

Capítulo 2

Efecto de diferentes tratamientos para control de moho gris sobre rendimiento de vid para vino en Ensenada, Baja California

Ing. Paola Antuna-Ferreira¹

Dr. Ángel Manuel Suárez-Hernández²

Dr. Enrique Ignacio Sánchez-González

Facultad de Ingeniería y Negocios San Quintín. Universidad Autónoma de Baja California, Baja California.

<https://doi.org/10.61728/AE20255671>



¹ <https://orcid.org/0009-0003-4761-9767>

² <https://orcid.org/0000-0002-4516-4805>; <https://orcid.org/0000-0002-0180-8154>

Resumen

El presente estudio evaluó el efecto de la aplicación foliar de *Melaleuca alternifolia* y Acibenzolar-S-metil en la incidencia de moho gris en vid y su impacto en el volumen de producción de un rancho agrícola en San Vicente, Baja California. Se implementó un diseño en franjas con siete tratamientos y cinco repeticiones. El análisis de datos incluyó pruebas de Kolmogorov-Smirnov para normalidad, seguido de ANOVA para datos normales y Kruskal-Wallis para datos anormales. Los tratamientos no afectaron variables como Racimos Totales, Peso Total, Peso Limpio, Relación entre Peso Total y Peso Limpio, y Peso Medio por Racimo. Sin embargo, todos los tratamientos mostraron efectos significativos en las variables Racimos con Botrytis y Relación entre Racimos Totales y Racimos con Botrytis, un resultado esperado al aplicar productos antagonistas al patógeno.

Introducción

La vitivinicultura en México tiene una larga historia, siendo la más antigua del continente americano. El municipio de Ensenada, en Baja California, destaca por su importante contribución a la producción nacional de uva industrial, aportando el 50 % de la superficie cosechada y el 53 % del valor total de la producción (SAGARPA-SIAP, 2022). Sin embargo, esta industria enfrenta diversos retos, incluyendo diferencias climáticas, deficiencias hídricas y problemas biológicos como el moho gris causado por *Botrytis cinerea*. Este patógeno representa una seria amenaza para la industria del vino debido a enzimas que deterioran tanto la calidad aromática como gustativa del vino y representan un costo más alto de manejo operativo en vinícola (Laurie, 2021) y viñedo, pudiendo ocasionar pérdidas significativas en la producción y calidad de la uva, requiriendo un manejo integrado (Carrillo, 2021).

Las pérdidas en el municipio de Ensenada, por afectación de moho gris en uva para vino, fluctúan entre el 5 y 20 % (Guerrero, R. L. A., comunicación personal, 01 de junio 2024) y, ante la creciente resistencia de *Botrytis cinerea* a los fungicidas tradicionales (Lara, 2021) y la

demanda de prácticas más sostenibles, se están explorando alternativas más amigables con el ambiente (Reuveni, 2023). Entre estas opciones se encuentra el uso de extractos vegetales y aceites esenciales como el aceite de árbol de té (TTO) y el Acibenzolar-S-metil, que han demostrado propiedades antifúngicas efectivas. Con ello, surge la necesidad de responder a la siguiente interrogante: ¿En qué medida el uso de un producto a base de *Melaleuca alternifolia*/Acibenzolar-S-metil disminuirá la incidencia del moho gris en la vid y, en consecuencia, aumentará el volumen de la producción del cultivo?

En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de aplicaciones foliares de aceite de árbol de té (*Melaleuca alternifolia*) y Acibenzolar-S-metil. Esto con el fin de tener control de la enfermedad denominada moho gris, causada por el patógeno *Botrytis cinerea*, respecto al rendimiento de la cosecha de uva para vino, que el agricultor pudiera dejar de perder al encontrar un tratamiento efectivo para la mencionada enfermedad. Lo anterior debido a que el ingrediente activo del que está formulado el TTO ha demostrado tener efecto fungicida y al mismo tiempo inducir resistencia sistémica tanto adquirida como inducida (SAR e ISR) en las plantas (Dalio et al., 2020).

Con el estudio se aportará información para mejorar las prácticas de manejo, prevención y control de moho gris, beneficiando a productores, técnicos y enólogos de la región. Los resultados obtenidos no solo contribuirán a mejorar la producción de los viñedos, sino que también promoverán el desarrollo de métodos de control más sostenibles y seguros para la industria vitivinícola local.

Marco de referencia

En el territorio mexicano, la actividad vitivinícola se considera la más antigua del continente americano, puesto que fue en esta nación donde se introdujeron por primera vez las vides en el Nuevo Mundo. Esta introducción de vides a México marcó un hito histórico, ya que sentó las bases para la posterior expansión y propagación de la viticultura hacia otras regiones del continente (Instituto de Estudios Superiores en Gastronomía, 2022).

González y Aguilar (2022) refieren que la producción nacional de uva industrial asciende a 65.5 toneladas, con un valor que supera los 712 millones de pesos en el año 2019. Esta producción se obtuvo de una superficie sembrada de 7,486 hectáreas, alcanzando un valor cercano a los 390 millones de pesos constantes (base segunda quincena de julio de 2018). En el ámbito de la vitivinicultura mexicana, destaca de manera sobresaliente el caso del municipio de Ensenada, ubicado en el estado de Baja California.

Los datos estadísticos revelan que Ensenada contribuyó con el 50 % de la superficie cosechada de uva industrial en todo el territorio mexicano. Esta cifra representa la mitad del total nacional, lo que evidencia la importancia de esta región en el cultivo de la vid destinada a la elaboración de vinos y otros productos derivados. Asimismo, destacó por su contribución del 26 % a la producción total de uva industrial en México y, a su vez, aportó el 53 % del valor total de la producción de uva industrial a nivel nacional (SAGARPA-SIAP, 2022).

Si bien Ensenada es un municipio que destaca en la producción nacional de uva para industria, la producción enfrenta diversos retos. Como lo mencionan Macías-Carranza y Cabello-Pasini (2021), los valles vitivinícolas del municipio exhiben diferencias climáticas y deficiencias hídricas que impactan de manera crítica en su idoneidad para la producción de uva de calidad enológica. Entre los problemas biológicos más importantes podrían estar: piojo harinoso de la vid, barrenador de la vid, descarnador de la hoja de la vid, moho gris, cenicilla, mildiu, secadera de la vid, enfermedad de Pierce y enrollamiento de la hoja de la vid (Rodríguez de Acuña y Perera, 2020). Todos los anteriores pudieran repercutir negativamente en el volumen de la producción por hectárea y en la calidad de la fruta cosechada para industrialización.

Botrytis cinerea es de especial importancia; es un hongo patógeno de plantas que exhibe un amplio rango de hospedantes con capacidad para infectar más de 1400 especies vegetales. Este hongo fitopatógeno es el agente causal de la enfermedad conocida como “moho gris”, la cual puede ocasionar cuantiosas pérdidas económicas en diversos cultivos de importancia comercial (Pérez, 2022).

El moho gris, causado por *Botrytis cinerea*, es una de las enfermeda-

des de mayor importancia para el cultivo de vid debido a las pérdidas de producción y económicas que es capaz de generar. La enfermedad tiende a manifestarse con pudrición de tejidos y producción de un característico micelio de color grisáceo. Realizar un manejo con tendencia a tratar la enfermedad cuando ya se ha presentado resulta complejo, debido a la vasta capacidad de desarrollo, infección, dispersión y resistencia del patógeno, pudiendo tenerlo en distintos órganos de la planta a la vez; hojas, guías, flores y frutos son susceptibles a las infecciones por este patógeno (Carrillo, 2021).

El manejo de la enfermedad debe realizarse durante los períodos críticos del cultivo, tales como la floración, con el objetivo de disminuir la carga de inóculo presente, así como en las etapas de envero, precosecha y cosecha. Para ello, es necesaria la integración de diversas tácticas y estrategias de control. La implementación adecuada de productos químicos u orgánicos, en conjunto con prácticas culturales apropiadas, puede contribuir a un control eficiente de la enfermedad (Carisse y Van Der Heyden, 2025).

Las pérdidas económicas ocasionadas por el fitopatógeno *Botrytis cinerea* fluctúan entre 10 y 100 mil millones de dólares en todo el mundo, afectando la producción de más de 1400 especies vegetales y constituyendo uno de los principales retos para la seguridad alimentaria global. El control químico no brinda resultados completamente favorables debido a la múltiple resistencia desarrollada por *Botrytis cinerea*. Dada esta situación, es necesario optar por controles menos agresivos y ambientalmente más sostenibles, que contribuyan a disminuir el uso excesivo de agroquímicos (Roca-Couso et al., 2021). Por esta razón, Bolívar-Anillo y colaboradores (2020) consideran a los microorganismos como candidatos idóneos para el control efectivo de enfermedades en las plantas. A estas sustancias antifúngicas, Sandoval y colaboradores (2024) les han dado la denominación de bioinsumos.

Los bioinsumos se definen como productos constituidos por microorganismos (tales como hongos, bacterias, protozoos y virus), macroorganismos (ácaros, artrópodos, nematodos), pero también por extractos vegetales y compuestos derivados de fuentes biológicas o naturales. Los bioinsumos tienen la capacidad de mejorar la productividad de los culti-

vos, son respetuosos con el medio ambiente y contribuyen al agregado de valor en origen (Starobinsky et al., 2021).

Numerosos biofungicidas se obtienen a partir de extractos vegetales crudos o mediante la utilización de solventes tales como alcohol, metanol y etanol. Estos extractos pueden ser obtenidos a través de diversas metodologías y en la actualidad se encuentran en el foco de las tendencias económicas y sociales que interesan al consumidor. De Simone y colaboradores lo exponen en el año 2020, haciendo énfasis en que el consumidor final actual busca una viticultura/vitivinicultura más sostenible y ecológica.

En el municipio de Ensenada, las pérdidas en el cultivo de uva para vino por la enfermedad moho gris, causada por el patógeno *Botrytis cinerea* oscilan, en palabras de los agricultores, desde un 5 % hasta un 20 % del total de su producción. La problemática se presenta principalmente en los meses cercanos a la cosecha: agosto, septiembre y octubre, cuando los factores medioambientales se tornan benéficos para el desarrollo del patógeno (Guerrero, comunicación personal, 01 de junio 2024).

Con la finalidad de prevenir y disminuir las pérdidas causadas por el patógeno, es necesario realizar un manejo integrado que considere diferentes técnicas de control, como prácticas culturales y alternativas de control de la enfermedad más amigables que disminuyan la incidencia y severidad del moho gris en la vid. En uva de mesa, el moho gris afecta la calidad del fruto en postcosecha, mientras que en uva para vino impacta negativamente las propiedades organolépticas, ocasionando importantes pérdidas económicas.

Lara en 2021 pudo constatar la existencia de elevados niveles de resistencia a los fungicidas utilizados actualmente, por lo que es necesario ampliar el conocimiento sobre aplicaciones, productos, prácticas culturales y monitoreo microbiológico para un control efectivo de esta enfermedad. Frente a este panorama se puede inferir que el uso excesivo e indiscriminado de fungicidas puede tener consecuencias negativas. Para evitar la aparición de resistencias, es importante alternar el uso de diferentes mecanismos de acción y buscar constantemente nuevos productos para el control de enfermedades (Sanhueza, 2012).

En búsqueda de nuevos métodos de control de la enfermedad moho

gris, en el año 2019, Youssef y colaboradores llevaron a cabo un estudio cuyo objetivo fue evaluar el efecto del inductor de resistencia acibenzo-lar-S-metil (ASM) contra el moho gris (*Botrytis cinerea*) en uvas de mesa, tanto in vitro como in vivo. Para las variedades Italia y Benitaka, el ASM redujo la incidencia en un 85 % y 80,5 %, respectivamente, similar a los controles químicos. Respecto a las propiedades fisicoquímicas de la baya (sólidos solubles totales, acidez titulable e índice de color), ninguno de los tratamientos difirió significativamente del control. Durante el estudio se concluyó que una sola aplicación de ASM al 1 %, una semana antes de la cosecha, fue eficaz para controlar la podredumbre gris en uvas de mesa Italia y Benitaka, sin afectar las propiedades de calidad de la baya (Youssef et al., 2019).

En el año 2023, Reuveni recalcó que la búsqueda de soluciones seguras y efectivas para la protección de plantas ha llevado al interés en métodos naturales de control de plagas y enfermedades. En su investigación aborda el uso de productos híbridos, entendiéndose el término como la combinación de un producto natural, extracto de árbol de té (TTO), con un químico específico (difenoconazole), y asegura que pueden ser un puente entre la agricultura convencional y sostenible, ofreciendo múltiples modos de acción y un mejor manejo de la resistencia.

En este marco, el control biológico o integrado se presenta como una prometedora estrategia para el manejo de enfermedades, debido a su seguridad y su menor impacto ambiental. Este enfoque abarca el uso de organismos vivos, sus metabolitos, extractos y productos naturales como métodos de control (Paramalingam et al., 2023).

Uno de esos extractos de plantas referidos en los estudios anteriores es el aceite esencial extraído de la planta *Melaleuca alternifolia*, popularmente conocido como aceite de árbol del té (TTO-Tea Tree Oil por sus siglas en inglés). Este extracto presenta propiedades beneficiosas gracias a la presencia de componentes bioactivos. El aceite esencial derivado del árbol del té (TTO), obtenido de la especie vegetal *Melaleuca alternifolia*, está compuesto por diversos elementos, principalmente terpenos y alcoholes, y desde hace ya algunos años se ha comprobado su capacidad como antiséptico y bactericida altamente efectivo (Carson y Riley, 1993).

En investigaciones más recientes se ha evidenciado que el aceite

esencial del árbol del té (TTO, *Melaleuca alternifolia*) también posee propiedades fungicidas altamente efectivas; esto implica que su capacidad para combatir y prevenir el crecimiento de hongos ha sido demostrada de manera satisfactoria (Reuveni et al., 2020). Por su parte, Borotová y colaboradores (2022) lograron identificar la presencia de algunos componentes bioactivos que le confieren a TTO sus propiedades beneficiosas en el control de enfermedades fúngicas y bacterianas; estos compuestos se tratan de terpinen-4-ol, γ -terpineno, 1,8-cienol y p-cimeno.

Actualmente no se dispone de información, en las investigaciones existentes, en donde se establezca una relación entre el control de *Botrytis cinerea* con diferentes tratamientos de base química u orgánica y el aumento en la producción de uva para vino en la zona vitivinícola de Ensenada, Baja California. Es por tal motivo que se plantea como hipótesis de investigación que un programa de aplicaciones de productos más sostenibles, como lo son TTO y ASM, disminuirá la incidencia de moho gris en vid y, por lo tanto, aumentará el volumen de producción de uva para vino en el viñedo.

El estudio proporcionará a los productores de uva de vino, técnicos de producción en campo, enólogos y personal educativo una base de conocimiento para mejorar las prácticas de manejo, prevención y control de *Botrytis cinerea* en el cultivo, con el objetivo de aumentar su productividad y contribuir al desarrollo económico de la región. Además, se generará información concreta para el uso de extractos de plantas naturales, como el aceite esencial del árbol del té, como alternativas más seguras y efectivas en el control de enfermedades fúngicas.

Metodología

Para confirmar la hipótesis planteada y con fundamento en la descripción proporcionada por Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), se ha determinado que este estudio será de enfoque cuantitativo y experimental. El tipo de investigación que se llevará a cabo será exploratorio con una dimensión temporal longitudinal.

El experimento en campo se llevó a cabo en los meses de junio/2024 a octubre/2024, dentro del predio mostrado en la Figura 5, que comprende

la variedad Zinfandel (31.25138077764641, -116.17691863328218). Esta variedad es una uva tinta para vino, que por sus características de racimo extremadamente compacto se vuelve una de las variedades más susceptibles al ataque de *Botrytis cinerea*, causando la enfermedad de moho gris y pérdidas en cosecha debido a la misma.

El tipo de diseño experimental con el que se trabajó se decidió tomando en cuenta que fue la misma variedad y la misma “tabla de siembra”. Por lo anterior, tuvo la misma nutrición, parámetros hídricos y control de plagas y enfermedades; sin embargo, el terreno tiene una pequeña pendiente. Teniendo en cuenta las características mencionadas con anterioridad, es posible emplear el diseño en franjas (Benites, 2022).

Este diseño consistió en siete tratamientos diferentes, que se enumeran en el Cuadro 1. Cada tratamiento se repitió en cinco ocasiones, lo que resultó en un total de 35 unidades experimentales, incluyendo el tratamiento control (testigo comercial del agricultor). Quedando así 20 unidades experimentales con el tratamiento de aceite de Melaleuca alternifolia (TTO) + acibenzolar-S-metil (ASM), 5 unidades experimentales con únicamente aceite de árbol de té (TTO), 5 unidades experimentales únicamente con acibenzolar-S-metil (ASM) y otras 5 unidades experimentales con el tratamiento que de manera tradicional usó el agricultor.

Cuadro 1

Tratamientos del experimento

Número de tratamiento	Nombre del tratamiento	Dosis (g / L / ha)
1	TTO	1.5 L
2	ASM	15 g
3	TTO + ASM	0.5 L + 15 g
4	TTO + ASM	0.75 L + 15 g
5	TTO + ASM	1.0 L + 15 g
6	TTO + ASM	1.25 L + 15 g
7	ProAct + Plant food	150 g + 500 g

Nota. Los tratamientos están basados en información de etiqueta y/o recomendaciones de las empresas formuladoras.

Las aplicaciones de los tratamientos se llevaron a cabo en dos momentos, 18 de junio de 2024 y 19 de julio de 2024, con la baya en tamaño chícharo y previo a envero, respectivamente. La aplicación se realizó con dos mochilas aspersoras de motor, cada una con doble aguilón de 4 boquillas, lo anterior con la intención de tratar de simular lo mejor posible el efecto de una aplicación con tractor. Entre cada aplicación de los tratamientos, las mochilas fueron lavadas muy bien.

Las métricas para evaluar, para efectos de evitar confusiones, se encuentran descritas de la siguiente manera:

1. Peso total: Peso total de los racimos de cada repetición/tratamiento (en gramos).
2. Racimos totales: Conteo total de los racimos de cada repetición/tratamiento.
3. Peso medio por racimo: Promedio del peso total de los racimos, dividido entre la cantidad total de racimos de cada repetición/tratamiento (en gramos).
4. Racimos con *Botrytis*: Cantidad total de racimos afectados con el patógeno de cada repetición/tratamiento.
5. Relación entre racimos con *Botrytis* y racimos totales: Relación obtenida de la división de racimos con *Botrytis* entre racimos totales (si es multiplicado por 100, sería igual a la incidencia de la enfermedad).
6. Peso limpio: Peso final, obtenido posterior a descartar los racimos con afectaciones de cada repetición/tratamiento (en gramos).
7. Relación peso inicial y peso limpio: Relación obtenida de la división de peso limpio entre peso total (si es multiplicado por 100, sería igual al porcentaje de aprovechamiento que se tuvo de cada repetición/tratamiento).
8. Tratamientos: Ya explicados con anterioridad.

La población de estudio estuvo comprendida por una parte del predio del varietal Zinfandel ubicado en Vinos Dubacano, es decir, 20 surcos de 65 metros longitudinales cada uno, con plantas de vid que se encuentran distanciadas un metro entre cada planta. Dando un total de 1,300 plantas aproximadamente (el valor es aproximado, pues hay partes del predio en que existen plantas faltantes).

La muestra, a su vez, estuvo constituida por 4 plantas en cada repetición, espaciadas también un metro entre ellas y cuatro metros en cada dirección de las otras repeticiones/tratamientos. Lo que arroja un total de 140 plantas como objeto de muestra; esta cantidad representa un 10 % de la población total existente en el estudio experimental.

El proceso de recolección de datos se llevó a cabo durante los días 08 y 09 de octubre, durante los cuales se cosechó la variedad Zinfandel. La cosecha fue manual, en cajas de plástico especiales para dicha actividad; esta fue realizada por personal especializado en el corte de la uva, bajo supervisión rigurosa. Posterior a la cosecha, el material vegetal fue llevado a los establecimientos de empaque y cuarto frío de la vinícola para resguardarlo de los factores medioambientales que pudieran influir en las mediciones.

Las mediciones fueron tomadas contando y pesando los racimos totales recolectados por cada tratamiento y sus correspondientes repeticiones. Posteriormente, se sacó un promedio de peso por racimo para cada tratamiento y repetición. Una vez obtenidas estas mediciones, se procedió a contar los racimos que fueron afectados por *Botrytis cinerea*. Al finalizar, se descartaron los racimos afectados y se pesó de nuevo cada tratamiento y repeticiones para así obtener un “peso limpio”, que es el equivalente a lo que la vinícola vende a sus clientes para transformar en vino.

Con el fin de verificar la normalidad del conjunto de datos obtenidos, se realizó una prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, pues los datos a procesar daban un total de más de 50. Posteriormente, para las variables que sí tuvieron normalidad, se realizó una prueba paramétrica ANOVA para verificar significancia.

Así mismo, para los datos que no tuvieron normalidad en la primera prueba realizada, se optó por realizar una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, en donde se compararon todas las variables una a una agrupadas por tratamientos. Lo anterior con la finalidad de establecer una relación entre cada variable y la aplicación de los tratamientos de la investigación.

Resultados

En los resultados obtenidos de la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov se puede inferir que los datos que cuentan con normalidad son los pertenecientes a las variables Peso Total PT, Racimos Totales RT, Peso Limpio PL y Relación entre Peso Total y Peso Limpio (Cuadro 2).

Cuadro 2

Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov

	Kolmogorov-Smirnov		
	Estadístico	gl	Sig.
PT	.100	35	.200*
RT	.091	35	.200*
PMR	.187	35	.003
RB	.261	35	.000
RELRTTB	.200	35	.001
PL	.112	35	.200*
RELPTPL	.095	35	.200*

Estos datos fueron evaluados con ANOVA, obteniendo los resultados mostrados en el Cuadro 3.

Cuadro 3*ANOVA para datos normales*

ANOVA						
		Suma de cuadra- dos	gl	Media cuadrá- tica	F	Sig.
PT	Entre grupos	7.386	6	1.231	1.186	.342
	Dentro de gru- pos	29.050	28	1.038		
	Total	36.436	34			
RT	Entre grupos	545.471	6	90.912	1.991	.101
	Dentro de gru- pos	1278.200	28	45.650		
	Total	1823.671	34			
PL	Entre grupos	4.596	6	.766	1.310	.285
	Dentro de gru- pos	16.375	28	.585		
	Total	20.971	34			
RELPTPL	Entre grupos	.159	6	.026	1.609	.182
	Dentro de gru- pos	.461	28	.016		
	Total	.620	34			

Los resultados muestran valores de significancia de 0.342 para Peso Total PT, 0.101 para Racimos Totales RT, 0.285 para Peso Limpio PL y 0.182 para Relación entre Peso Total y Peso Limpio RELPTPL. En todos los casos es posible apreciar que los P valor se encuentran por encima de la significancia esperada de 0.05, lo que indica que no existe relación entre las variables.

En el caso de las variables que no cuentan con normalidad, se realizó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, en la que se compararon las variables no paramétricas agrupadas por tratamientos. Los resultados obtenidos se muestran a continuación.

Cuadro 4.*Kruskal-Wallis para PMR*

Resumen de prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	
N total	35
Estadístico de prueba	5.545 ^{a,b}
Grado de libertad	6
Sig. asintótica (prueba bilateral)	.476

El P valor para PMR se muestra por arriba de 0.05, lo que se significa que no hay relación entre los tratamientos que afecte a la variable analizada.

Cuadro 5*Kruskal-Wallis para RB*

Resumen de prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	
N total	35
Estadístico de prueba	25.305 ^a
Grado de libertad	6
Sig. asintótica (prueba bilateral)	.000

El P valor para RB se encuentran por debajo de 0.05, lo que indica que sí existe una relación entre los tratamientos, la cual se encuentra afectando a la variable analizada. A continuación se muestra una relación.

Cuadro 6*Comparaciones por parejas de tratamientos para RB*

Comparaciones por parejas de Tratamiento					
Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada
5-7	-26.600	6.471	-4.111	.000	.001
6-7	-22.300	6.471	-3.446	.001	.012
1-7	-22.200	6.471	-3.431	.001	.013
4-7	-14.500	6.471	-2.241	.025	.526
3-7	-10.100	6.471	-1.561	.119	1.000
2-7	-8.600	6.471	-1.329	.184	1.000

En la tabla anterior se puede observar los valores de significancia de todos los tratamientos utilizados, comparados contra el tratamiento control (tratamiento 7). Es posible observar que para las parejas de tratamientos 1-7, 5-7 y 6-7 el P valor se encuentra por debajo de 0.05, lo que se significa que si hay relación entre los tratamientos que afecte a la variable. Para el caso de 2-7, 3-7 y 4-7, los P valor se encuentran por arriba de 0.05, lo que indica que no existe una relación entre los tratamientos la cual se encuentre afectando a la variable.

Cuadro 7.*Kruskal-Wallis para RELRTRB*

Resumen de prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	
N total	35
Estadístico de prueba	26,266a
Grado de libertad	6
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,000

El P valor para RELRTRB se encuentra por debajo de 0.05, lo que indica

que si existe una relación entre los tratamientos, la cual se encuentra afectando a la variable analizada en cuestión.

Cuadro 8

Comparaciones por parejas de tratamientos para RELTRB

Comparaciones por parejas de Tratamiento					
Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada
5-7	-25.100	6.470	-3.880	.000	.002
6-7	-22.300	6.470	-3.447	.001	.012
1-7	-20.100	6.470	-3.107	.002	.040
4-7	-14.800	6.470	-2.288	.022	.465
3-7	-6.700	6.470	-1.036	.300	1.000
2-7	-5.500	6.470	-.850	.395	1.000

En la tabla anterior es posible observar que los P valor para todos los tratamientos en comparación con el control (tratamiento 7). Se puede observar que para el caso de las parejas de tratamientos 1-7, 5-7 y 6-7 los P valor se muestran por debajo de 0.05, lo que significa que si hay relación entre los tratamientos que afecte a la variable analizada. Para el caso de las parejas de tratamientos 2-7, 3-7 y 4-7 los P valor se encuentran por arriba de 0.05, lo que indica que no existe una relación entre los tratamientos que se encuentre afectando a la variable.

Discusión

Las investigaciones realizadas por Lara (2021) evidenciaron la existencia de resistencia en los fungicidas de uso común, lo cual enfatiza la necesidad de diversificación de productos que permitan optimizar el manejo de *B. cinerea*. Lo anterior se traduce en un incremento de costos operativos asociados al manejo fitosanitario, situación que impacta en la economía de los agricultores, quienes se ven en la necesidad de implementar múltiples estrategias de control, las cuales, paradójicamente, muestran una eficacia reducida. Esto subraya la relevancia de identificar e imple-

mentar estrategias de control alternativas que conjuguen sostenibilidad y eficiencia en el manejo integrado de la enfermedad.

En esta investigación, los tratamientos fueron diseñados conforme a las exigencias del mercado global, priorizando productos sostenibles que previenen la resistencia a fungicidas. Para las variables que presentaron distribución normal, Racimos Totales, Peso Total, Peso Limpio y Relación Entre Peso Total y Peso Limpio (RT, PT, PL, RELPTPL), lo esperado era que los tratamientos no tuvieran afectación sobre ellas. Lo anterior debido a que estos parámetros, tales como la diferenciación de los racimos, son sucesos fenológicos definidos en estadios más tempranos del desarrollo de la vid. Es decir, estos procesos de diferenciación fenológica sucedieron previo al comienzo de las aplicaciones de los diferentes tratamientos (Loayza-Vilca et al., 2024).

La ausencia de efectos significativos de los tratamientos sobre las variables anteriores se explica por la secuencia cronológica del desarrollo fenológico de la vid. En este cultivo, la diferenciación floral y la formación de primordios de racimos ocurren durante la temporada anterior a la cosecha, específicamente durante el período de latencia. Posteriormente, durante la brotación, estos primordios se desarrollan determinando el número potencial de racimos y su estructura básica. El peso final de los racimos, si bien puede ser influenciado por condiciones posteriores, está principalmente determinado por el número de flores diferenciadas y el cuajado inicial de las bayas, procesos que se completan antes del período de aplicación de los tratamientos evaluados. Por lo tanto, las variables como Racimos Totales, Peso Total, Peso Limpio y su relación, al estar predeterminadas por eventos fenológicos tempranos, no fueron susceptibles a modificaciones por los tratamientos aplicados durante la fase de maduración de las bayas (Giese, G. et al., 2020).

Abordando las variables restantes (Cuadro 4), ninguno de los tratamientos estuvo relacionado para afectar significativamente la variable PMR (Peso Medio por Racimo). Contrario a lo anterior, la variable RB (Racimos con *Botrytis*) sí resultó afectada por los tratamientos, respuesta que concuerda con lo analizado anteriormente por autores como Youssef y colaboradores en el año 2019, en donde aseveraban que aplicaciones de ASM son capaces de disminuir la cantidad total de fruta afectada con

Botrytis cinerea. Estos resultados representan un paso importante hacia la implementación de métodos de protección de cultivos más sostenibles, respondiendo así a la creciente necesidad del mercado global de reducir la dependencia de productos fitosanitarios convencionales.

En la misma línea, y buscando alternativas fitosanitarias más sostenibles para el tratamiento de *Botrytis cinerea*, Kaya y colaboradores (2025) estudiaron en laboratorio los efectos de diferentes formulaciones a base de aceites esenciales. Los resultados de dicha investigación, respecto a la mitigación de los daños causados por *B. cinerea* utilizando productos a base de aceites esenciales, concuerdan con lo encontrado en el presente estudio, en donde fue posible inferir que la combinación de TTO + ASM es una alternativa viable para el manejo del patógeno *B. cinerea* en vid. De igual manera, Reuveni (2023) informaba que productos a base de *Melaleuca alternifolia* lograban disminuir la incidencia de *Botrytis cinerea*. Lo anterior constituye el resultado esperado, al realizar aplicaciones de productos con efectos antagonísticos sobre *Botrytis cinerea*.

La variable RELRTRB (Relación entre Racimos Totales y Racimos con *Botrytis*) también se vio afectada por los tratamientos, respuesta esperada dentro de la investigación debido a la información citada con anterioridad. La efectividad de la combinación TTO + ASM ofrece una solución técnica eficaz y responde a las crecientes exigencias de los mercados internacionales que demandan productos vitícolas con menor huella de pesticidas convencionales. Esta transición hacia métodos de control más sostenibles beneficia otro aspecto importante para el agricultor: aumenta potencialmente el valor comercial del producto final al cumplir con estándares más estrictos de sostenibilidad (De Simone et al., 2020).

Conclusión

Los diversos tratamientos no tuvieron un efecto sobre PT, PL, RT, RELP-TPL y PMR, pues estas variables se diferenciaron en la planta tiempo antes de que empezaran las primeras aplicaciones de tratamientos y los tratamientos no buscaban modificarlos. Sin embargo, es importante destacar que sí hubo un efecto producido por todos los tratamientos sobre la variable RB (Racimos con *Botrytis*), resultado esperado al estar aplicando

productos antagonistas para el patógeno. Las relaciones de tratamientos que, en mayor medida, lograron afectar a las variables RB (Racimos con *Botrytis*) y RELRTRB (Relación entre Racimos totales y Racimos con *Botrytis*) fueron 1-7, 5-7 y 6-7, correspondientes a los tratamientos TTO 1.5 L, TTO 1.0 + ASM 15 g y TTO 1.25 L + ASM 15 g.

Una de las principales limitantes durante la investigación, y que a su vez se sugiere modificar en futuros estudios, se puede considerar que fue el tamaño de la muestra utilizado. Es por lo anterior que, para futuras investigaciones, se sugiere utilizar un mayor número de repeticiones por tratamiento. Asimismo, no se descarta que esta investigación pueda ser llevada en dos ciclos productivos consecutivos, esto con el fin de obtener una mayor contundencia en los resultados.

De igual manera, para la obtención de datos más claros y contundentes respecto a los diferentes tratamientos y mezclas de tratamientos utilizados, se sugiere separar los tratamientos de ASM y TTO, sin hacer mezcla de tanque de ambos productos en un solo tratamiento. Lo anterior para obtener resultados más precisos sobre cuál de los activos es más efectivo en el control de *Botrytis cinerea*.

Referencias

- Bolívar-Anillo. H. J., Garrido C. & Collado I.G. (2020). Endophytic microorganisms for biocontrol of the phytopathogenic fungus *Botrytis cinerea* [Microorganismos endófitos para el biocontrol del hongo fitopatógeno *Botrytis cinerea*]. *Phytochemistry Reviews*, 19(3), 721-740. <https://doi.org/10.1007/s11101-019-09603-5>
- Borotová, P., Galovičová, L., Vukovic, N. L., Vukic, M., Tvrdá, E. & Kačániová, M. (2022). Chemical and Biological Characterization of *Melaleuca alternifolia* Essential Oil [Caracterización química y biológica de aceite esencial de *Melaleuca alternifolia*]. *Plants*, 11(4), 558. <https://doi.org/10.3390/plants11040558>
- Carisse, O., & Van Der Heyden, H. (2025). Knowledge-based integrated management of *Botrytis* Bunch Rot of grapevine caused by *Botrytis cinerea* in a northern climate [Manejo integrado basado en el conocimiento de la podredumbre del racimo de la vid causada por *Botrytis*

- cinerea en un clima del norte]. *PhytoFrontiers*, 5(1), 122. <https://doi.org/10.1094/PHYTOFR-12-24-0139-R>
- Carrillo, B. C. (2021). *Evaluación de agentes de control biológico de Botrytis, causante de la podredumbre gris en vid (Vitis vinífera L)* [Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Querétaro]. Repositorio Institucional DGBSDI-UAQ. <http://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/2549>
- Carson, C. F. & Riley, T. V. (1993). Antimicrobial activity of the essential oil of *Melaleuca alternifolia* [Actividad antimicrobiana del aceite esencial de *Melaleuca alternifolia*]. *Letters in Applied Microbiology*, 16(2), 49–55. <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.1993.tb00340.x>
- Dalio, R. J. D., Máximo, H. J., Roma-Almeida, R., Barretta, J. N., José, E. M., Vitti, A. J., Blachinsky, D., Reuveni, M., & Pascholati, S. F. (2020). Tea Tree Oil Induces Systemic Resistance against Fusarium wilt in Banana and Xanthomonas Infection in Tomato Plants [Aceite de árbol de té induce resistencia sistémica contra el marchitamiento por Fusarium en banano e infección por Xanthomonas en plantas de tomate]. *Plants (Basel, Switzerland)*, 9(9), 1137.
- De Simone, N., Pace, B., Grieco, F., Chimienti, M., Tyibilika, V., Santoro, V., Capozzi, V., Colelli, G., Spani, G. & Russo, P. (2020). Botrytis cinerea and table grapes: A review of the main physical, chemical, and bio-based control treatments in post-harvest [Botrytis cinerea y uvas de mesa: Una revisión de los principales tratamientos de control físico, químico y biológico en poscosecha]. *Foods*, 9(9), 1138. <https://doi.org/10.3390/foods9091138>
- Giese, G., Velasco-Cruz, C. & Leonardelli, M. (2020). *Grapevine Phenology: Annual Growth and Development*. (Número de informe: Guide H-338). College of Agricultural, Consumer and Environmental Sciences, New Mexico State University. https://pubs.nmsu.edu/_h/H338.pdf
- González, A. S. & Aguilar, L. A. (2022). Capítulo 3. Las regiones vitivinícolas de México: Producción de uva para elaborar vinos. *La Industria Vitivinícola Mexicana en el Siglo XXI: Retos Económicos, Ambientales y Sociales*. 1 ed. (pp. 74-104). Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C.
- Hernández-Sampieri, R. & Mendoza, T. C. P. (2018). *Metodología de*

- la investigación: *Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. (Quinta ed.). Editorial Mc Graw Hill Education.
- Instituto de Estudios Superiores en Gastronomía (IESEG) (2022). *El Vino en el Continente Americano*. <https://www.ieseg.edu.mx/el-vino-en-el-continente-americano/>
- Kaya, O., Karakus, S., Bozkurt, A., Canturk, S., Yilmaz, T., & Hatterman-Valenti, H. (2025). Essential oil compounds and their impact on grape (*Vitis vinifera* L. cv. Narince) physiology under *Botrytis cinerea* infection. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 136, 102544. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2024.102544>
- Lara, I. V. (2021). *Susceptibilidad de cepas de Botrytis cinerea aisladas de uva frente a fungicidas químicos de síntesis* [Tesis Maestría, Universidad Autónoma de Querétaro]. <http://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/1443>
- Laurie, F. (2021). *Uva afectada por “pudrición gris” (Botrytis cinerea): Consideraciones para la vinificación*. Área de extensión e innovación UC Davis Chile. https://www.plataformaextension.cl/archivos/2021/05/Ficha_uva_5-FINAL.pdf
- Loayza-Vilca, S. J., Morales-López, H. I., Morales-Arcos, Y., & Solis-Rosas, L. F. (2024). Estudio fenológico del cultivo de vid, *Vitis vinifera* L., cultivar INIA Grape One bajo riego por goteo. *Revista Alfa*, 8(23), 480–495. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i23.280>
- Macías-Carranza, V. & Cabello-Pasini, A. (2021). Climatología y evapotranspiración en valles vitivinícolas de Baja California. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(5), 849-863. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i5.2816>
- Paramalingam, P., Baharum, N. A., Abdullah, J. O., Hong, J. K., & Saidi, N. B. (2023). Antifungal Potential of *Melaleuca alternifolia* against Fungal Pathogen *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense Tropical Race 4 [Potencial antifúngico de *Melaleuca alternifolia* contra el patógeno fúngico *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense Raza 4]. *Molecules*, 28(11), 4456. <http://dx.doi.org/10.3390/molecules28114456>
- Pérez, H. A. A. (2022). *Estudio de proteínas secretadas por Botrytis cinerea en la interacción con sus hospedadores* [Tesis Doctorado, Universidad de la Laguna]. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja>.

- es/servlet/tesis?codigo=310668
- Reuveni, M. (2023). Hybrid Fungicides—An Easy Bridge to Trial of Biological Component for Improved Resistance Management and Better Crop Protection [Fungicidas híbridos: un puente fácil para probar componentes biológicos para un mejor manejo de la resistencia y protección de cultivos]. *Outlooks on Pest Management*, 34(2), 64-68. https://doi.org/10.1564/v34_apr_04
- Reuveni, M., Barbier, M. & Viti, A. J. (2020). Essential Tea Tree Oil As a Tool to Combat Black Sigatoka in Banana [Aceite esencial de árbol de té como herramienta para combatir la sigatoka negra en el banano]. *Outlooks on Pest Management*, 31(4), 180-186. http://dx.doi.org/10.1564/v31_aug_08
- Roca-Couso, R., Flores-Félix, J. D., & Rivas, R. (2021). Mechanisms of Action of Microbial Biocontrol Agents against Botrytis cinerea. *Journal of fungi (Basel, Switzerland)*, 7(12), 1045. <https://doi.org/10.3390/jof7121045>
- Rodriguez de Acuña, P. F., & Perera, G. S. (2020). *Manejo integrado de plagas y enfermedades en cultivos de viña*. (3). Cabildo de Tenerife. Recuperado de: https://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/viti_701_vi%C3%B1a_fusionado.pdf
- Sandoval, M. C., Gilardino, M. S., Ameri, F. O., & Barrios, M. B. (2024). Actividad antifúngica de bioinsumos de origen botánico sobre Botrytis cinerea Whetzel Antifungal activity of bioinputs of botanical origin of Botrytis cinerea Whetzel. *Revista Científica y Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental*, 11(1). <http://servicios.ingenieria.unlz.edu.ar:8080/ojs/index.php/agrarias/article/view/141>
- Sanhueza, D. V. G. (2012). *Determinación de resistencia de diez aislamientos de Botrytis cinerea Pers. ex Fr., obtenidos de frutos de arándano (Vaccinium corymbosum L.), a cinco fungicidas* [Tesis Doctoral, Universidad Austral de Chile]. Tesis electrónicas UACH. Recuperado de: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2012/fas226d/doc/fas226d.pdf>
- Sistema de Información Agrícola y Pecuaria de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA-SIAP). (2022). *Producción de Uva en México*. Recuperado de: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/771603/Produc->

ci_n_Uva_en_M_xico.pdf

- Starobinsky, G., Monzón, J., Di Marzo Broggi, E., & Braude, E. (2021). Bioinsumos para la agricultura que demandan esfuerzos de investigación y desarrollo. Capacidades existentes y estrategia de política pública para impulsar su desarrollo en Argentina. *Documentos de Trabajo del CCE*, (17), 1-137.
- Youssef, K., Roberto, S., Colombo, R., Canteri, M., & Elsalam, K. (2019). Acibenzolar-S-methyl against Botrytis mold on table grapes in vitro and in vivo. *Agronomy Science and Biotechnology*, 5(1), 52. <https://doi.org/10.33158/ASB.2019v5i1p52>

