de diferentes lotes del cultivo de uva Sweet Glove y palta Hass. Las muestras recolectadas se tomaron cortando ramificaciones con tijeras esterilizadas y almacenadas en bolsas plásticas herméticas. Se almacenaron en una caja de Tecnopor y se trasladaron al laboratorio inmediatamente para los posteriores análisis.



Figura 05. Muestras recolectadas de los lotes de cultivo.

Fuente: Elaboración propia

Identificación y caracterización macroscópica y microscópica

Para la identificación macroscópica se tomaron en cuenta características observacionales como el color de la colonia, medición del crecimiento, forma, tamaño, entre otros. Todos los aislados se identificaron morfológicamente según la colonia (color, forma, textura) y los conidios (tamaño, forma, septación) bajo el microscopio óptico. Para las caracterizaciones microscópicas se utilizó como tinciones azules de lactofenol, azul de metileno y aceite de inmersión para las lecturas bajo 40x. Se usó la técnica de cinta adhesiva para las observaciones microscópicas.

Se observaron las características macroscópicas y microscópicas de *Lasiodiplodia sp.* descritas por [(Phillips et al. 2013)] y [(Alves et al. 2008)], tales como colonias de color negro, con textura aterciopelada y bordes irregulares, y conidios hialinos, alantoides, unicelulares o bicelulares, con una base truncada y una cicatriz oscura, entre otras características.

Preparación de medios de cultivo en laboratorio y siembra de muestras

Se preparó un medio de cultivo sólido adecuado para el crecimiento del hongo, se usó el agar papa dextrosa (PDA). Se pesó el polvo de agar y se disolvió en agua en una proporción de 39 g/L para PDA. Se prepararon medios de cultivo en placas para 20 muestras con 3 repeticiones cada una. Se calentó la mezcla hasta que hirvió y se disolvió completamente el agar. Se esterilizó el medio de cultivo sólido en una autoclave y una olla a presión a 121 °C o 0.1 MPa y 15 psi durante 15 minutos. Se vertió el medio de cultivo sólido en placas petri estériles hasta cubrir 2/3 de su superficie. Se dejó que el medio de cultivo sólido se solidificara y se enfriara a temperatura ambiente.

Se sembró el hongo en las placas petri con el medio de cultivo sólido, usando un asa bacteriológica esterilizada. Se tomó una pequeña porción del tejido vegetal infectado y se transfirió al centro de la placa petri con el medio de cultivo sólido. Se incubó las placas en una incubadora a una temperatura óptima para el crecimiento del hongo, a 30 °C. Se observó el crecimiento del hongo cada 24 horas hasta que alcanzó un diámetro suficiente para su identificación y análisis.



Figura 06. Inoculación del hongo en estudio en el laboratorio.

Fuente: Elaboración propia

Inoculación, incubación y determinación del número de esporas de *Lasiodiplodia sp.* en uva tratados con UV-C.

La cepa fúngica se cultivó en matraces Erlenmeyer de 500 ml con agitación e inoculados con trozos de agar patata dextrosa con un cultivo puro. Tras seis días de incubación, se filtró el contenido del matraz con dos capas de gasa para obtener una suspensión de esporas con contenido del hongo. Se realizaron 10 muestras seriadas a partir de la solución madre. Se utilizó una cámara de Neubauer (MARIENFELD, estándar DIN 12 847) para el conteo de esporas.

Para el cálculo de la concentración de esporas por mililitro se usó la siguiente fórmula:

$$CE \text{ (esporas/ml)} = \frac{NEC \times 10^4}{NCC}$$

CE = Conteo de esporas

NEC = Número de esporas

NCC

= Número de cuadrados contados *contadas*

Para el ajuste de la concentración a un valor deseado, se hizo diluciones con agua destilada estéril usando la siguiente fórmula:

$$CI \times VI = CF \times VF$$

CI = Concentración Inicial

VI = Volumen Inicial

CF = Concentración Final

VF = Volumen Final

Se realizaron 3 soluciones con diferentes concentraciones de esporas a 3 tiempos distintos y se realizaron ensayos de patogenicidad para saber con qué dosis se presentan signos de crecimiento del hongo, tal como se detalla a continuación:

Tabla 08. *Elaboración de inóculos con diferentes concentraciones de esporas y tiempo.*

| Concentración esporas | Tiempo | Repetición 1 | Repetición 2 |
|-------------------------------------|---------------|--------------|--------------|
| 10²esporas/ml (A) | 8 horas (A1) | A-A1-R1 | A-A1-R2 |
| | 24 horas (B1) | A-B1-R1 | A-B1-R2 |
| | 48 horas (C1) | A-C1-R1 | A-C1-R2 |
| 10⁶esporas/ml (B) | 8 horas (A1) | B-A1-R1 | B-A1-R2 |
| | 24 horas (B1) | B-B1-R1 | B-B1-R2 |
| | 48 horas (C1) | B-C1-R1 | B-C1-R3 |
| 10⁸esporas/ml (C) | 8 horas (A1) | C-A1-R1 | C-A1-R1 |
| | 24 horas (B1) | C-B1-R1 | C-B1-R2 |
| | 48 horas (C1) | C-C1-R1 | C-C1-R3 |

Fuente: Elaboración propia

Para determinar el efecto de los tratamientos postcosecha en la susceptibilidad a la podredumbre de la uva, se separaron 3 kg de uva higienizada en 4 grupos. Se usaron uvas sanas y maduras. Se lavó las uvas con agua estéril para eliminar posibles contaminantes y fueron secadas con papel absorbente.

Se realizó una herida superficial en la zona del pedúnculo de cada uva, usando una aguja estéril. La herida tuvo unos 2 mm de profundidad y 5 mm de diámetro, aproximadamente. Se inoculó cada uva con 20 µL de la suspensión de esporas de *Lasiodiplodia sp.*, usando una micropipeta estéril. Se depositó el inóculo sobre la herida y se dejó que se absorba. Se usó uvas inoculadas con agua destilada estéril como testigos. En 3 grupos, cada uva fue perforada cinco veces con una aguja estéril (uvas dañadas). Las uvas se contaminaron con *Lasiodiplodia sp.*, un hongo que produce la pudrición del racimo, un defecto de calidad en las uvas.

La suspensión de conidios se obtuvo inundando tres placas (de 6 días de antigüedad) de PDA con 9 mL de agua nanopura estéril con 0,05% de Tween 80 (Fluka Biochemika, Steinheim, Alemania) y raspando la superficie con

una varilla de vidrio estéril. La suspensión conidial se filtró con papel Whatman nº 1, se diluyó en agua nanopura estéril, según se necesitara, y se contó por microscopía, usando una cámara de recuento de Neubauer. La suspensión resultante se ajustó a una concentración de 9×10^5 conidios/ml o 10^6 /mL esporas. La concentración del inóculo final se determinó sembrando diluciones seriadas adecuadas del inóculo en PDA e incubando las placas durante máximo 48 horas a 25 °C.

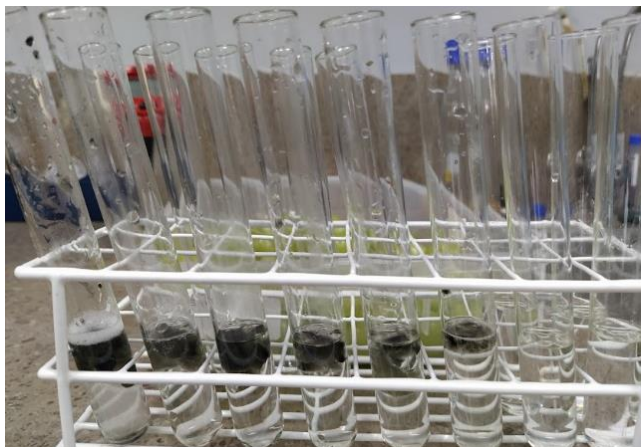


Figura 07. Preparación de inóculos de *Lasioidiplodia* sp. a distintas concentraciones (10^2 esporas/ml, 10^6 esporas/ml y 10^8 esporas/ml)

Fuente: Elaboración propia

Después de los tratamientos postcosecha, cada baya del racimo de uvas se inoculó con 20 μ L a concentración 10^6 conidios/ml (aproximadamente $1,8 \times 10^3$ conidios por baya). Tras la inoculación, las zonas se secaron al aire durante 30 min en una cabina de bioseguridad. Luego, los racimos de uva inoculados y no inoculados se almacenaron a 4 °C y 90% de humedad relativa para evitar la pérdida de agua hasta por 9 días.



Figura 08. Inoculación de uvas a concentración de 10^6 conidios/ml

Fuente: Elaboración propia

Determinación de la dosis de radiación UV-C

Se utilizó una lámpara de radiación UV-C (emisión máxima a 253,7 nm, TUV* 15W G13 T8 55V, Philips, Holanda) que cuenta con una intensidad de radiación de 5.1 W, lo que equivale a 5.1 J/s o 5.1 mW/cm²

Para la medición de la dosis UV-C se siguió la siguiente fórmula:

$$\text{DOSIS UV - C} = \text{IR} * \text{TE}$$

Donde:

IR = Intensidad de la Radiación

TE = Tiempo de exposición

Las dosis de radiación UVC y tratamientos se detallan en el siguiente recuadro.

Tabla 09. Dosis UV-C para tratamientos postcosecha.

| Dosis UV-C | Repetición | Días de almacenamiento |
|-----------------------------|------------|------------------------|
| Control | R1 | 3 días, 6 días, 9 días |
| | R2 | |
| | R3 | |
| 1530 mJ/cm ² (A) | R1 | 3 días, 6 días, 9 días |
| | R2 | |
| | R3 | |
| 6120 mJ/cm ² (B) | R1 | 3 días, 6 días, 9 días |
| | R2 | |
| | R3 | |
| 9280 mJ/cm ² (C) | R1 | 3 días, 6 días, 9 días |
| | R2 | |
| | R3 | |

Fuente: Elaboración propia

Construcción de cámara de radiación UV-C

La caja de Tecnopor sellada (40 cm de alto x 100 cm de largo x 30 cm de ancho) sirvió como cabina de exposición a la luz UV-C tenía una lámpara germicida (emisión máxima a 253,7 nm, TUV* 15W G13 T8 55V, Philips, Holanda) puesta en diagonal. Se forró con aluminio para mejorar la irradiación. Las muestras a irradiar se colocaron sobre un estante cubierto con papel aluminio a 20 cm de distancia debajo de las lámparas. Para evitar el aumento de temperatura causado por la radiación UV-C, se colocó un sistema de ventilación (ventilador Ecoclima, Argentina) en una esquina de la cabina. La temperatura media durante los tratamientos fue de 25 ± 2 °C. Las lámparas se encendieron 15 min antes de usarlas para que se estabilizaran.

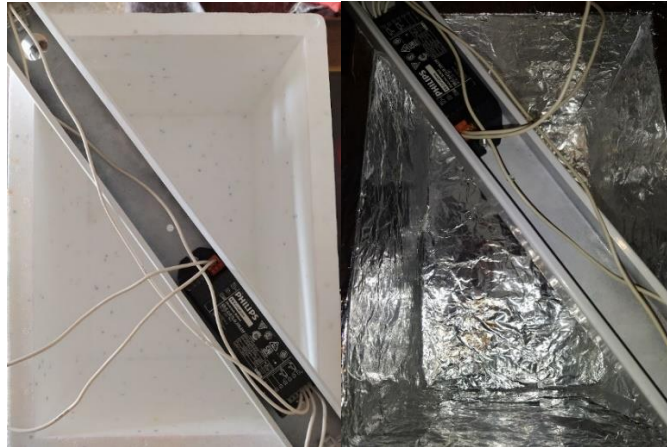


Figura 09. Elaboración de cámara de radiación UVC caja de Tecnopor sellada (40 cm de alto x 100 cm de largo x 30 cm de ancho).

Fuente: Elaboración propia

Tratamiento postcosecha

Las uvas se sometieron al protocolo de Allende et al. (2007) para el tratamiento UV-C. Las uvas se dispusieron en una capa única en el recipiente de iluminación para el tratamiento, y se aplicó la dosis elegida de UV-C (control, $1530 \text{ mJ/cm}^2 \pm 100 \text{ mJ/cm}^2$, $6120 \text{ mJ/cm}^2 \pm 100 \text{ mJ/cm}^2$ y $9280 \text{ mJ/cm}^2 \pm 100 \text{ mJ/cm}^2$) estableciendo un tiempo específico de exposición según la dosis a irradiar (5 min, 20 min y 30 min respectivamente) a una distancia fija (20 cm). La dosis de UV-C se basó en estudios anteriores (Allende et al., 2007, Selma et al., 2008). Las uvas se giraron después del primer paso de iluminación para asegurar la exposición total de la superficie a la luz UV-C. Todos los tratamientos se realizaron a temperatura ambiente a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ previamente realizando la esterilización del medio para cada tratamiento.

Las variables para los tratamientos según la dosis elegida fueron las siguientes:

Tabla 10. Características de exposición a radiación UV-C.

| Dosis de tratamiento | Irradiancia UV-C | Tiempo | Distancia |
|-------------------------|----------------------|--------|-----------|
| 1530 mJ/cm ² | 5.1 W/m ² | 5 min | 20 cm |
| 6120 mJ/cm ² | 5.1 W/m ² | 20 min | 20 cm |
| 9280 mJ/cm ² | 5.1 W/m ² | 30 min | 20 cm |

Fuente: Elaboración propia

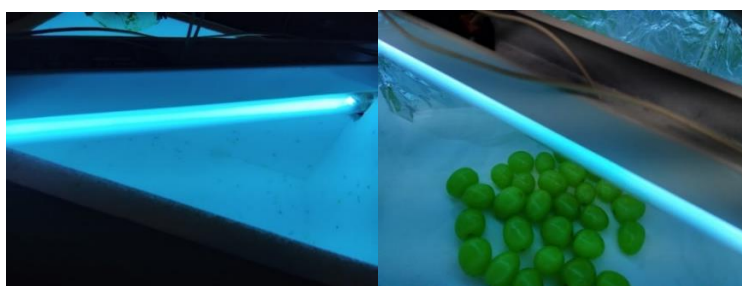


Figura 10. Exposición de muestras uvas a radiación UV-C.

Fuente: Elaboración propia

Características de vid pre y postratamientos

- **Humedad**

Se midió la pérdida de agua para todos los tratamientos de cada gránulo de uva. Para ello, se pesó cada gránulo de uva antes y después de los tratamientos. Constituida como un indicador de la pérdida de humedad por transpiración de los tejidos, se determinó gravimétricamente de acuerdo a Olivas et al., (2007) y se expresó en porcentaje respecto al peso inicial registrado por las muestras, la prueba se realizó cada 3 días y se utilizó la siguiente ecuación.

$$\text{Humedad}\% = \frac{A - B}{A} \times 100$$

Donde:

A: Peso inicial

B: Peso final

- **Potencial de Hidrógeno (pH)**

Para la medición de pH, se licuó parte de las uvas seleccionadas para cada tratamiento obteniendo el jugo del fruto. Se colocó en un matraz y se realizaron las respectivas mediciones.

Medición del área micelial

Se seleccionaron 40 uvas de cada tratamiento (control, 1530 mJ/cm² ± 100 mJ/cm², 6120 mJ/cm² ± 100 mJ/cm² y 9280 mJ/cm² ± 100 mJ/cm²). Se contorneó con un lápiz el área ocupada por el hongo en cada uva, y se recortó el papel siguiendo el contorno. Se pesó el papel recortado con una balanza de precisión, y se registró el peso en gramos. Se calculó el área micelial en cm², usando la siguiente fórmula.

$$A = \frac{D}{P}$$

Donde A es el área micelial, P es el peso del papel recortado y D es la densidad del papel (0,08 g/cm²).

Se obtuvo el promedio y la desviación estándar del área micelial para cada tratamiento, y se realizó un análisis estadístico para comparar los resultados.

3.6 Métodos de análisis de datos

Para la investigación, se utilizaron los siguientes métodos de análisis de datos:

1. Análisis descriptivo: Se realizó un análisis descriptivo de los datos recolectados para obtener una descripción detallada de las variables estudiadas.
2. Interpretación y presentación de resultados: Los resultados obtenidos se interpretaron de manera precisa y se presentaron de forma clara utilizando tablas, gráficos y visualizaciones adecuadas. Se analizaron los hallazgos en relación con los objetivos de la investigación y se discutieron las implicaciones y relevancia de los resultados.

Se utilizó el software Microsoft Excel (2021) para la representación de los datos en gráficos y figuras.

3.7 Aspectos éticos

En el desarrollo de la investigación se consideró y respetó de manera rigurosa los aspectos éticos de la investigación. A continuación, se amplía la información en relación a estos aspectos:

Protección de los derechos de autor: Se respetaron los derechos de autor y se aplicaron las normas ISO-690 para la correcta referencia y citación de las fuentes utilizadas en la tesis. Se atribuyó el crédito correspondiente a los autores originales, evitando cualquier forma de plagio o uso indebido de la propiedad intelectual.

Integridad científica: Se promovió la integridad científica en todas las etapas de la investigación. Se evitó la manipulación o distorsión de los resultados, presentando de manera transparente y precisa los hallazgos obtenidos. Se aplicaron métodos y técnicas apropiados, y se llevaron a cabo análisis estadísticos adecuados para garantizar la validez y confiabilidad de los resultados.

Cumplimiento de regulaciones institucionales: Se siguieron estrictamente las normas y regulaciones establecidas por la Universidad César Vallejo, en particular el Reglamento de Propiedad Intelectual y las directrices del Vicerrectorado de Investigación establecidas en el documento N°062-2023-VI-UCV. Estos lineamientos proporcionaron las pautas y recomendaciones necesarias para la realización ética de la investigación.

Se solicitó el permiso y la colaboración de la empresa agroindustrial SAMNSA para acceder a sus cultivos de vid y recolectar las muestras necesarias para el estudio. Se les informó sobre los objetivos, los métodos, los beneficios y los riesgos de la investigación, y se respetaron las condiciones y acuerdos. Se cumplieron las normas de bioseguridad y de manejo de residuos biológicos que se aplican en el laboratorio donde se realizó la caracterización morfológica y genética de *Lasiodiplodia sp.* Se usó

el equipo de protección personal adecuado y se evitó la contaminación o la dispersión del hongo. Se respetaron los derechos de autor y de propiedad intelectual de las fuentes de información que se utilizaron para la investigación.

Se citaron correctamente las referencias bibliográficas y se evitó el plagio o la falsificación de datos. Se reconoció la contribución de las personas e instituciones que apoyaron en el desarrollo del proyecto. Se difundieron los resultados de la investigación de forma honesta, transparente y responsable, tanto a la comunidad científica como a la empresa agroindustrial SAMNSA. Se destacaron las implicaciones y las limitaciones del estudio, y se propuso recomendaciones basadas en la evidencia. Se respetó la confidencialidad de los datos que se proporcionaron en la investigación.

IV. RESULTADOS

a. Caracterización e identificación morfológica de aislamientos

A nivel macroscópico las colonias de *Lasiodiplodia sp.* que crecieron en las placas con medio de cultivo de papa dextrosa presentaron un micelio espeso que al principio era blanco a los 5 días de la siembra y luego se volvió de color gris olivo a gris oscuro a los 6 días y bajo la luz. Estos rasgos de variación de color y aspecto de la colonia coincidieron con los reportados por Chen et al. (2016) en China para los aislamientos de *Lasiodiplodia theobromae* obtenidos de los tallos de *Rosa rugosa Thunb.* con lesiones necróticas oscuras.

Tabla 11. Caracterizaciones morfológicas macroscópicas de *Lasiodiplodia sp.* con medio PDA.

| No. Morfología | Características | Tiempo de crecimiento |
|------------------------|------------------|-----------------------|
| Forma de la colonia | Circular | Inicial |
| | Lobulada | Después de 5 días |
| Tamaño de la colonia | 3,45 cm | Inicial |
| | 6,2 cm | Después de 5 días |
| Color de la colonia | Blanquecino | Inicial |
| | Gris | Después de 3 días |
| | Negro | Después de 5 días |
| Color en el reverso | Negro | Después de 5 días |
| Difusión del pigmento | Presente, marrón | Después de 5 días |
| Textura | Aterciopelada | Inicial |
| Superficie | Lisa | Inicial |
| Consistencia | Blanda | - |
| Rapidez de crecimiento | Moderada | - |

Fuente: Elaboración propia

Se descartaron las placas que no cumplían con las características morfológicas de crecimiento a nivel macroscópico.

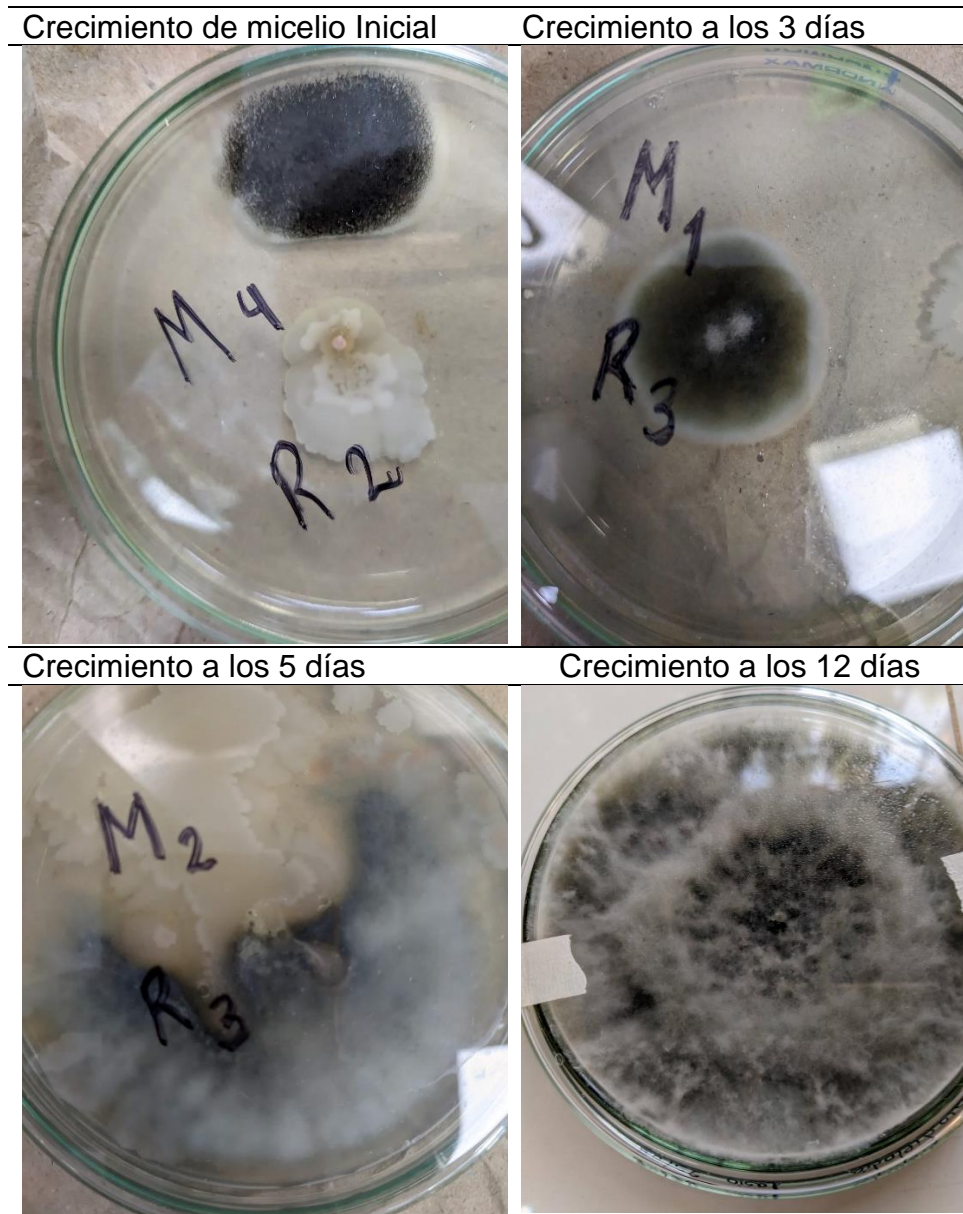


Figura 11. Observaciones de características macroscópicas de *Lasiodiplodia* sp. aislado en medio PDA.

Fuente: Elaboración propia

A los 3 días de siembra, el hongo formó colonias circulares, de color blanco a crema, con una textura algodonosa y una superficie lisa. El color en el reverso es blanco a crema y no hay difusión de pigmento.

A los 5 días de siembra, el hongo formó colonias irregulares, de color gris a marrón, con una textura lanosa a aterciopelada y una superficie rugosa a arrugada. El color en el reverso es gris a marrón y hay difusión de pigmento de color marrón a negro.

A los 12 días de siembra, el hongo formó colonias lobuladas, de color negro, con una textura membranosa y una superficie plegada. El color en el reverso fue negro y presentó difusión de pigmento de color negro a rojizo. Se observaron picnidios de forma globosa, de color negro, que contienen esporas hialinas, alantoides, unicelulares, de 15-25 x 5-8 μm .

Tabla 12. Caracterizaciones morfológicas microscópicas de *Lasiodiplodia* sp. con medio PDA.

| No. Morfología | Características | Tiempo de crecimiento |
|--|--------------------------------------|-----------------------|
| Tipos de hifas | Septada hialina a marrones | - |
| Modificaciones hifales | Ausente o escasas | - |
| Tipo de micelio | Superficial o sumergido | - |
| Tipo de esporas | conidias | - |
| Aspecto de los esporangióforos | - | - |
| Aspecto de los conidióforos | Forma cilíndrica, hialinas | - |
| Existencia de las estructuras especializadas | Picnidios, de forma globosa Negro | - |
| Color de los picnidios | | |
| Forma de picnidios | Globosos a subglobosos | - |
| Conidias | Algunas eran curvadas. | - |
| Longitud de las conidias | 18-40 μm | - |
| Ancho de las conidias | 6-10 μm | - |
| Pared de las esporas | Estriada longitudinalmente | - |
| Color de las esporas | Estriada longitudinalmente | - |

Fuente: Elaboración propia

Se realizaron las tinciones para las observaciones microscópicas mediante azul de lactofenol, azul de metileno y aceite de inmersión para las lecturas en el microscopio óptico a 40x. Los mejores resultados de imágenes se apreciaron

añadiendo 2 gotas de azul de metileno en el portaobjetos para su posterior caracterización.

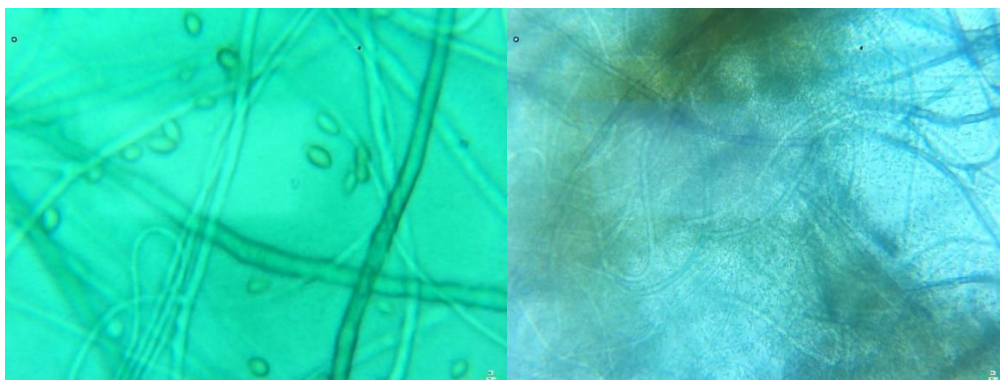


Figura 12. Imagen microscópica de las tinciones en azul de lactofenol y azul de metileno.

Fuente: Elaboración propia

b. Determinación de suspensión de esporas de *Lasiodiplodia sp.* necesaria para la inoculación controlada

Tabla 13. Concentración de esporas, tiempo y repeticiones.

| Concentración de esporas | Tiempo | Repetición 1 | Repetición 2 |
|--------------------------------|---------------|--------------|--------------|
| 10 ² esporas/ml (A) | 8 horas (A1) | A-A1-R1 | A-A1-R2 |
| | 24 horas (B1) | A-B1-R1 | A-B1-R2 |
| | 48 horas (C1) | A-C1-R1 | A-C1-R2 |
| 10 ⁶ esporas/ml (B) | 8 horas (A1) | B-A1-R1 | B-A1-R2 |
| | 24 horas (B1) | B-B1-R1 | B-B1-R2 |
| | 48 horas (C1) | B-C1-R1 | B-C1-R3 |
| 10 ⁸ esporas/ml (C) | 8 horas (A1) | C-A1-R1 | C-A1-R1 |
| | 24 horas (B1) | C-B1-R1 | C-B1-R2 |
| | 48 horas (C1) | C-C1-R1 | C-C1-R3 |

Fuente: Elaboración propia

Para la preparación de inóculos se prepararon 3 soluciones con diferentes dosis de suspensión (10² esporas/ml A, 10⁶ esporas/ml B y 10⁸ esporas/ml C) y a distintos tiempos (8h A1, 24h B1 y 48h C1) de almacenamiento para comprobar la dosis adecuada de esporas para promover el crecimiento de *Lasiodiplodia sp.* inoculadas artificialmente. Se realizaron ensayos previos de inoculación para saber la concentración específica para el crecimiento del hongo.

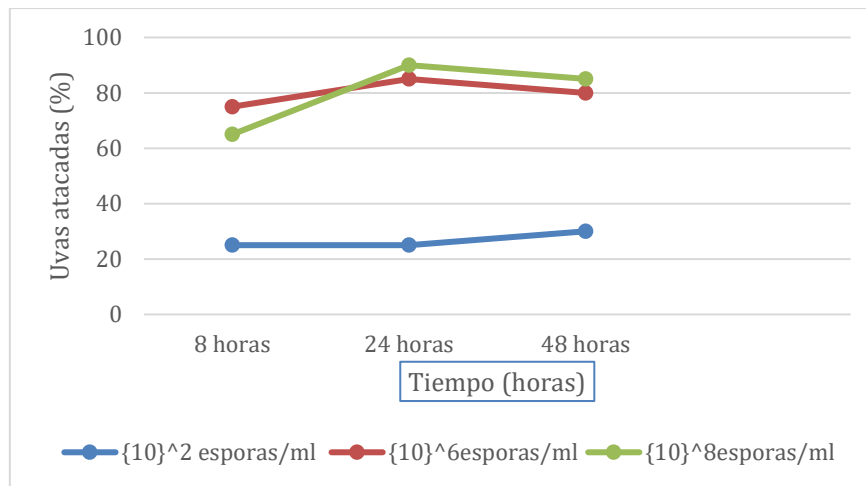


Figura 13. Inoculación para la R1. Los porcentajes más elevados de crecimiento de *Lasiodiplodia sp.*

Fuente: Elaboración propia

Tal como se observa en la figura, los ensayos de inoculación para la R1. Los porcentajes más elevados de crecimiento de *Lasiodiplodia sp.* se mostraron con inóculos de concentración de esporas de 10^6 esporas/ml B y 10^8 esporas/ml C; tal como se ha observado en estudios previos. Mientras que para la concentración A, el porcentaje de crecimiento del hongo fue muy baja (25, 15 y 30%)

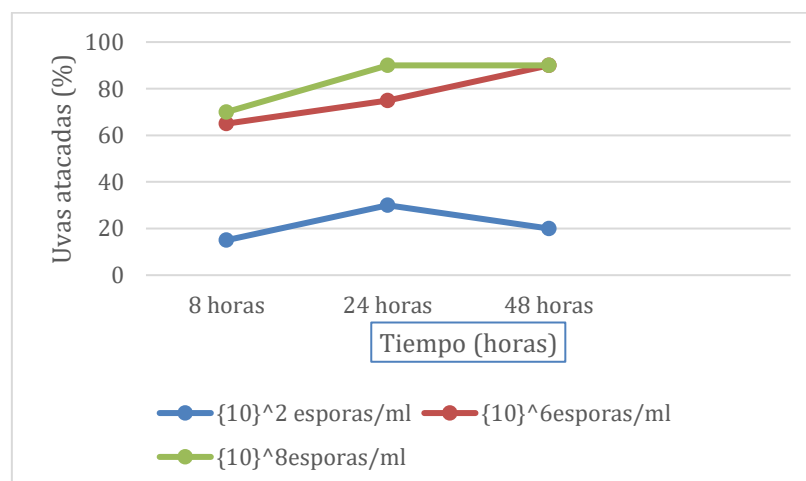


Figura 14. Resultados de crecimiento se tuvieron las 24 y 48 horas de almacenamiento de la suspensión de esporas.

Fuente: Elaboración propia

La influencia del tiempo también fue clave para el crecimiento del hongo en las uvas, los mejores resultados de crecimiento se tuvieron las 24 y 48 horas de almacenamiento de la suspensión de esporas. La diferencia entre estas no fue significativa, mientras que, a las 8 horas, los resultados de proliferación de micelio fueron muy baja con respecto a las demás concentraciones. Se comprueba que dilución de esporas en el medio líquido se produce a mayor tempo de almacenamiento. Para los posteriores objetivos la dosis óptima de concentración usada fue B-B1 (10^6 esporas/ml a 24 horas de almacenamiento)

Resultado de la medición del área micelial postratamientos

Se realizaron mediciones del área micelial después del almacenamiento a los 3, 6 y 9 días para conocer el porcentaje de inhibición del crecimiento de *Lasiodiplodia sp.* en uvas

Tabla 14. Medición del área micelial.

| Dosis UV-C | Medición del área micelial (cm ²) | | |
|---------------------------------|---|----------------------|----------------------|
| | 3 días de incubación | 6 días de incubación | 9 días de incubación |
| Control | 2.5 | 4.8 | 7.2 |
| | 3.2 | 5.6 | 9.0 |
| | 2.7 | 4.3 | 9.5 |
| 1530 mJ/cm ² (A1) | 1.8 | 3.2 | 5.1 |
| | 1.5 | 2.6 | 4.9 |
| | 1.1 | 2.5 | 4.3 |
| 6120 mJ/cm ² (B1) | 1.2 | 1.7 | 2.5 |
| | 0.9 | 1.8 | 2.0 |
| | 0.9 | 1.5 | 1.7 |
| 9280 mJ/cm ² (C1) | 0.5 | 0.6 | 0.9 |
| | 0 | 0 | 0 |
| | 0.4 | 0.6 | 1.1 |

Fuente: Elaboración propia

La tabla 14 muestra los valores del área micelial de *Lasiodiplodia sp.* en uvas sometidas a diferentes dosis de radiación UV-C, así como el control sin radiación. El área micelial es la medida del tamaño del micelio, que es la

parte vegetativa del hongo, formada por una red de hifas. El área micelial se expresa en centímetros cuadrados (cm²).

Se observa que el área micelial de *Lasiodiplodia sp.* aumentó con el tiempo de incubación, tanto en el control como en los tratamientos con radiación UV-C. Esto indica que el hongo siguió creciendo en las uvas durante el almacenamiento, aunque a diferentes ritmos según la dosis de radiación aplicada. El control presenta los valores más altos de área micelial, con una media de 8.9 cm² al noveno día de incubación. Esto muestra que las uvas sin radiación son más susceptibles al ataque del hongo, que puede causar podredumbre y pérdida de calidad.

Al comparar los tratamientos con radiación UV-C con el control, se observa que todos los tratamientos presentan valores menores de área micelial, lo que indica que la radiación UV-C tiene un efecto inhibitor sobre el crecimiento de *Lasiodiplodia sp.* El tratamiento que presenta los valores más bajos de área micelial es el C1 (9280 mJ/cm²), con una media de 0.5 cm² al noveno día de incubación. Esto sugiere que esta dosis de radiación es la más efectiva para reducir el crecimiento del hongo, y que incluso puede eliminarlo por completo, como se observa en una de las réplicas. El tratamiento que presenta los valores más altos de área micelial entre los tratamientos con radiación UV-C es el A1 (1530 mJ/cm²), con una media de 4.8 cm² al noveno día de incubación. Esto indica que esta dosis de radiación es la menos efectiva para reducir el crecimiento del hongo, y que puede ser insuficiente para controlar la infección. El tratamiento B1 (6120 mJ/cm²) presenta valores intermedios de área micelial, con una media de 2.1 cm² al noveno día de incubación. Esto muestra que esta dosis de radiación tiene un efecto moderado sobre el crecimiento del hongo, y que puede ser una opción viable para el manejo postcosecha de las uvas.

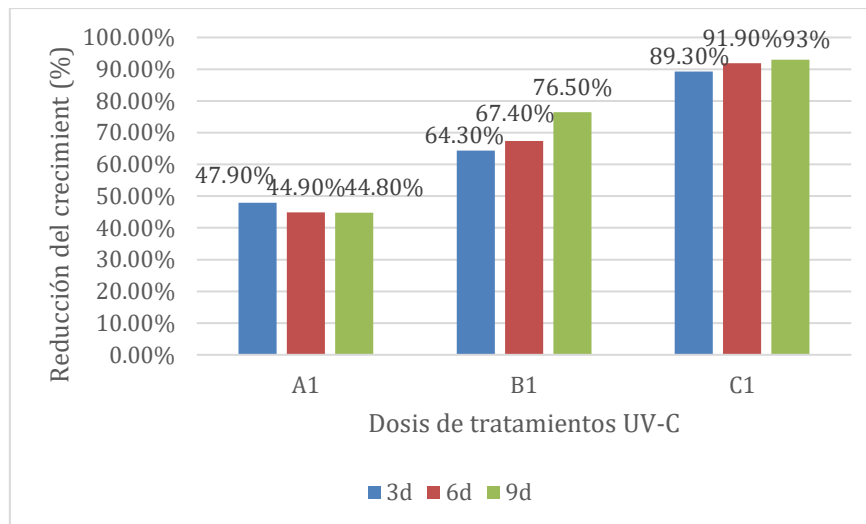


Figura 15. Reducción de crecimiento micelial según la dosis y tiempo de almacenamiento.

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico se observa el porcentaje de reducción de crecimiento micelial según la dosis y tiempo de almacenamiento. Para el tratamiento A1, se obtuvieron los siguientes porcentajes de reducción, con 3d (47.9%), 6d (44.9%), 9d (44.8%); en cambio para el tratamiento B1, para 3d (64.30%), 6d (67.4%), 9d (76.5%); finalmente para C1, con 3d (89.3%), 6d (91.9%), 9d (93%) Los valores máximos de reducción del crecimiento se encontraron a una dosis de 9280 mJ/cm² (C1) que corresponde un tratamiento de 30 minutos de irradiación, se obtuvo una reducción de hasta un 91.4% de media. Se obtuvieron también una reducción de hasta un 45.9% para la dosis más baja (5 minutos). Todas las muestras fueron irradiadas a una distancia de 20 cm del fluorescente UV-C.

Los tratamientos UV-C a 253.7nm en uvas, mostraron después de nueve días de incubación, con el tratamiento más intensivo de 9280 mJ/cm² con una irradiancia de 5.1W/ m² (30 minutos) una reducción de hasta un 93% con respecto a las pruebas control. Se obtuvieron también la reducción del crecimiento de *Lasiodiplodia sp.* en un 52% incluso a dosis muy bajas (1530 mJ/cm²) que corresponde a 5 minutos de exposición. Estos valores corresponden a una media de las 30 mediciones realizadas por tratamiento y repetición. Se pudo observar la disminución o retraso del crecimiento de *Lasiodiplodia sp.* inoculados en uva.

Potencial de hidrógeno (pH)

Tabla 15. Dosis y potencial de hidrógeno.

| Dosis UV-C | pH inicial | pH final |
|---------------------------------|------------|----------|
| Control (T1) | 3.96 | 4.38 |
| | 4.02 | 4.40 |
| | 3.99 | 4.35 |
| 1530 mJ/cm ² (T2) | 3.92 | 4.08 |
| | 3.95 | 4.04 |
| | 3.96 | 4.27 |
| 6120 mJ/cm ² (T3) | 3.80 | 4.36 |
| | 4.05 | 4.34 |
| | 3.86 | 4.37 |
| 9280 mJ/cm ² (T4) | 3.86 | 4.16 |
| | 3.88 | 4.28 |
| | 3.89 | 4.22 |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 15 se observa que el pH inicial de las uvas osciló entre 3.80 y 4.05, lo que indica que son uvas ligeramente ácidas. El pH final de las uvas varía entre 4.04 y 4.40, lo que indica que se produjo un aumento de la alcalinidad durante el almacenamiento. Esto puede deberse a la respiración de las uvas, que consume ácidos orgánicos y libera dióxido de carbono, lo que eleva el pH. También puede influir la actividad microbiana, que puede alterar el equilibrio ácido-base de las uvas.

Al comparar los tratamientos con radiación UV-C con el control, se observa que el tratamiento T2 (1530 mJ/cm²) fue el que presentó el menor aumento del pH final, con una media de 0.15 unidades. Esto sugiere que esta dosis de radiación pudo inhibir el crecimiento de microorganismos que afectan el pH de las uvas, como *Lasiodiplodia* sp. El tratamiento T4 (9280 mJ/cm²) fue el que presentó el mayor aumento del pH final, con una media de 0.31 unidades. Esto indica que esta dosis de radiación pudo causar daños en las uvas, favoreciendo la pérdida de ácidos orgánicos y la entrada de aire. Los tratamientos T1 (control) y T3 (6120 mJ/cm²) presentaron aumentos similares del pH final, con medias de 0.26 y 0.27 unidades, respectivamente.

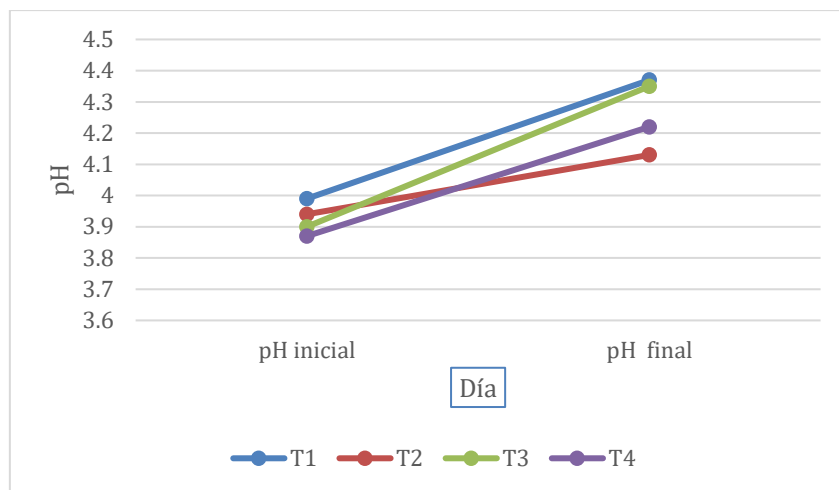


Figura 16. Cambios de pH en las muestras irradiadas, pH frente a los tratamientos después de un periodo de incubación de 9 días a 20°C.

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico se puede observar los cambios de pH en las muestras irradiadas. Sin embargo, no se observaron cambios significativos de pH frente a los tratamientos después de un periodo de incubación de 9 días a 20°C.

Pérdida de peso

Tabla 16. Pérdida de peso por días en función a las dosis de UV-C.

| Dosis UV-C | Pérdida de peso (g) | | | |
|------------------------------|---------------------|---------------|---------------|---------------|
| | Peso Inicial | Peso a 3 días | Peso a 6 días | Peso a 9 días |
| Control (T1) | 8 | 7.1 | 6.9 | 5.3 |
| | 8.3 | 6.7 | 6.4 | 5.1 |
| | 8.4 | 6.9 | 6.2 | 5.5 |
| 1530 mJ/cm ² (T2) | 8.6 | 7.2 | 6.5 | 6.0 |
| | 7.8 | 7.4 | 6.5 | 5.9 |
| | 7.4 | 7.4 | 6.6 | 5.3 |
| 6120 mJ/cm ² (T3) | 8.8 | 8.1 | 7.0 | 6.1 |
| | 8.3 | 7.9 | 7.0 | 6.2 |
| | 8.5 | 7.8 | 7.2 | 6.8 |
| 9280 mJ/cm ² (T4) | 8.9 | 8.2 | 8.0 | 7.5 |
| | 8.7 | 8.0 | 7.5 | 7.3 |
| | 8.4 | 7.9 | 7.4 | 7.0 |

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 16, las uvas con exposición a radiación UV-C mostraron una reducción de peso inferior. El peso de la uva disminuyó con el tiempo debido a la pérdida de agua por evaporación y respiración. La pérdida de peso es menor cuanto mayor es la dosis de UV-C aplicada, lo que sugiere que la radiación UV-C tiene un efecto protector sobre la uva, evitando la deshidratación y la pérdida de peso. La pérdida de peso es más pronunciada entre el día 6 y el día 9, lo que indica que la uva empieza a deteriorarse más rápidamente después de una semana de almacenamiento. La pérdida de peso es más variable en el control (T1) que, en las otras dosis, lo que implica que la radiación UV-C también reduce la variabilidad de la calidad de la uva.

V. DISCUSIÓN

En este estudio se evaluó el efecto de la radiación UV-C en la inhibición del crecimiento de *Lasiodiplodia sp.* mediante la inoculación artificial de esporas en frutos de vid. El tratamiento que presentó la menor área micelial fue el C1 (9280 mJ/cm²), con una media de 0.5 cm² al noveno día de incubación. Estos resultados son consistentes con la investigación de Udovicki et al. (2022) donde se aplicó radiación UV-C contra *Aspergillus flavus* inoculados artificialmente en maní. Se observó una reducción de hasta un 51% después de diez días de incubación y tratamiento de irradiación con una dosis de 8370 mJ/cm².

Son escasos los estudios que emplean la radiación UV-C en frutas o verduras susceptibles a la contaminación por hongos, la mayoría de las investigaciones se enfocan en medir el efecto de la radiación en cepas aisladas y caracterizadas, y son pocos los estudios que se orientan a casos más prácticos y cercanos a la realidad.

La metodología para el uso de estas tecnologías también es determinante para la eficacia de la reducción de microorganismos. Uno de los factores es la longitud de onda de la lámpara. En este caso se utilizó radiación UV-C (emisión máxima a 253,7 nm, TUV* 15W G13 T8 55V, Philips, Holanda) que cuenta con una intensidad de radiación de 5.1 W, lo que equivale a 5.1 J/s o 5.1 mW/cm². Aunque la lámpara se encuentra dentro de la región C del espectro UV, la evidencia ha demostrado que son 270 nm donde se tiene mayor efectividad para la inactivación de esporas.

La investigación inició con la identificación y caracterización del hongo donde los resultados para la identificación morfológica coinciden con el estudio de Chen et al. (2016) en China para los aislamientos de *Lasiodiplodia theobromae* obtenidos de los tallos de *Rosa rugosa Thun.* La caracterización descrita en este estudio coincidió con nuestros resultados, al encontrar primeramente de manera macroscópica algunas características como textura aterciopelada superficie lisa, de consistencia blanda, de tiempo de crecimiento similar, entre otras características. A nivel microscópico las características coinciden con el estudio de Phillips et al. (2013) con respecto al género *Lasiodiplodia sp.* como la reproducción asexual del hongo, la presencia de conidióforos, la presencia de micelio hialino no septado,

longitud de las conidias 18-40 μm y ancho de las conidias 6-10 μm , entre otras características.

Con respecto a la determinación de suspensión de esporas de *Lasiodiplodia sp.* necesaria para la inoculación controlada, se demostró que la suspensión de conidios de 10^6 esporas/ml (B), 10^8 esporas/ml (C); tal como se han realizado en estudios previos como el de Chai, Futrell y Schachtman (2022), Freitas et al. (2015) donde se usaron como concentración de esporas 20 μL de 10^6 esporas/ml

Para la inoculación de uvas, usamos una concentración de 10^6 esporas/ml B en 24 h, la cual no presentó muchas diferencias con respecto a la concentración 10^6 esporas/ml C obtenida en 48 h. El porcentaje de uvas atacadas con concentración de 20 μL a 9×10^5 esporas/ml fue del 85% donde se pudo observar el crecimiento de micelio.

Con respecto a los resultados de la medición del área micelial. Según los datos, se observó una disminución significativa del área micelial a medida que se aumenta la dosis de radiación, lo que indica una inhibición del desarrollo del hongo. El tratamiento que presentó la menor área micelial fue el C1 (9280 mJ/cm^2), con una media de 0.5 cm^2 al noveno día de incubación. Estos resultados son consistentes con otros estudios (Freitas et al. 2015) que han evaluado el efecto de la radiación UV-C en el control de hongos en frutas y verduras. La radiación UV-C es capaz de inactivar los microorganismos al inducir daños en el ADN y en las membranas celulares, lo que impide la reproducción y el crecimiento (Millán Villarroel et al. 2015).

La eficacia de la radiación UV-C depende de varios factores, como la dosis, el tiempo de exposición, la distancia de la fuente, la temperatura, la humedad, el tipo y la concentración del microorganismo, y el tipo y la forma del alimento.

En este caso, se usó una lámpara de emisión máxima a 253,7 nm, que se encuentra dentro del rango germicida de la luz UV (240-280 nm), siendo 270 nm la longitud de onda más efectiva para la inactivación de esporas. La dosis de radiación se calculó multiplicando la intensidad de la lámpara (5.1 mW/cm^2) por el tiempo de exposición (5 minutos). Se usaron tres dosis diferentes: 1530, 6120 y 9280 mJ/cm^2 .

Se observó que la dosis más baja (1530 mJ/cm²) no fue suficiente para inhibir el crecimiento de *Lasiodiplodia sp.* en uvas, ya que el área micelial fue similar a la del control. La dosis intermedia (6120 mJ/cm²) redujo el área micelial en un 65% aproximadamente, mientras que la dosis más alta (9280 mJ/cm²) la redujo en un 93%. Estos resultados sugieren que existe un umbral de dosis a partir del cual la radiación UV-C es efectiva para el control de *Lasiodiplodia sp.* en uvas, y que dosis superiores a este umbral pueden aumentar la eficacia del tratamiento.

Sin embargo, también hay que tener en cuenta los posibles efectos adversos de la radiación UV-C sobre la calidad sensorial y nutricional de las uvas, como el pardeamiento, la pérdida de firmeza, el cambio de color, la disminución de vitaminas y antioxidantes, entre otros. Por lo tanto, se recomienda optimizar la dosis de radiación UV-C para lograr un equilibrio entre la seguridad microbiológica y la calidad de las uvas.

Este trabajo aporta al desarrollo de nuevas tecnologías que pueden aplicarse a gran escala y obtener resultados favorables. Con respecto a la etapa postcosecha, las agroindustrias recurren al uso de fungicidas químicos con el fin de prevenir la contaminación por hongos y prolongar la vida útil de la uva. Sin embargo, estos fungicidas presentan riesgos para la salud humana y el medio ambiente, ya que pueden generar residuos tóxicos, resistencia de los patógenos y alteración de la calidad de los frutos. Por ello, se requieren alternativas más seguras y sostenibles, como la radiación UV-C, que es una tecnología emergente que ha demostrado ser eficaz para el control de hongos en frutas y verduras.

Este trabajo demuestra que la intensidad de radiación es un factor clave en la efectividad de los tratamientos UV-C para el control de hongos, una de las principales causas de deterioro postcosecha de uvas. La intensidad podría influir tanto en los mecanismos directos como indirectos que intervienen en la inhibición de los patógenos, pero se requieren más investigaciones al respecto. Los mecanismos directos se refieren al daño que la radiación UV-C provoca en el ADN y en las membranas celulares de los microorganismos, lo que impide su reproducción y crecimiento. Los mecanismos indirectos se relacionan con la

inducción de respuestas de defensa en las plantas, como la síntesis de compuestos fenólicos, antioxidantes y enzimas, que tienen actividad antimicrobiana.

Schreiner et al., (2009) indicaron que la intensidad de radiación recibida afecta la acumulación de compuestos fenólicos, varios de los cuales tienen capacidad de inhibir el crecimiento de hongos. Sería interesante realizar estudios futuros para caracterizar más a fondo estos efectos en la respuesta a la irradiación UV-C de diferente intensidad en frutos.

VI. CONCLUSIONES

1. En este estudio se aisló e identificó el hongo *Lasiodiplodia sp.* a partir de muestras de uvas con síntomas de podredumbre. Se realizaron caracterizaciones morfológicas a nivel macroscópico y microscópico, observando la presencia de picnidios ovulados que contenían esporas hialinas, alantoides, unicelulares, de 15-25 x 5-8 μm . Estas características coinciden con las descritas para el género *Lasiodiplodia sp.* en la literatura.
2. Se determinó la concentración óptima de esporas para la inoculación controlada de uvas, encontrando que la concentración de 10^6 esporas/ml fue la más efectiva para el desarrollo de micelio de *Lasiodiplodia sp.* en la mayoría de las uvas inoculadas. Esta concentración se usó para evaluar el efecto de la radiación UV-C en la inhibición del crecimiento del hongo.
3. Se aplicaron tres dosis diferentes de radiación: 1530, 6120 y 9280 mJ/cm^2 . Se observó que la dosis más baja no fue suficiente para inhibir el crecimiento del hongo, mientras que la dosis intermedia redujo el área micelial en un 65% aproximadamente, y la dosis más alta la redujo en un 93%. Estos resultados indican que la radiación UV-C es una tecnología prometedora para el control de hongos en la postcosecha de uvas, siempre que se optimice la dosis para lograr un equilibrio entre la seguridad microbiológica y la calidad de los frutos.

VII. RECOMENDACIONES

1. En futuras investigaciones, es necesario e interesante que se evalúen más características después de los tratamientos UV-C, como los compuestos fenólicos, las propiedades organolépticas y la vida útil de los alimentos o frutos tratados; de modo que la tecnología no solo cumpla objetivos ambientales, sino también objetivos basados en estándares de calidad postcosecha y de mercado del alimento postcosecha. Además, se recomienda que se estudie el efecto de los tratamientos UV-C en combinación con otros métodos de conservación, como el frío, el envasado al vacío o el uso de agentes antimicrobianos naturales, para optimizar los resultados y garantizar la inocuidad y la calidad de los alimentos.
2. Realizar estudios de campo con muestreos en distintos cultivos (frutas, vegetales, leguminosas, etc.) que estén afectados por hongos patógenos más resistentes a los agroquímicos tradicionales, como *Fusarium*, *Botrytis*, *Alternaria*, entre otros, para comparar la eficiencia de reducción del hongo estudiado (*Lasiodiplodia sp.*) con las lámparas de radiación UV-C. Para ello, se debe considerar el tipo de cultivo, el estado fenológico, la dosis y el tiempo de exposición a la radiación UV-C, el método de inoculación y la evaluación de la incidencia y la severidad de la enfermedad.
3. Es necesario realizar estudios a mayor escala con respecto al uso de este tipo de tecnologías a nivel industrial. Si bien existe evidencia de que la radiación UV-C es eficiente para la eliminación de ciertos microorganismos, a gran escala intervienen otras variables que pueden afectar la eficacia de los tratamientos, como la potencia de la radiación del tubo fluorescente UV-C, la distancia y el ángulo de exposición de la luz hacia toda la superficie del fruto que se quiere tratar, el tiempo de tratamiento, el tipo y la carga microbiana, el estado fisiológico y la variedad del fruto, entre otras variables que pueden ser relevantes y que requieren ser evaluadas.

REFERENCIAS

ALKHATIB, R., ALKHATIB, B. y ABDO, N., 2021. Impact of exogenous nicotine on the morphological, physio-biochemical, and anatomical characteristics in *Capsicum annuum*. <https://doi.org/10.1080/15226514.2021.1962798> [en línea], vol. 24, no. 6, [consulta: 17 junio 2023]. ISSN 15497879. DOI 10.1080/15226514.2021.1962798. Disponible en:

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15226514.2021.1962798>.

ALVES, A., CROUS, P., CORREIA, A. y PHILLIPS, A., 2008. Morphological and molecular data reveal cryptic speciation in *Lasiodiplodia theobromae*. *Fungal Diversity*, [consulta: 5 octubre 2023]. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/40095352_Morphological_and_molecular_data_reveal_cryptic_species_in_Lasiodiplodia_theobromae

ANDRADE-CUVI, M. y JOSÉ, M., 2010. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha CARAMBOLA (Averroha carambola L.) MÍNIMAMENTE PROCESADA ALMACENADA EN REFRIGERACIÓN. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* [en línea], vol. 11, no. 1, [consulta: 18 septiembre 2023]. ISSN 1665-0204. Disponible en:

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81315093004>.

BAIER, M., GÖRGEN, M., EHLBECK, J., KNORR, D., HERPPICH, W.B. y SCHLÜTER, O., 2014. Non-thermal atmospheric pressure plasma: Screening for gentle process conditions and antibacterial efficiency on perishable fresh produce. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* [en línea], vol. 22, [consulta: 5 mayo 2023]. ISSN 14668564. DOI 10.1016/J.IFSET.2014.01.011. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S146685641400023>

BALAKRISHNAN, N., YUSOP, S.M., RAHMAN, I.A., DAUQAN, E. y ABDULLAH, A., 2022. Efficacy of Gamma Irradiation in Improving the Microbial and Physical Quality Properties of Dried Chillies (*Capsicum annuum* L.): A Review. *Foods*, vol. 11, no. 1, ISSN 23048158. DOI 10.3390/FOODS11010091.

BECK, S.E., RODRIGUEZ, R.A., LINDEN, K.G., HARGY, T.M., LARASON, T.C. y WRIGHT, H.B., 2014. Wavelength dependent UV inactivation and DNA damage of adenovirus as measured by cell culture infectivity and long range quantitative PCR. *Environmental science & technology* [en línea], vol. 48, no. 1, [consulta: 13 mayo 2023]. ISSN 1520-5851. DOI 10.1021/ES403850B. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24266597/>.

BENINCASA, P., FALCINELLI, B., LUTTS, S., STAGNARI, F. y GALIENI, A., 2019. Effect of a postharvest UV-B and UV-C radiation on the bioactive quality of broccoli and radish sprouts. *Nutrients*, vol. 11, no. 2, ISSN 20726643. DOI 10.3390/NU11020421.

BERRAF-TEBBAL, A., MAHAMED, A.E., AIGOUN-MOUHOUS, W., ŠPETÍK, M., ČECHOVÁ, J., POKLUDA, R., BARÁNEK, M., EICHMEIER, A. y ALVES, A., 2020a. *Lasiodiplodia mitidjana* sp. nov. and other Botryosphaeriaceae species causing branch canker and dieback of *Citrus sinensis* in Algeria. *PLOS ONE* [en línea], vol. 15, no. 5, [consulta: 12 septiembre 2023]. ISSN 1932-6203. DOI 10.1371/JOURNAL.PONE.0232448. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0232448>.

BERRAF-TEBBAL, A., MAHAMED, A.E., AIGOUN-MOUHOUS, W., ŠPETÍK, M., ČECHOVÁ, J., POKLUDA, R., BARÁNEK, M., EICHMEIER, A. y ALVES, A., 2020b. *Lasiodiplodia mitidjana* sp. nov. and other Botryosphaeriaceae species causing branch canker and dieback of *Citrus sinensis* in Algeria. *PLOS ONE* [en línea], vol. 15, no. 5, [consulta: 12 septiembre 2023]. ISSN 1932-6203. DOI 10.1371/JOURNAL.PONE.0232448. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0232448>.

BLATCHLEY, E.R., BRENNER, D.J., CLAUS, H., COWAN, T.E., LINDEN, K.G., LIU, Y., MAO, T., PARK, S.J., PIPER, P.J., SIMONS, R.M. y SLINEY, D.H., 2023. Far UV-C radiation: An emerging tool for pandemic control. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* [en línea], vol. 53, no. 6, [consulta: 19 junio 2023]. ISSN 15476537. DOI 10.1080/10643389.2022.2084315/SUPPL_FILE/BEST_A_2084315_SM8393.DOC

X.

Disponible

en:

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10643389.2022.2084315>.

CARRASCO-RÍOS, L., 2009. EFECTO DE LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA-B EN PLANTAS. *Idesia (Arica)* [en línea], vol. 27, no. 3, [consulta: 18 septiembre 2023]. ISSN 0718-3429. DOI 10.4067/S0718-34292009000300009. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292009000300009&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

CHEN, S.F., LI, G.Q., LIU, Q.L., LI, J.Q. y LIU, F.F., 2016. Characteristics of *Lasiodiplodia theobromae* from *Rosa rugosa* in South China. *Crop Protection*, vol. 79, ISSN 0261-2194. DOI 10.1016/J.CROPRO.2015.10.011.

CHOAPPA, R.C., OCARA, M., CARVALLO, J. y VIEILLE, P., 2019. Los hongos en la salud y la enfermedad II. Dermatomicosis y dermatofitosis comunes. *Boletín Micológico* [en línea], vol. 34, no. 2, pp. 1-10. [Consulta: 27 abril 2023]. ISSN 0719-3114. DOI 10.22370/BOLMICOL.2019.34.2.2016.

CORRAL, Y., CORRAL, I. y FRANCO CORRAL, A., 2015. Procedimientos de muestreo. *Revista ciencias de la educación*, ISSN 1316-5917, N°. 46, 2015, págs. 151-167 [en línea], no. 46, [consulta: 16 junio 2023]. ISSN 1316-5917. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7472483&info=resumen&idioma=ENG> .

CORTESÃO, M., DE HAAS, A., UNTERBUSCH, R., FUJIMORI, A., SCHÜTZE, T., MEYER, V. y MOELLER, R., 2020. *Aspergillus niger* Spores Are Highly Resistant to Space Radiation. *Frontiers in Microbiology* [en línea], vol. 11, [consulta: 12 mayo 2023]. ISSN 1664302X. DOI 10.3389/FMICB.2020.00560/BIBTEX. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2020.00560/full>.

DARRÉ, M., VICENTE, A.R., CISNEROS-ZEVALLOS, L. y ARTÉS-HERNÁNDEZ, F., 2022. Postharvest Ultraviolet Radiation in Fruit and Vegetables: Applications and Factors Modulating Its Efficacy on Bioactive Compounds and Microbial Growth. *Foods* 2022, Vol. 11, Page 653 [en línea], vol. 11, no. 5, [consulta: 15 mayo 2023].

ISSN 2304-8158. DOI 10.3390/FOODS11050653. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2304-8158/11/5/653/htm>.

DUQUE-GAMBOA, D.-N., ARENAS-CLAVIJO, A., POSSO-TERRANOVA, A., TORO-PEREA, N., DUQUE-GAMBOA, D.-N., ARENAS-CLAVIJO, A., POSSO-TERRANOVA, A. y TORO-PEREA, N., 2021. Mutualistic interaction of aphids and ants in pepper, *Capsicum annum* and *Capsicum frutescens* (Solanaceae). *Revista de Biología Tropical* [en línea], vol. 69, no. 2, [consulta: 22 junio 2023]. ISSN 0034-7744. DOI 10.15517/RBT.V69I2.43429. Disponible en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442021000200626&lng=en&nrm=iso&tlng=en .

FERNÁNDEZ-GARCÍA, P., VALLEJO-SECO, G., LIVACIC-ROJAS, P.E. y TUERO-HERRERO, E., 2014. Validez Estructurada para una investigación cuasi-experimental de calidad: se cumplen 50 años de la presentación en sociedad de los diseños cuasi-experimentales. *Anales de Psicología* [en línea], vol. 30, no. 2, [consulta: 13 mayo 2023]. ISSN 0212-9728. DOI 10.6018/ANALES.PS.30.2.166911. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-97282014000200039&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

FERREIRA, C.D., LANG, G.H., LINDEMANN, I. da S., TIMM, N. da S., HOFFMANN, J.F., ZIEGLER, V. y DE OLIVEIRA, M., 2021. Postharvest UV-C irradiation for fungal control and reduction of mycotoxins in brown, black, and red rice during long-term storage. *Food Chemistry*, vol. 339, ISSN 0308-8146. DOI 10.1016/J.FOODCHEM.2020.127810.

FLORES GALLEGOS, E., OLVERA-GONZÁLEZ, E., ESCALANTE-GARCÍA, N., ALANIZ-LUMBRERAS, D., IVANOV-TSONCHEV, R. y LARA-HERRERA, A., 2023. Based UV-A LEDs food disinfection mechatronic system. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas* [en línea], vol. 14, no. 2, [consulta: 15 mayo 2023]. DOI 10.5154/r.inagbi.2021.10.115. Disponible en: <https://doi.org/10.5154/r.inagbi.2021.10.115>.

FREITAS, P.M., LÓPEZ-GÁLVEZ, F., TUDELA, J.A., GIL, M.I. y ALLENDE, A., 2015. Postharvest treatment of table grapes with ultraviolet-C and chitosan coating

preserves quality and increases stilbene content. *Postharvest Biology and Technology*, vol. 105, ISSN 0925-5214. DOI 10.1016/J.POSTHARVBIO.2015.03.011.

FRISÓN, L.N., RIVAS, M.Z., CHIERICATTI, C.A. y PIAGENTINI, A.M., 2021. Efecto de la radiación UV-C sobre la calidad y la flora fúngica contaminante natural de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L., variedad O'Neal). *INNOTEC* [en línea], vol. 21, no. 22 jul-dic, [consulta: 12 mayo 2023]. ISSN 1688-3691. DOI 10.26461/22.06. Disponible en: <http://164.68.127.13/index.php/INNOTEC/article/view/575>.

GARZÓN-GARCÍA, A.M., RUIZ-CRUZ, S., DUSSÁN-SARRIA, S., HLEAP-ZAPATA, J.I., MÁRQUEZ-RÍOS, E., DEL-TORO-SÁNCHEZ, C.L., TAPIA-HERNÁNDEZ, J.A., CANIZALES-RODRÍGUEZ, D.F. y OCAÑO-HIGUERA, V.M., 2023. Effect of UV-C Postharvest Disinfection on the Quality of Fresh-Cut «Tommy Atkins» Mango. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, ISSN 1230-0322. DOI 10.31883/PJFNS/159290.

GERARDO VELÁZQUEZ-DEL VALLE, M., BAUTISTA-BAÑOS, S. y NIURKA HERNÁNDEZ-LAUZARDO, A., 2008. Estrategias de Control de *Rhizopus stolonifer* Ehrenb. (Ex Fr.) Lind, Agente Causal de Pudriciones Postcosecha en Productos Agrícolas. *Revista Mexicana de FITOPATOLOGIA* [en línea], vol. 26, no. 1, [consulta: 13 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmfi/v26n1/v26n1a8.pdf>.

GHATE, V., YEW, I., ZHOU, W. y YUK, H.G., 2021. Influence of temperature and relative humidity on the antifungal effect of 405 nm LEDs against *Botrytis cinerea* and *Rhizopus stolonifer* and their inactivation on strawberries and tomatoes. *International Journal of Food Microbiology*, vol. 359, ISSN 0168-1605. DOI 10.1016/J.IJFOODMICRO.2021.109427.

GONÇALVES, M.F.M., NUNES, R.B., TILLEMANN, L., VAN DE PEER, Y., DEFORCE, D., NIEUWERBURGH, F. Van, ESTEVES, A.C. y ALVES, A., 2019. Dual RNA Sequencing of *Vitis vinifera* during *Lasiodiplodia theobromae* Infection Unveils Host–Pathogen Interactions. *International Journal of Molecular Sciences* 2019, Vol. 20, Page 6083 [en línea], vol. 20, no. 23, [consulta: 12 septiembre 2023].

ISSN 1422-0067. DOI 10.3390/IJMS20236083. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1422-0067/20/23/6083/htm>.

GONZALES, E., 2021. *INHIBICIÓN DEL CRECIMIENTO MICELIAL DE Rhizopus stolonifer POR EFECTO DE COMPUESTOS VOLATILES DE Trichoderma harzianum* [en línea]. Cuernavaca: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS. [consulta: 27 mayo 2023]. Disponible en: <http://www.riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/3214/GOEESR01.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

GONZÁLEZ-GARCÍA, Y., ESCOBAR-HERNÁNDEZ, D.I., BENAVIDES-MENDOZA, A., MORALES-DÍAZ, A.B., OLIVARES-SÁENZ, E. y JUÁREZ-MALDONADO, A., 2023. UV-A Radiation Stimulates Tolerance against Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici in Tomato Plants. Horticulturae, vol. 9, no. 4, ISSN 23117524. DOI 10.3390/HORTICULTURAE9040499.

HARTANTI, A.T., RAHARJO, A. y GUNAWAN, A.W., 2020. Rhizopus Rotting on Agricultural Products in Jakarta. HAYATI Journal of Biosciences [en línea], vol. 27, no. 1, pp. 37-37. [Consulta: 27 abril 2023]. ISSN 2086-4094. DOI 10.4308/HJB.27.1.37. Disponible en: <https://jurnal.ipb.ac.id/index.php/hayati/article/view/30309>.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ COLLADO, C. y BAPTISTA LUCIO, M. delPilar, 2014. Metodología de la Investigación [en línea]. 6. Mexico: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. [consulta: 13 mayo 2023]. ISBN 978-1-4562-2396-0. Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion>.

IBANEZ SIMPLICIO, F., MAIONCHI, F. y HIOKA, N., 2002. Terapia fotodinâmica: aspectos farmacológicos, aplicações e avanços recentes no desenvolvimento de medicamentos. Química Nova [en línea], vol. 25, no. 5, [consulta: 13 agosto 2023]. ISSN 0100-4042. DOI 10.1590/S0100-40422002000500016. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/qn/a/yM7QMHW8Mr7LzsHBbcNZ49k/?lang=pt>.

JEON, M.J. y HA, J.W., 2018. Efficacy of UV-A, UV-B, and UV-C irradiation on inactivation of foodborne pathogens in different neutralizing buffer solutions. *LWT*, vol. 98, ISSN 0023-6438. DOI 10.1016/J.LWT.2018.09.030.

JIANG, N., LI, Z., WANG, L., LI, H., ZHU, X., FENG, X. y WANG, M., 2019. Effects of ultraviolet-c treatment on growth and mycotoxin production by *Alternaria* strains isolated from tomato fruits. *International Journal of Food Microbiology* [en línea], vol. 311, [consulta: 12 mayo 2023]. ISSN 0168-1605. DOI 10.1016/J.IJFOODMICRO.2019.108333. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168160519302636>.

KAO, N.Y., TU, Y.F., SRIDHAR, K. y TSAI, P.J., 2019. Effect of a high voltage electrostatic field (HVEF) on the shelf-life of fresh-cut broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). *LWT*, vol. 116, ISSN 0023-6438. DOI 10.1016/J.LWT.2019.108532.

KANAAN, M.H.G. y TAREK, A.M., 2022. Innovative modern bio-preservation module of meat by lytic bacteriophages against emergent contaminants. *Open Veterinary Journal*, vol. 12, no. 6, ISSN 22186050. DOI 10.5455/OVJ.2022.V12.I6.30.

KATARZYNA, A., BANA'S, B., ZGŁOBICKI, P., KOWALSKA, E., BA' ZANT, A., DZIGA, D. y STRZAŁKA, W., 2020. All You Need Is Light. Photorepair of UV-Induced Pyrimidine Dimers. *Genes* [en línea], vol. 11, [consulta: 13 mayo 2023]. DOI 10.3390/genes11111304. Disponible en: www.mdpi.com/journal/genes.

KENFAOUI, J., LAHLALI, R., MENNANI, M., RADOUANE, N., GOURA, K., EL HAMSS, H., EL GHADRAOUI, L., FONTAINE, F., TAHIRI, A., BARKA, E.A. y AMIRI, S., 2022. *Botryosphaeria* Dieback (*Lasiodiplodia viticola*): An Imminent Emerging Threat to the Moroccan Vineyards. *Plants* 2022, Vol. 11, Page 2167 [en línea], vol. 11, no. 16, [consulta: 15 septiembre 2023]. ISSN 2223-7747. DOI 10.3390/PLANTS11162167. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2223-7747/11/16/2167/htm>.

KIM, M.J., BANG, W.S. y YUK, H.G., 2017. 405 ± 5 nm light emitting diode illumination causes photodynamic inactivation of *Salmonella* spp. on fresh-cut

papaya without deterioration. *Food Microbiology*, vol. 62, ISSN 0740-0020. DOI 10.1016/J.FM.2016.10.002.

KOLAŘÍK, M., VRUBLEVSKAYA, M., KAJZROVÁ, S., KULIŠOVÁ, M. y KOLOUCHOVÁ, I.J., 2023. Taxonomic analysis reveals host preference of rare fungi in endophytes of *Vitis vinifera* from the Czech Republic. *Folia Microbiologica* [en línea], [consulta: 22 junio 2023]. ISSN 18749356. DOI 10.1007/S12223-023-01066-8/METRICS. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12223-023-01066-8>.

LARCOMBE, S., JIANG, J.H., HUTTON, M.L., ABUD, H.E., PELEG, A.Y. y LYRAS, D., 2020. A mouse model of *Staphylococcus aureus* small intestinal infection. *Journal of Medical Microbiology* [en línea], vol. 69, no. 2, pp. 290-297. [Consulta: 27 abril 2023]. ISSN 14735644. DOI 10.1099/JMM.0.001163/CITE/REFWORKS. Disponible en: <https://www.microbiologyresearch.org/content/journal/jmm/10.1099/jmm.0.001163>.

LI, L., PAN, H., DENG, L., QIAN, G., WANG, Z., LI, W. y ZHONG, C., 2022. The antifungal activity and mechanism of silver nanoparticles against four pathogens causing kiwifruit post-harvest rot. *Frontiers in Microbiology*, vol. 13, ISSN 1664302X. DOI 10.3389/FMICB.2022.988633.

LIU, C. hong, CAI, L. yun, LU, X. ying, HAN, X. xu y YING, T. jin, 2012. Effect of Postharvest UV-C Irradiation on Phenolic Compound Content and Antioxidant Activity of Tomato Fruit During Storage. *Journal of Integrative Agriculture*, vol. 11, no. 1, ISSN 2095-3119. DOI 10.1016/S1671-2927(12)60794-9.

LIU, C.E., CHEN, W.J., CHANG, C.K., LI, P.H., LU, P.L. y HSIEH, C.W., 2017. Effect of a high voltage electrostatic field (HVEF) on the shelf life of persimmons (*Diospyros kaki*). *LWT*, vol. 75, ISSN 0023-6438. DOI 10.1016/J.LWT.2016.08.060.

LU, Y., DONG, W., ALCAZAR, J., YANG, T., LUO, Y., WANG, Q. y CHEN, P., 2018. Effect of preharvest CaCl₂ spray and postharvest UV-B radiation on storage quality of broccoli microgreens, a richer source of glucosinolates. *Journal of Food*

Composition and Analysis, vol. 67, ISSN 0889-1575. DOI 10.1016/J.JFCA.2017.12.035.

MILLÁN VILLARROEL, D., ROMERO GONZÁLEZ, L., BRITO, M. y RAMOS-VILLARROEL, A.Y., 2015. Luz ultravioleta: inactivación microbiana en frutas. Saber [en línea], vol. 27, no. 3, [consulta: 23 noviembre 2023]. ISSN 2343-6468. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-01622015000300011&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

NETTO, M.S.B., ASSUNÇÃO, I.P., LIMA, G.S.A., MARQUES, M.W., LIMA, W.G., MONTEIRO, J.H.A., DE QUEIROZ BALBINO, V., MICHEREFF, S.J., PHILLIPS, A.J.L. y CÂMARA, M.P.S., 2014a. Species of Lasiodiplodia associated with papaya stem-end rot in Brazil. *Fungal Diversity*, vol. 67, no. 1, ISSN 18789129. DOI 10.1007/S13225-014-0279-4.

OLIVEIRA, J., PARISI, M.C.M., BAGGIO, J.S., SILVA, P.P.M., PAVIANI, B., SPOTO, M.H.F. y GLORIA, E.M., 2019. Control of *Rhizopus stolonifer* in strawberries by the combination of essential oil with carboxymethylcellulose. *International Journal of Food Microbiology*, vol. 292, pp. 150-158. ISSN 0168-1605. DOI 10.1016/J.IJFOODMICRO.2018.12.014.

ONU, 2021. Las amenazas de origen natural causan pérdidas de 108.000 millones de dólares al sector agrícola | Noticias ONU. ONU [en línea]. [consulta: 15 septiembre 2023]. Disponible en: <https://news.un.org/es/story/2021/03/1489692>.

OTZEN, T. y MANTEROLA, C., 2017a. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology* [en línea], vol. 35, no. 1, [consulta: 16 junio 2023]. ISSN 0717-9502. DOI 10.4067/S0717-95022017000100037. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071795022017000100037&lng=es&nrm=iso&tlng=pt.

OTZEN, T. y MANTEROLA, C., 2017b. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio Sampling Techniques on a Population Study. *Int. J. Morphol* [en línea],

vol. 35, no. 1, [consulta: 16 junio 2023]. Disponible en: http://www.intjmorfol.com/wp-content/uploads/2017/04/art_37_351.pdf.

ÖZER UYAR, G.E. y UYAR, B., 2018. Effects of ethanol and ultraviolet-c treatments on inactivation of *Rhizopus oryzae* spores which cause postharvest rot. *Food Science and Technology* [en línea], vol. 39, no. 3, [consulta: 12 mayo 2023]. ISSN 0101-2061. DOI 10.1590/FST.04618. Disponible en: <http://www.scielo.br/j/cta/a/CWjwjcjh3Drjk9HF8gRV8R/?format=html&lang=en>.

PHILLIPS, A.J.L., ALVES, A., ABDOLLAHZADEH, J., SLIPPERS, B., WINGFIELD, M.J., GROENEWALD, J.Z. y CROUS, P.W., 2013. The Botryosphaeriaceae: genera and species known from culture. *Studies in Mycology*, vol. 76, ISSN 0166-0616. DOI 10.3114/SIM0021.

POPOVIĆ, V., FAIRBANKS, N., PIERSCIANOWSKI, J., BIANCANIELLO, M., ZHOU, T. y KOUTCHMA, T., 2018. Feasibility of 3D UV-C treatment to reduce fungal growth and mycotoxin loads on maize and wheat kernels. *Mycotoxin Research* [en línea], vol. 34, no. 3, [consulta: 12 mayo 2023]. ISSN 18671632. DOI 10.1007/S12550-018-0316-3/METRICS. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12550-018-0316-3>.

POURBAGHER, R., ABBASPOUR-FARD, M.H., SOHBATZADEH, F., ROHANI, A. y POURBAGHER, M., 2023. Effect of plasma-activated water generated by surface DBD on inactivation of pathogens *Pseudomonas tolaasii* and *Lecanicillium fungicola* and enhancement of storage quality of button mushroom. *Journal of Food Process Engineering*, ISSN 0145-8876. DOI 10.1111/JFPE.14312.

PRETELL GUARNIZ, K.N., 2019. Efecto de la dosis de irradiación uv-c y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y aceptabilidad general en aguaymanto (*Hyalis peruviana* L.) [en línea]. Trujillo: UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO. [consulta: 15 mayo 2023]. Disponible en: <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/5113>.

ROA-CORDERO, M. V., VARGAS-CAICEDO, J.D. y LEAL-PINTO, S.M., 2021. ABC hongos: Salud móvil en acción. *Orinoquia* [en línea], vol. 25, no. 2, pp. 75-77.

[Consulta: 27 abril 2023]. ISSN 2011-2629. DOI 10.22579/20112629.758.
Disponible en:

<https://orinoquia.unillanos.edu.co/index.php/orinoquia/article/view/758>.

ROWAN, N.J., 2019. Pulsed light as an emerging technology to cause disruption for food and adjacent industries – Quo vadis? Trends in Food Science and Technology, vol. 88, ISSN 09242244. DOI 10.1016/J.TIFS.2019.03.027.

SADEGHI, S., KARAMI, M. y SAYYARI, M., 2019. The Effect of Ozone on the Shelf Life and Some Quality Properties of Belly Pepper. Journal of Food Science and Technology (Iran), vol. 16, no. 90, ISSN 20088787.

SALVATORE, M.M., ALVES, A. y ANDOLFI, A., 2020. Secondary Metabolites of Lasiodiplodia theobromae: Distribution, Chemical Diversity, Bioactivity, and Implications of Their Occurrence. Toxins 2020, Vol. 12, Page 457 [en línea], vol. 12, no. 7, [consulta: 22 septiembre 2023]. ISSN 2072-6651. DOI 10.3390/TOXINS12070457. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2072-6651/12/7/457/htm>.

SÁNCHEZ FLORES, F.A., 2018. Fundamentos Epistémicos de la Investigación Cualitativa y Cuantitativa: Consensos y Disensos Epistemic Fundamentals of Qualitative and Quantitative Research: Consensus and Dissensus Fundamentos epistêmicos da pesquisa qualitativa e quantitativa: consensos e dissensos. REVISTA DIGITAL DE INVESTIGACIÓN EN DOCENCIA UNIVERSITARIA [en línea], vol. 13, no. 1, [consulta: 13 mayo 2023]. ISSN 2223-2516. DOI 10.19083/ridu.2019.644. Disponible en: <https://orcid.org/0000-0002-0144-9892doi:https://doi.org/10.19083/ridu.2019.644>.

SHARMA, A., MAHMOUD, H., PENDYALA, B., BALAMURUGAN, S. y PATRAS, A., 2023. UV-C inactivation of microorganisms in droplets on food contact surfaces using UV-C light-emitting diode devices. Frontiers in Food Science and Technology [en línea], vol. 3, [consulta: 19 junio 2023]. ISSN 2674-1121. DOI 10.3389/FRFST.2023.1182765. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frfst.2023.1182765/full>.

SINGH, H., BHARDWAJ, S.K., KHATRI, M., KIM, K.H. y BHARDWAJ, N., 2021. UVC radiation for food safety: An emerging technology for the microbial disinfection of food products. *Chemical Engineering Journal*, vol. 417, ISSN 1385-8947. DOI 10.1016/J.CEJ.2020.128084.

SUN, T., OUYANG, H., SUN, P., ZHANG, W., WANG, Y., CHENG, S. y CHEN, G., 2022. Postharvest UV-C irradiation inhibits blackhead disease by inducing disease resistance and reducing mycotoxin production in 'Korla' fragrant pear (*Pyrus sinkiangensis*). *International Journal of Food Microbiology* [en línea], vol. 362, [consulta: 12 mayo 2023]. ISSN 0168-1605. DOI 10.1016/J.IJFOODMICRO.2021.109485. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016816052100444X>.

TERAO, D., NECHET, K.L., FRIGHETTO, R.T.S., ANJOS, V.D.A., MAIA, A.H.N. y HALFELD-VIEIRA, B.A., 2021. Control of Fusarium rot in Galia melon and preservation of fruit quality with UV-C radiation and hot water treatments. *Tropical Plant Pathology* [en línea], vol. 46, no. 3, [consulta: 12 mayo 2023]. ISSN 19832052. DOI 10.1007/S40858-021-00432-6/METRICS. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40858-021-00432-6>.

TORRES GALÁN, S.K., 2017. Efecto de la radiación UV-B sobre la morfología funcional y el perfil químico de metabolitos secundarios en hongos aislados de la zona centro y sur de Chile. [en línea]. S.l.: s.n. [consulta: 15 mayo 2023]. Disponible en: <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/2520>.

UDOVICKI, B., STANKOVIC, S., TOMIC, N., DJEKIC, I., SMIGIC, N., TRIFUNOVIC, B.S., MILICEVIC, D. y RAJKOVIC, A., 2022. Evaluation of ultraviolet irradiation effects on *Aspergillus flavus* and Aflatoxin B1 in maize and peanut using innovative vibrating decontamination equipment. *Food Control* [en línea], vol. 134, [consulta: 12 mayo 2023]. ISSN 0956-7135. DOI 10.1016/J.FOODCONT.2021.108691. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095671352100829X>.

ULLOA ACOSTA, L.E., 2017. Diseño de cámara de luz uv-c prototipo para el manejo de pudrición de corona en frutos de exportación de banano [en línea].

Guayaquil: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL. [consulta: 15 mayo 2023]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/41544>.

VÁZQUEZ-OVANDO, A., LÓPEZ-HILERIO, H., SALVADOR-FIGUEROA, M., ADRIANO-ANAYA, L., ROSAS-QUIJANO, R. y GÁLVEZ-LÓPEZ, D., 2018. Combination of UV-C radiation and chitosan films enriched with essential oils for fungi control in papaya 'Maradol'. *Revista Brasileira de Fruticultura* [en línea], vol. 40, no. 3, [consulta: 12 mayo 2023]. ISSN 01002945. DOI 10.1590/0100-29452018688. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/pp9YCHXwQBbJXsTvwSK5Dxv/abstract/?lang=en>.

VEGA ITURBIDE, M.A., 2020. Evaluación del efecto de la irradiación azul, UV-C y sus combinaciones sobre el crecimiento de microorganismos deterioradores en jitomate (*Solanum lycopersicum* var uva). *Exploraciones, intercambios y relaciones entre el diseño y la tecnología* [en línea], [consulta: 15 mayo 2023]. DOI 10.16/CSS/JQUERY.DATATABLES.MIN.CSS. Disponible en: <https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/10447>.

VEGA, K., OCHOA, S., PATIÑO, L.F., HERRERA-RAMÍREZ, J.A., GÓMEZ, J.A. y QUIJANO, J.C., 2020. UV-C radiation for control of gray mold disease in postharvest cut roses. *Journal of Plant Protection Research*, vol. 60, no. 4, ISSN 1899007X. DOI 10.24425/JPPR.2020.133957.

WAN, Q., CAO, R., WEN, G., XU, X., XIA, Y., WU, G., LI, Y., WANG, J., LIN, Y. y HUANG, T., 2022. Sequential use of UV-LEDs irradiation and chlorine to disinfect waterborne fungal spores: Efficiency, mechanism and photoreactivation. *Journal of Hazardous Materials*, vol. 423, ISSN 18733336. DOI 10.1016/J.JHAZMAT.2021.127102.

WANG, J., CHEN, J., SUN, Y., HE, J., ZHOU, C., XIA, Q., DANG, Y., PAN, D. y DU, L., 2023. Ultraviolet-radiation technology for preservation of meat and meat products: Recent advances and future trends. *Food Control*, vol. 148, ISSN 0956-7135. DOI 10.1016/J.FOODCONT.2023.109684.

YADAV, V.K., AWASTHI, P. y KUMAR, A., 2019. Detection of UV-Induced Thymine Dimers. *Methods in molecular biology* (Clifton, N.J.) [en línea], vol. 2031, [consulta: 13 mayo 2023]. ISSN 1940-6029. DOI 10.1007/978-1-4939-9646-9_17. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31473968/>.

YAMAGA, I. y NAKAMURA, S., 2022. Penicillium growth inhibition, fruit decay reduction, and polymethoxyflavones and scoparone induction in satsuma mandarin irradiated with ultraviolet-A light-emitting diodes. *Scientia Horticulturae*, vol. 303, ISSN 03044238. DOI 10.1016/J.SCIENTA.2022.111197.

YANG, J.H., WU, U.I., TAI, H.M. y SHENG, W.H., 2019. Effectiveness of an ultraviolet-C disinfection system for reduction of healthcare-associated pathogens. *Journal of Microbiology, Immunology and Infection*, vol. 52, no. 3, ISSN 1684-1182. DOI 10.1016/J.JMII.2017.08.017.

ANDRADE-CUVI, M. y JOSÉ, M., 2010. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha CARAMBOLA (Averroha carambola L.) MÍNIMAMENTE PROCESADA ALMACENADA EN REFRIGERACIÓN. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* [en línea], vol. 11, no. 1, [consulta: 18 septiembre 2023]. ISSN 1665-0204. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81315093004>.

BENINCASA, P., FALCINELLI, B., LUTTS, S., STAGNARI, F. y GALIENI, A., 2019. Effect of a postharvest UV-B and UV-C radiation on the bioactive quality of broccoli and radish sprouts. *Nutrients*, vol. 11, no. 2, ISSN 20726643. DOI 10.3390/NU11020421.

BERRAF-TEBBAL, A., MAHAMED, A.E., AIGOUN-MOUHOUS, W., ŠPETÍK, M., ČECHOVÁ, J., POKLUDA, R., BARÁNEK, M., EICHMEIER, A. y ALVES, A., 2020a. *Lasiodiplodia mitidjana* sp. nov. and other Botryosphaeriaceae species causing branch canker and dieback of *Citrus sinensis* in Algeria. *PLOS ONE* [en línea], vol. 15, no. 5, [consulta: 12 septiembre 2023]. ISSN 1932-6203. DOI 10.1371/JOURNAL.PONE.0232448. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0232448>.

BERRAF-TEBBAL, A., MAHAMEDI, A.E., AIGOUN-MOUHOUS, W., ŠPETÍK, M., ČECHOVÁ, J., POKLUDA, R., BARÁNEK, M., EICHMEIER, A. y ALVES, A., 2020b. Lasiodiplodia mitidjana sp. nov. and other Botryosphaeriaceae species causing branch canker and dieback of Citrus sinensis in Algeria. *PLOS ONE* [en línea], vol. 15, no. 5, [consulta: 12 septiembre 2023]. ISSN 1932-6203. DOI 10.1371/JOURNAL.PONE.0232448. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0232448>.

CARRASCO-RÍOS, L., 2009. EFECTO DE LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA-B EN PLANTAS. *Idesia (Arica)* [en línea], vol. 27, no. 3, [consulta: 18 septiembre 2023]. ISSN 0718-3429. DOI 10.4067/S0718-34292009000300009. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292009000300009&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

CHEN, S.F., LI, G.Q., LIU, Q.L., LI, J.Q. y LIU, F.F., 2016. Characteristics of Lasiodiplodia theobromae from Rosa rugosa in South China. *Crop Protection*, vol. 79, ISSN 0261-2194. DOI 10.1016/J.CROPRO.2015.10.011.

GHATE, V., YEW, I., ZHOU, W. y YUK, H.G., 2021. Influence of temperature and relative humidity on the antifungal effect of 405 nm LEDs against Botrytis cinerea and Rhizopus stolonifer and their inactivation on strawberries and tomatoes. *International Journal of Food Microbiology*, vol. 359, ISSN 0168-1605. DOI 10.1016/J.IJFOODMICRO.2021.109427.

GONÇALVES, M.F.M., NUNES, R.B., TILLEMANN, L., VAN DE PEER, Y., DEFORCE, D., NIEUWERBURGH, F. Van, ESTEVES, A.C. y ALVES, A., 2019. Dual RNA Sequencing of Vitis vinifera during Lasiodiplodia theobromae Infection Unveils Host–Pathogen Interactions. *International Journal of Molecular Sciences* 2019, Vol. 20, Page 6083 [en línea], vol. 20, no. 23, [consulta: 12 septiembre 2023]. ISSN 1422-0067. DOI 10.3390/IJMS20236083. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1422-0067/20/23/6083/htm>.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ COLLADO, C. y BAPTISTA LUCIO, M. delPilar, 2014. *Metodología de la Investigación* [en línea]. 6. Mexico: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. [consulta: 13 mayo 2023].

ISBN 978-1-4562-2396-0. Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion>.

IBANEZ SIMPLICIO, F., MAIONCHI, F. y HIOKA, N., 2002. Terapia fotodinâmica: aspectos farmacológicos, aplicações e avanços recentes no desenvolvimento de medicamentos. *Química Nova* [en línea], vol. 25, no. 5, [consulta: 13 agosto 2023]. ISSN 0100-4042. DOI 10.1590/S0100-40422002000500016. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/qn/a/yM7QMHW8Mr7LzsHBbcNZ49k/?lang=pt>.

KENFAOUI, J., LAHLALI, R., MENNANI, M., RADOUANE, N., GOURA, K., EL HAMSS, H., EL GHADRAOUI, L., FONTAINE, F., TAHIRI, A., BARKA, E.A. y AMIRI, S., 2022. Botryosphaeria Dieback (Lasiodiplodia viticola): An Imminent Emerging Threat to the Moroccan Vineyards. *Plants* 2022, Vol. 11, Page 2167 [en línea], vol. 11, no. 16, [consulta: 15 septiembre 2023]. ISSN 2223-7747. DOI 10.3390/PLANTS11162167. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2223-7747/11/16/2167/htm>.

KIM, M.J., BANG, W.S. y YUK, H.G., 2017. 405 ± 5 nm light emitting diode illumination causes photodynamic inactivation of Salmonella spp. on fresh-cut papaya without deterioration. *Food Microbiology*, vol. 62, ISSN 0740-0020. DOI 10.1016/J.FM.2016.10.002.

NETTO, M.S.B., ASSUNÇÃO, I.P., LIMA, G.S.A., MARQUES, M.W., LIMA, W.G., MONTEIRO, J.H.A., DE QUEIROZ BALBINO, V., MICHEREFF, S.J., PHILLIPS, A.J.L. y CÂMARA, M.P.S., 2014a. Species of Lasiodiplodia associated with papaya stem-end rot in Brazil. *Fungal Diversity*, vol. 67, no. 1, ISSN 18789129. DOI 10.1007/S13225-014-0279-4.

NETTO, M.S.B., ASSUNÇÃO, I.P., LIMA, G.S.A., MARQUES, M.W., LIMA, W.G., MONTEIRO, J.H.A., DE QUEIROZ BALBINO, V., MICHEREFF, S.J., PHILLIPS, A.J.L. y CÂMARA, M.P.S., 2014b. Species of Lasiodiplodia associated with papaya stem-end rot in Brazil. *Fungal Diversity*, vol. 67, no. 1, ISSN 18789129. DOI 10.1007/S13225-014-0279-4.

ONU, 2021. Las amenazas de origen natural causan pérdidas de 108.000 millones de dólares al sector agrícola | Noticias ONU. *ONU* [en línea]. [consulta: 15 septiembre 2023]. Disponible en: <https://news.un.org/es/story/2021/03/1489692>.

SALVATORE, M.M., ALVES, A. y ANDOLFI, A., 2020. Secondary Metabolites of *Lasiodiplodia theobromae*: Distribution, Chemical Diversity, Bioactivity, and Implications of Their Occurrence. *Toxins 2020, Vol. 12, Page 457* [en línea], vol. 12, no. 7, [consulta: 22 septiembre 2023]. ISSN 2072-6651. DOI 10.3390/TOXINS12070457. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2072-6651/12/7/457/htm>.

ANEXOS

Anexo 1. Operacionalización de variables

| VARIABLES DE ESTUDIO | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIÓN | INDICADORES | ESCALA DE MEDICIÓN |
|---|---|---|-----------------------------|--|--------------------|
| <p>VD: Reducción de crecimiento de <i>Lasiodiplodia</i> sp.</p> | <p><i>Lasiodiplodia</i> sp. es un hongo fitopatógeno reconocido por su rápido crecimiento micelial y capacidad de invadir tejidos vegetales, lo que lo convierte en una de las principales causas de enfermedades postcosecha, especialmente en la pudrición blanda de productos agrícolas. Durante mucho tiempo, se ha recurrido al uso de fungicidas sintéticos en el tratamiento postcosecha para evitar pérdidas, pero estos productos químicos suelen tener efectos negativos tanto en la salud de los consumidores como en el medio ambiente. En consecuencia, las tendencias actuales se centran en el desarrollo de alternativas biológicas que puedan frenar las pérdidas postcosecha y preservar la integridad y seguridad de la salud y el ambiente, reduciendo así la dependencia de los fungicidas sintéticos.</p> | <p>La reducción de <i>Lasiodiplodia</i> sp. se medirá a través de la exposición de muestras de vid contaminadas con <i>Lasiodiplodia</i> sp. a lámparas de rayos UV, midiendo el crecimiento del hongo en términos de unidades formadoras de colonias (UFC), la medición del área cubierta por el micelio del hongo en placas de agar mediante análisis de imágenes o software de procesamiento de imágenes y la estimación de la biomasa del hongo mediante el pesaje de las colonias obtenidas en placas de agar.</p> | Condiciones de incubación | Temperatura | Razón |
| | | | | Tiempo de incubación | Razón |
| | | | | Tiempo en esterilización | |
| | | | | Caracterización | Nominal |
| | | | | Análisis de software, área cubierta por el micelio del hongo | Razón |
| | | | Identificación macroscópica | Forma, color de la colonia y en reverso | |
| | | | | Textura, superficie, consistencia, rapidez de crecimiento | Nominal |
| | | | | Difusión de pigmento | |
| | | | Identificación microscópica | Tamaño de la colonia | Razón |
| | | | | Tipos de hifas, micelio y esporas | |
| Aspecto de conidióforos | Nominal | | | | |
| Longitud y ancho de conidias | Razón | | | | |
| <p>VI: Efecto de lámparas de radiación UV</p> | <p>La radiación UV-C, se utiliza para reducir la cantidad de microorganismos al dañar su ADN e inhibir su crecimiento. Las lámparas UV emiten rayos UV-C que interactúan con los microorganismos, eliminando virus, bacterias, esporas, moho y levaduras. Este método es eficaz para lograr la reducción de microorganismos no deseados y se utiliza en diversos sectores para garantizar la higiene y seguridad microbiológica. Esta tecnología es atractiva debido a su capacidad para no alterar las propiedades sensoriales de los productos y reducir la dependencia de sustancias químicas. (Darré et al. 2022)</p> | <p>La medición de los efectos de las lámparas de rayos UV-C en <i>Rhizopus Stolonifer</i> requiere considerar tanto las características de los alimentos a exponer, como su calidad y color, como las propiedades específicas de los rayos UV, como su longitud de onda. En la exposición a la radiación ultravioleta, es esencial tener en cuenta variables clave, como la intensidad de radiación, la tasa de fluencia, la absorción del alimento y la distancia de exposición, que determina la intensidad de la radiación recibida. Estos factores son fundamentales para evaluar y medir de manera precisa el crecimiento de <i>Rhizopus Stolonifer</i> en respuesta a la exposición a los rayos UV-C.</p> | Exposición a radiación UV-C | Dosis UV-C | |
| | | | | Tiempo de exposición | |
| | | | | Distancia de exposición | Razón |
| | | | | Días de almacenamiento | |
| | | | | Medición de área micelial | |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Libreta de campo.

LIBRETA DE CAMPO

Responsable de la Muestra:

Arenas Diaz Victor Joel, Cubas Tapia Yovani

Dirección:

| Datos de los veinte puntos de toma de muestras biológicas en cultivos de SAMNSA | | | | | | | | |
|---|-------------------------|------|----------------|-----------------|-------------------|----------------|------------|---------|
| M() | Nombre rotulado | Lote | Origen muestra | Coordenadas | | Altura msnm | Fecha | Hora |
| | | | | Norte | Este | | | |
| 1 | Muestra 01: Palta Hass | 16 | Rama lateral | -2° 55' 20.8" N | -79° 59' 52.7" E | 94 | 09/11/2023 | 3:16 PM |
| 2 | Muestra 02: Palta Hass | 16 | Rama lateral | -2° 55' 21.3" N | -79° 59' 50.4" E | 94 | 09/11/2023 | 3:19 PM |
| 3 | Muestra 03: Palta Hass | 16 | Tronco | -2° 55' 22.6" N | -79° 59' 51.9" E | 102 | 09/11/2023 | 3:26 PM |
| 4 | Muestra 04: Palta Hass | 16 | Tronco | -2° 55' 23.7" N | -79° 59' 52.7" E | 98.3 | 09/11/2023 | 3:38 PM |
| 5 | Muestra 05: Palta Hass | 16 | Rama lateral | -2° 55' 21.9" N | -79° 59' 50.7" E | 87.8 | 09/11/2023 | 3:40 PM |
| 6 | Muestra 06: Palta Hass | 14 | Rama lateral | -2° 55' 22.3" N | -79° 59' 50" E | 94.9 | 09/11/2023 | 3:44 PM |
| 7 | Muestra 07: Palta Hass | 14 | Rama lateral | -7° 2' 52.44" N | -79° 31' 40.76" E | 91.5 | 09/11/2023 | 3:58 PM |
| 8 | Muestra 08: Palta Hass | 14 | Tronco | -2° 55' 25.2" N | -79° 59' 49.9" | 94 | 09/11/2023 | 4:01 PM |
| 9 | Muestra 09: Palta Hass | 16 | Tronco | -7° 3' 34.9" N | -79° 31' 50.1" E | 88.3 | 09/11/2023 | 4:07 PM |
| 10 | Muestra 10: Palta Hass | 16 | Rama lateral | -2° 55' 24.7" N | -79° 59' 52" E | 92.6 | 09/11/2023 | 4:09 PM |
| 11 | Muestra 11: Palta Hass | 16 | Rama lateral | -7° 3' 35.7" N | -79° 31' 50.94" E | 94 | 09/11/2023 | 4:15 PM |
| 12 | Muestra 12: Palta Hass | 17 | Rama lateral | -2° 55' 21.5" N | -79° 59' 46.89" E | 96.2 | 09/11/2023 | 4:18 PM |
| 13 | Muestra 13: Palta Hass | 17 | Tronco | -2° 55' 22.3" N | -79° 59' 47.5" E | 91 | 09/11/2023 | 4:22 PM |
| 14 | Muestra 14: Palta Hass | 17 | Rama lateral | -2° 55' 21.1" N | -79° 59' 47" E | 87 | 09/11/2023 | 4:29 PM |
| 15 | Muestra 15: Palta Hass | 17 | Rama lateral | -2° 55' 20" N | -79° 59' 47.6" E | 85.5 | 09/11/2023 | 4:31 PM |
| 16 | Muestra 16: Sweet Glove | 17 | Rama lateral | -2° 55' 22.3" N | -79° 59' 51" E | 88.2 | 09/11/2023 | 4:42 PM |
| 17 | Muestra 17: Sweet Glove | 16 | Rama lateral | -2° 55' 24.4" N | -79° 59' 52.6" E | 89.6 | 09/11/2023 | 4:46 PM |
| 18 | Muestra 18: Sweet Glove | 17 | Rama lateral | -2° 55' 22.9" N | -79° 59' 51.8" E | 88.8 | 09/11/2023 | 4:49 PM |
| 19 | Muestra 19: Sweet Glove | 16 | Rama lateral | -2° 55' 25.2" N | -79° 59' 53.4" E | 85.1 | 09/11/2023 | 4:56 PM |
| 20 | Muestra 20: Sweet Glove | 16 | Rama lateral | -2° 55' 24.1" N | -79° 59' 52.3" E | 85.2 | 09/11/2023 | 5:10 PM |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Métodos de desinfección en la etapa postcosecha incluida la radiación UV

| Autor/es | Tipo de método de desinfección | Concepto | Método de funcionamiento | Microorganismos reducidos | Concentración, tiempo de exposición | Resultados de la eficacia del método |
|--------------------------|---|--|---|---|--|---|
| (Pourbagher et al. 2023) | Agua activada por plasma (PAW) | Alternativa eficaz y respetuosa con el medio ambiente para desinfectar hongos comestibles y garantizar la seguridad alimentaria. Además, este método no afecta las características sensoriales o nutricionales de los alimentos y puede inhibir tanto la actividad de las enzimas de pardeamiento como los microorganismos patógenos. (Pourbagher et al. 2023) | Funciona mediante la aplicación de un campo eléctrico a un gas o líquido, generando especies activas de oxígeno y nitrógeno, como radicales libres e iones, que tienen un alto poder oxidante y desinfectante. Estas especies activas pueden inactivar microorganismos y otros patógenos presentes en la superficie de los alimentos sin afectar significativamente sus características sensoriales o nutricionales. Además, el plasma frío tiene un bajo costo energético y no utiliza productos químicos nocivos para el medio ambiente, lo que lo convierte en una alternativa sostenible y respetuosa con el medio ambiente para la desinfección de alimentos. (Pipliya et al. 2023) | <i>Pseudomonas tolaasii</i> , <i>Lecanicillium fungicola</i> | 10 minutos sumergidos en PAW, 21 días almacenamiento | El tratamiento con PAW controló el crecimiento de bacterias y hongos durante 21 días de almacenamiento post-cosecha, mantuvo la firmeza de los hongos y también inactivó las enzimas que causan el pardeamiento |
| (Baier et al. 2014) | Tratamiento con plasma gaseoso no térmico (NTP) | Es una técnica novedosa prometedora para reducir la carga microbiana en frutas y verduras frescas. | Se trata de una técnica suave y eficaz que utiliza un chorro de plasma a presión atmosférica para desinfectar los productos sin dañar su calidad. El plasma frío se aplica a hojas de lechuga sensibles al calor sin efectos perjudiciales para la calidad del producto, y las pruebas microbiológicas muestran una capacidad antibacteriana efectiva en diferentes superficies de productos. (Baier et al. 2014) | <i>Escherichia Coli</i> | Ensalada de maíz, pepino, a una distancia de 17 mm al chorro de plasma tratado a 60s | A una potencia fija de 8 W y 60s logró una inactivación de <i>E. coli</i> de 4.1 ± 1.2 unidades logarítmicas sin dañar la calidad del producto, lo que indica su potencial como técnica de desinfección para frutas y verduras frescas. |
| (Rowan 2019) | Método de luz pulsada (PL) | A diferencia de los métodos de desinfección térmica, la PL no afecta la calidad del producto y es eficaz contra una amplia gama de microorganismos, incluidas las bacterias patógenas y los virus. Sin embargo, la falta de armonización internacional y consenso sobre los métodos de evaluación y las condiciones de exposición están obstaculizando el desarrollo comercial de la PL para la desinfección de alimentos. | Funciona mediante la emisión de pulsos de luz intensa y breve a través de una lámpara de xenón. Cuando se aplica la luz pulsada a una superficie, los fotones de luz interactúan con los microorganismos presentes en ella, provocando la muerte o inactivación de estos microorganismos. La energía de la luz se convierte en calor y reacciones químicas en la superficie, lo que da lugar a la muerte de los microorganismos. La eficacia de la luz pulsada depende de varios factores, como la intensidad de la luz, la longitud de onda utilizada y el tiempo de exposición. También es importante considerar la naturaleza de la superficie a tratar, ya que diferentes materiales pueden absorber la luz de manera diferente y afectar la eficacia de la desinfección. (Mahendran et al. 2019) | <i>Escherichia Coli</i> | Espinacas ≤ 120 kJ cm ⁻² ; ≤ 30 pulsos; 8.5 cm distancia 4 °C; 10 días Brotes de frijol mungo 3 J cm ⁻² , 10 cm, 5 °C, 6 días | <i>E. coli</i> DSM 1607 (4.9 log de reducción) <i>E. coli</i> DHS (6 log de reducción) |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5. Métodos de desinfección en la etapa postcosecha incluida la radiación UV

| Autor/es | Tipo de método de desinfección | Concepto | Método de funcionamiento | Microorganismos reducidos | Concentración, tiempo de exposición | Resultados de la eficacia del método |
|----------------------------|--|---|--|--|---|--|
| (Kao et al. 2019) | Campo electrostático de alto voltaje. (HVEF) | Es una tecnología emergente que utiliza una intensidad de campo eléctrico para preservar frutas y verduras durante el almacenamiento. El tratamiento con HVEF puede mejorar las características de calidad de los productos, como la pérdida de peso, el cambio de color, la dureza, el contenido de vitamina C y la capacidad antioxidante, mientras reduce las cargas microbianas y mejora la microestructura. Además, se pueden establecer modelos de predicción de vida útil para los productos tratados con HVEF. (Zhao et al. 2023) | Funciona aplicando un campo eléctrico de alta intensidad a los productos frescos almacenados para inhibir el crecimiento de microorganismos, retardar la maduración y mejorar la calidad del producto. El campo eléctrico de alta intensidad crea iones y radicales libres que eliminan las células microbianas y las enzimas que causan la descomposición del producto. El tratamiento con HVEF es una técnica no térmica, respetuosa con el medio ambiente y puede ser una alternativa a los métodos de conservación convencionales. (Liu et al. 2017) | ----- | Brócoli a 4 °C, 50-400 kV / m | La tecnología HVEF prolongó la vida útil del brócoli recién cortado hasta 40 días y mejorar su calidad de almacenamiento al reducir la pérdida de dureza y mantener su verdor. |
| (Balakrishnan et al. 2022) | Radiación gamma | La radiación gamma es una fuente de radiación aprobada para la irradiación de chile seco en la mayoría de los países y se ha demostrado ser efectiva para la conservación del chile seco. Además, se menciona que una dosis baja de irradiación es suficiente para reducir la carga microbiana a un nivel aceptable y eliminar los patógenos. (Balakrishnan et al. 2022) | Es un tipo de radiación electromagnética que se produce cuando los núcleos atómicos liberan energía. En el contexto del tratamiento de alimentos, la radiación gamma se aplica a través de fuentes de rayos gamma, como el cobalto-60, que emite fotones de alta energía capaces de penetrar en los alimentos y eliminar microorganismos patógenos. Durante el proceso de irradiación gamma, los fotones interactúan con los microorganismos y los dañan, lo que impide su capacidad para reproducirse. (Meneses, Antonio & Cabo Verde 2021) | <i>Aspergillus flavus</i> , <i>Aspergillus parasiticus</i> , <i>Aspergillus nomius</i> | Chile seco, 90 días a 25°C. 2, 4 y 6 kGy | Se requiere una dosis de radiación de más de 10 kGy para lograr la esterilización completa, y es importante evaluar la carga microbiana inicial antes de decidir la dosis ideal. La acritud del chile seco no se ve afectada por la radiación gamma. Además, se destaca que la irradiación puede descontaminar las esporas de moho viables antes de la producción de aflatoxinas, lo que ayuda a preservar los chiles secos de la contaminación por aflatoxinas. |
| (Kanaan y Tarek 2022) | Bacteriófagos | El uso de bacteriófagos y sus derivados como una opción innovadora, significativa y segura para la prevención, tratamiento y/o eliminación de la contaminación microbiana en varios entornos de manipulación de alimentos, incluyendo la producción primaria, procesamiento post-cosecha, bio-sanitización y bio-detección. (Kanaan y Tarek 2022) | Se basa en su capacidad para infectar y destruir bacterias específicas. Los bacteriófagos son virus que infectan bacterias y se replican en su interior, lo que lleva a la lisis o muerte de la célula bacteriana. Los científicos pueden seleccionar bacteriófagos específicos que infecten y destruyan las bacterias responsables de la contaminación en la carne y en el ambiente de procesamiento. | <i>Listeria monocytogenes</i> | Melón y pera (jugos y rodajas) a 10°C, bacteriófago Listex P100 | Se encontraron reducciones de aproximadamente 1.50 y 1.00 log cfu plug (-1) para rodajas de melón y pera, respectivamente. En los jugos, se obtuvieron mayores reducciones en el melón (8.00 log ufc ml (-1)) seguido de la pera (2.10 log ufc ml (-1)) después de 8 días de almacenamiento. Listex P100 parece ser efectivo para controlar el crecimiento de <i>L. monocytogenes</i> en jugos de frutas con pH alto durante el almacenamiento a 10 °C. |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 6. Métodos de desinfección en la etapa postcosecha incluida la radiación UV

| Autor/es | Tipo de método de desinfección | Concepto | Método de funcionamiento | Microorganismos reducidos | Concentración, tiempo de exposición | Resultados de la eficacia del método |
|----------------------------------|--------------------------------|---|--|--|--|--|
| (Sadeghi, Karami y Sayyari 2019) | Ozono | El ozono es un gas que se puede utilizar en la conservación de alimentos para reducir la carga microbiana y prolongar su vida útil. Es un oxidante fuerte y natural que puede eliminar microorganismos, virus y otros patógenos en los alimentos y en su entorno. (Sadeghi, Karami y Sayyari 2019) | Al ser un gas, puede penetrar en áreas difíciles de alcanzar y no deja residuos tóxicos en los alimentos después de su uso. El ozono se puede aplicar a los alimentos de varias formas, como en cámaras de almacenamiento o mediante el lavado y enjuague de frutas y verduras. (Vijay Rakesh Reddy et al. 2022) | ----- | Ozono a 1 ppm, 40 días almacén a 8°C | A una concentración de 1 ppm prolonga la vida útil y mantiene la calidad del pimiento dulce durante el almacenamiento. Se observó una reducción en la pérdida de peso y podredumbre superficial de moho-levadura, así como un aumento en la dureza y sólidos solubles. |
| (Garzón-García et al. 2023) | Radiación ultravioleta (UV-C) | El método UV-C es una tecnología alternativa para productos frescos cortados que conduce a la inactivación microbiana y al aumento de compuestos beneficiosos. (Garzón-García et al. 2023) | Utiliza una luz de longitud de onda corta para inactivar microorganismos, como bacterias y virus, así como para aumentar el contenido de compuestos beneficiosos en los alimentos. La luz UV-C interactúa con los ácidos nucleicos de los microorganismos, alterando su estructura y evitando que se reproduzcan y se propaguen. También puede activar procesos bioquímicos en el alimento que aumentan la producción de compuestos antioxidantes y nutricionales. (Garzón-García et al. 2023) | ----- | Dosis de UV-C de 6 kJ/m ² mango 'Tommy Atkins' precortado durante los días 0, 3, 6, 9 y 12 de almacenamiento (5°C, humedad relativa: 85 - 90%), | La aplicación de una dosis de UV-C de 6 kJ/m ² permitió preservar la seguridad microbiana y el color superficial del mango precortado almacenado, y aumentar el contenido de carotenoides totales y la actividad antioxidante. Sin embargo, el tratamiento UV-C provocó pérdida de firmeza y algunos microorganismos nativos de mango se adaptaron al estrés causado por los tratamientos y el almacenamiento. |
| (Li et al. 2022) | Nanopartículas antimicrobianas | El método de nanopartículas se plantea como una alternativa prometedora para el control de enfermedades postcosecha en frutas, reemplazando la aplicación de fungicidas químicos. Los nanomateriales son más eficientes en comparación con los materiales micrométricos y pueden ser incorporados con otros sistemas de control para mejorar su efectividad. (Le et al. 2021) | Se basa en su capacidad para interactuar con las células de los fitopatógenos y alterar su metabolismo y/o membranas celulares, lo que resulta en su muerte o inhibición de su crecimiento. Las nanopartículas de zinc son efectivas en el control de enfermedades postcosecha porque pueden penetrar en la estructura de la célula del patógeno y causar su destrucción. Además, las nanopartículas también pueden actuar como un sistema de liberación controlada de sustancias activas que pueden prevenir la infección y la descomposición. (Le et al. 2021) | <i>Alternaria alternata</i> , <i>Pestalotiopsis microspora</i> , <i>Diaporthe actinidiae</i> y <i>Botryosphaeria dothidea</i> | Kiwi, 24 y 48 h, 75 ppm AgNP (Nanopartículas de plata) | Las nanopartículas de plata (AgNP) son efectivas para controlar la podredumbre postcosecha en el kiwi, causada por patógenos como <i>Alternaria alternata</i> , <i>Pestalotiopsis microspora</i> , <i>Diaporthe actinidiae</i> y <i>Botryosphaeria dothidea</i> . Se ha encontrado que las AgNP inhiben eficazmente el crecimiento micelial y la germinación de esporas de los patógenos, aumentando la permeabilidad de la membrana celular y causando la degradación estructural celular y de orgánulos. |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7. Registro fotográfico

Fotografía 01. Recolección y toma de muestra.



Fotografía 02. Muestras recolectadas.



Fotografía 03. Siembra de muestras en agar PDA.



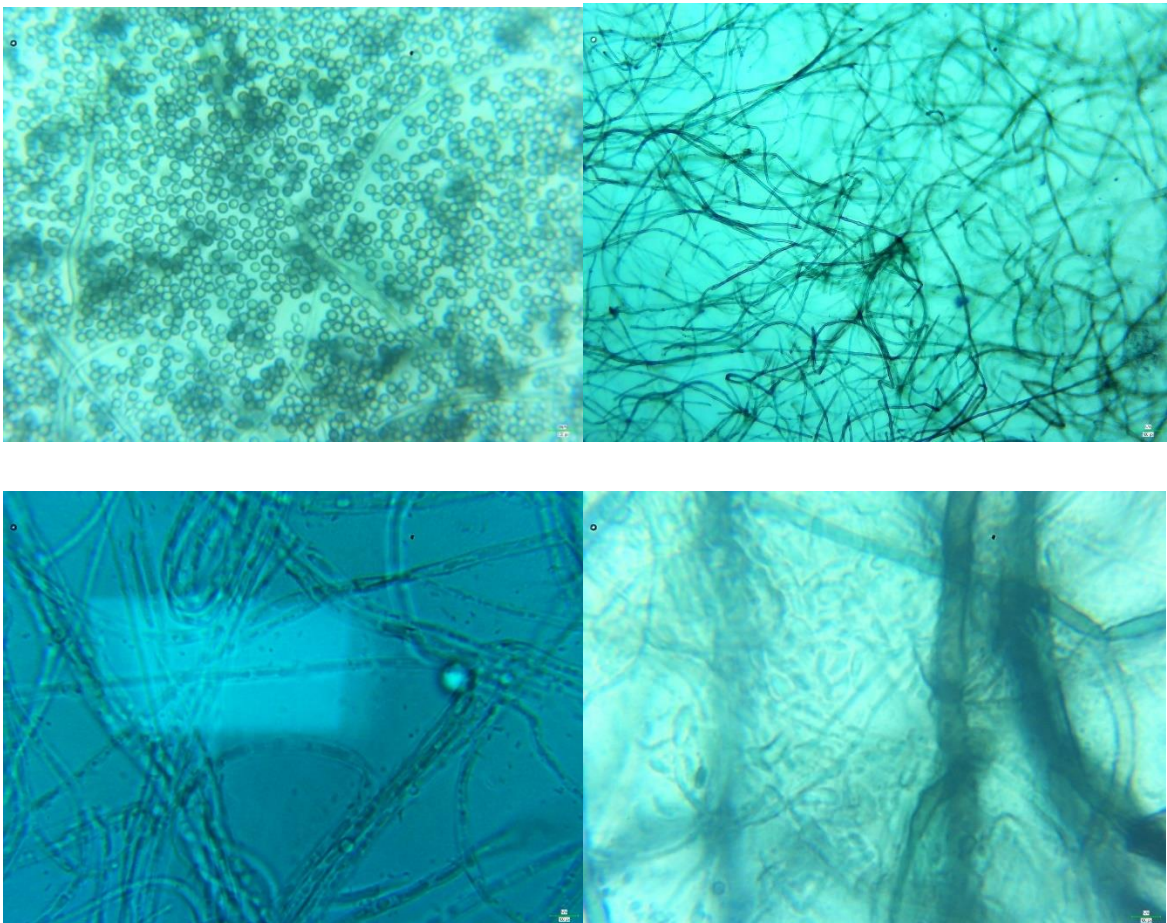
Fotografía 04. Siembra total e incubación de las muestras.

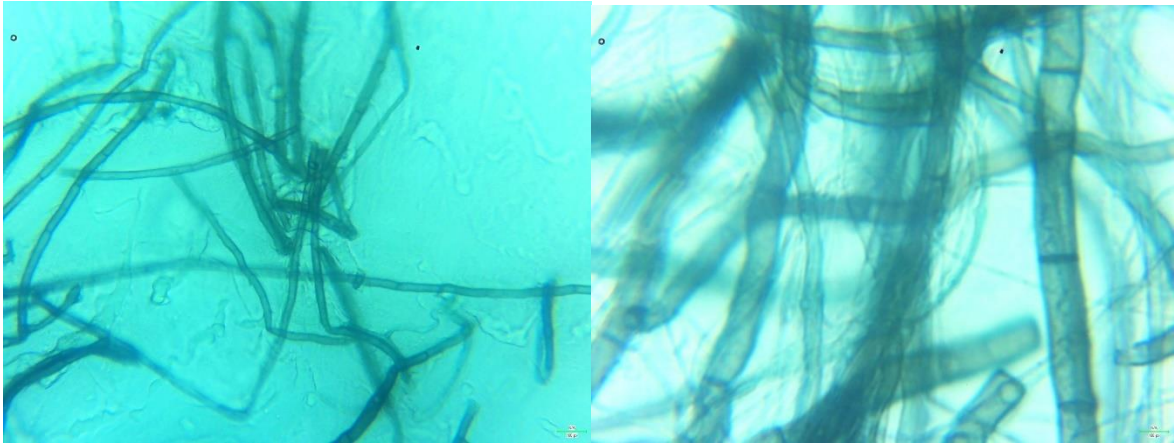


Fotografía 05. Identificación morfológica macroscópica de aislados.



Fotografía 06. Fotografías de observaciones microscópicas

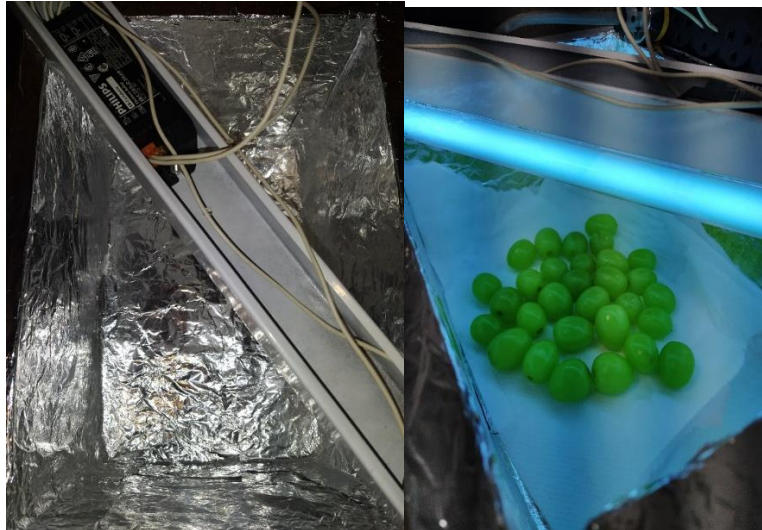




Fotografía 07. Preparación de suspensión de esporas e inoculación en uvas.



Fotografía 08. Exposición a la radiación UV-C



Fotografía 09. Toma de muestras en palto Hass (*Persea americana*)



Fotografía 10. Toma de muestras en uva (*Vitis vinifera*)





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, PONCE AYALA JOSE ELIAS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "Efecto de radiación UV-C en la reducción del crecimiento de Lasiodiplodia sp., en la postcosecha de Vitis vinifera", cuyos autores son CUBAS TAPIA YOVANI, ARENAS DIAZ VICTOR JOEL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 13.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 16 de Noviembre del 2023

| Apellidos y Nombres del Asesor: | Firma |
|---|--|
| PONCE AYALA JOSE ELIAS DNI: 16491942 ORCID: 0000-0002-0190-3143 | Firmado electrónicamente por: PAYALAJE el 17-11- 2023 12:27:19 |

Código documento Trilce: TRI - 0654816