

Universidad Autónoma de Baja California

FACULTAD DE ENOLOGÍA Y GASTRONOMÍA



**Facultad de
Enología y
Gastronomía**

**EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE PROTOCOLOS DE
TERMOTERAPIA CON AGUA CALIENTE (TAC) PARA EL
CONTROL DE *PLANOCOCCUS FICUS* (SIGNORET) EN
SARMIENTOS DE *VITIS VINIFERA* L. CV. MISIÓN EN BAJA
CALIFORNIA.**

**para obtener el grado académico de la
Especialidad en Viticultura y Enología**

por

María Gabriela Moyano Briones

**Director de trabajo terminal
Dr. José Irving Monjarás Barrera**

**Co-directora de trabajo terminal
Dra. Cristina Domínguez Castro**

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO.

Resumen

La termoterapia con agua caliente (TAC) es una técnica de saneamiento del material propagativo que utiliza la temperatura como método para la eliminación de patógenos sin comprometer la viabilidad del material vegetativo, y es empleada en el sector viverista. En este contexto, la TAC se propone como una alternativa eficaz para el control de patógenos de alta agresividad, como el piojo harinoso de la vid (*Planococcus ficus*), considerado uno de los principales problemas fitosanitarios del cultivo de la vid en el estado de Baja California. En el presente estudio se evaluó a nivel de laboratorio el efecto de la termoterapia en esquejes de *Vitis vinifera* L. cv. Misión, sometidos a temperaturas de 50, 53 y 55 °C durante tiempos de exposición de 30 y 45 minutos. Los resultados mostraron que los tratamientos a 50, 53 y 55 °C, tanto a 30 como a 45 minutos, lograron la eliminación del 100 % de *P. ficus* en los esquejes de propagación. El análisis estadístico mediante ANDEVA confirmó la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, con un modelo que explicó el 98,5 % de la variación observada. Adicionalmente, se observó que solamente al sumergir los esquejes infestados en agua a temperatura ambiente generó una reducción considerable en la población de insectos. El protocolo evaluado podría contribuir a mejorar la calidad sanitaria del material vegetativo destinado a futuras plantaciones, fortaleciendo las estrategias de manejo fitosanitario en el cultivo de la vid.

Palabras clave: Termoterapia, *Planococcus ficus*, sarmientos, sanidad vegetal

Abstract

Hot water thermotherapy (HWT) is a sanitation technique for propagation material that uses temperature as a method for pathogen elimination without compromising the viability of the plant material, and it is widely used in the nursery sector. In this context, HWT is proposed as an effective alternative for controlling highly aggressive pathogens, such as the vine mealybug (*Planococcus ficus*), which is considered one of the main phytosanitary problems affecting grapevine cultivation in the state of Baja California. In the present study, the effect of thermotherapy was evaluated under laboratory conditions using cuttings of *Vitis vinifera* L. cv. Misión, subjected to temperatures of 50, 53, and 55 °C with exposure times of 30 and 45 minutes. The results showed that treatments at 50, 53, and 55 °C, at both 30 and 45 minutes, achieved 100% elimination of *P. ficus* in the propagation cuttings. Statistical analysis using ANOVA confirmed the presence of significant differences among the evaluated treatments, with a model explaining 98.5% of the observed variation. Additionally, it was observed that merely immersing infested cuttings in water at room temperature resulted in a considerable reduction in the insect population. The evaluated protocol could contribute to improving the sanitary quality of plant material intended for future plantings, thereby strengthening phytosanitary management strategies in grapevine cultivation.

Keywords: Thermotherapy, *Planococcus ficus*, canes, plant health



Facultad de Enología y Gastronomía



PROPUESTA DE VOTOS APROBATORIOS DEL TRABAJO DESARROLLADO EMITIDO POR EL COMITÉ DE TRABAJO TERMINAL Y FIRMADA POR SUS MIEMBROS.

Evaluación de la eficacia de protocolos de Termoterapia con Agua Caliente (TAC) para el control de *Planococcus ficus* (Signoret) en sarmientos de *Vitis vinifera* L. cv. Misión en Baja California.

TRABAJO TERMINAL

Para cubrir los requisitos necesarios para obtener el título de la

ESPECIALIDAD EN VITICULTURA Y ENOLOGÍA

Presentada por

María Gabriela Moyano Briones
No. Matrícula 378649

A quien el Comité de Trabajo Terminal autoriza el trabajo terminal, después de haber efectuado una revisión minuciosa del mismo y de acuerdo con el Art. 19 del R.G.E.P.E.P. las y los señores profesores emiten los siguientes votos aprobatorios mediante rúbrica:

Dr. José Irving Monjarás Barrera


DIRECTOR

Dra. Cristina Domínguez Castro


CO-DIRECTORA

Dr. Guillermo Raúl Castillo Sánchez


SINODAL

Ensenada, Baja California, 20 de febrero de 2026
"POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL SER"

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE BAJA CALIFORNIA



FACULTAD DE ENOLOGÍA
Y GASTRONOMÍA

Agradecimientos

Deseo expresar mi más profundo agradecimiento a mi madre y a mis hijos, quienes han sido mi apoyo constante y la motivación que me impulsa a dar siempre un paso más. Su acompañamiento, paciencia y confianza han sido fundamentales a lo largo de este camino.

Extiendo mi sincero agradecimiento a mi equipo de trabajo en el CESVBC, por su respaldo, comprensión y por brindarme el tiempo y la información necesarios para la realización de este proyecto, contribuyendo de manera significativa a mi desarrollo profesional.

Agradezco también a los productores de vid que colaboraron en esta investigación, facilitando el acceso a las unidades de producción donde se colectó el material biológico. De manera especial, reconozco a la Sra. Lupita de Taller de Costura y Reparaciones Delante por su valioso apoyo en la confección de las bolsitas de malla tela, indispensables para el desarrollo del trabajo experimental.

Finalmente, expreso mi gratitud a la Universidad Autónoma de Baja California y, en particular, a mis profesores, por su orientación, acompañamiento y compromiso durante el desarrollo de esta investigación. Su guía y confianza fueron esenciales para cumplir con los objetivos planteados, aun en medio de las circunstancias personales desafiantes que enfrenté en los últimos meses.

Índice

Resumen	1
Abstract	2
Agradecimientos	4
Introducción	6
Vides patrimoniales en México	6
Planococcus ficus (Signoret)	9
Termoterapia con agua caliente	13
Justificación	16
Objetivos	18
Materiales y métodos	19
Material biológico	19
Infestación de esquejes	20
Laboratorio	21
Análisis estadístico	24
Resultados	25
Discusión	29
Conclusiones	31
Referencias	32

Introducción

Vides patrimoniales en México.

El concepto de viñedos patrimoniales hace referencia a aquellos viñedos que poseen un valor histórico, cultural o arquitectónico significativo, ya que a lo largo del tiempo han influido en el desarrollo social, las costumbres y el paisaje en el área geográfica en que se emplazan (Pszczolkowski *et al.*, 2021). Si bien es un concepto relativamente nuevo, ha cobrado importancia por la potencial adaptación de estos viñedos al cambio climático y al sitio.

Uno de los enfoques de interés es la definición de patrimonio biocultural que abarca los componentes naturales y culturales junto con las interacciones del ser humano con el medio ambiente donde se genera innovación, conocimiento y prácticas que se vinculan la identidad de un área determinada (Vázquez *et al.*, 2022). Los viñedos patrimoniales representan una oportunidad de desarrollo económico y social de creciente interés para los países en vías de desarrollo. Las antiguas formas de cultivar la vid con métodos tradicionales, muchas veces minimizadas por la industria moderna, emergen ahora como espacios de interés (Lacoste & Rojas, 2021).

Los viñedos patrimoniales suelen estar asociados a variedades de uvas antiguas o únicas. México cuenta con una larga tradición vitivinícola, considerada la más antigua de Norteamérica, que se remonta al periodo posterior a la conquista en 1521, cuando se introdujeron vides provenientes de España con fines vinícolas. Si bien los primeros viñedos se establecieron en diversas regiones

del país, fue en la península de Baja California donde la vitivinicultura logró consolidarse, favorecida por su clima cálido y seco (Covarrubias & Thach, 2015). Asimismo, en México existe una importante diversidad de vides silvestres (Salomón *et al.*, 2012), como las documentadas en la región central de Veracruz, de las cuales se tiene registro de que las poblaciones locales utilizaban los sarmientos para calmar la sed, el jugo de las bayas para la curación de heridas, así como para la elaboración de champú y bebidas alcohólicas con fines medicinales, particularmente relacionados con la salud cardiovascular (Cruz-Castillo *et al.*, 2009).

En este Estado, los viñedos patrimoniales se encuentran al interior de los valles costeros del Pacífico y la cadena montañosa de la Sierra de Juárez, en las zonas productoras de los llamados Valle de Calafia, Guadalupe, Santo Tomás, San Antonio de las Minas y San Vicente (Vázquez *et al.*, 2022).

Entre las variedades que introdujeron los españoles, la llamada cepa Misión, correspondiente a la cepa española *Listán Prieto*, figura como una de las cepas fundadoras de la industria del vino en América. El varietal Misión presenta un crecimiento vigoroso, es resistente a la sequía y está adaptada al clima cálido. Sus frutos poseen piel gruesa y con un perfil de sabor que se sitúa entre *Pinot noir* y *Gamay* (Sonoma County Winegrowers, 2023).

Las cepas patrimoniales perduraron por mucho tiempo hasta la llegada de las cepas francesas a mediados del siglo XIX, que desplazaron el uso de las cepas criollas.

Actualmente, México cuenta con 36 588 hectáreas dedicadas al cultivo de la vid, una actividad que genera una producción anual superior a las 479 529 toneladas, según datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2024). Este cultivo se desarrolla en regiones que reúnen condiciones edafológicas, hidrológicas y microclimáticas favorables. La mayor parte de la superficie cultivada se concentra en los estados de Sonora (68.8%), Zacatecas (19.1%), Baja California (5.3%) y Aguascalientes (3.0%) (SIAP, 2024). El resto, que constituye —alrededor del 3.7%—, se distribuye entre otras entidades como Baja California Sur, Coahuila, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Jalisco, Nayarit, Nuevo León, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí y Sinaloa (SIAP, 2024).

En Baja California, de la superficie dedicada al cultivo de la vid, la cepa Misión representa menos del 0.5 %, por lo que es un recurso histórico y cultural que se encuentra en grave peligro. En otras regiones vitivinícolas, se ha demostrado que los viñedos prospectados de este tipo de variedades, dada la avanzada edad de las plantas, muestran problemas sanitarios graves, Delgado-Ramírez et al. (2023) y Claverie et al. (2020) documentan la presencia de problemas sanitarios asociados a hongos de la madera, mientras que Cretazzo et al. (2010) a virus, que comprometen su supervivencia a corto plazo.

En este sentido, el rescate y revalorización de estas y otras cepas tradicionales se ha señalado como una estrategia actual para diversificar y enriquecer la oferta de vinos con carácter e identidad propios (Prieto, 2021). Estos cultivares, adaptados durante siglos, pueden ser más resistentes a condiciones extremas, contribuyendo a una agricultura más limpia y respetuosa con el medio

ambiente. Este tipo de acciones podrían contribuir ampliamente para lograr la sostenibilidad de las empresas vitivinícolas, evitando graves pérdidas económicas y la reducción del área de viñedos en el país.

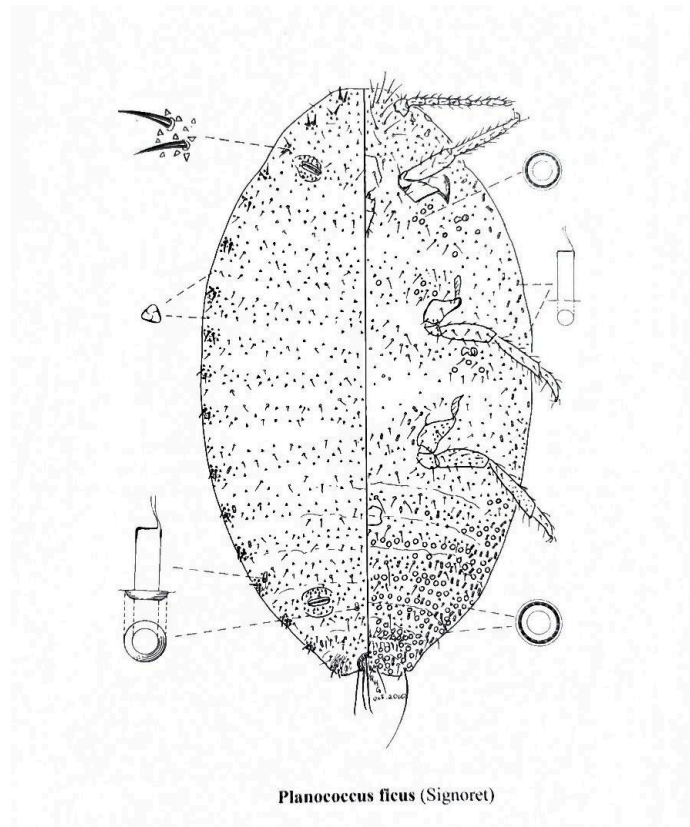
***Planococcus ficus* (Signoret)**

Las plagas y enfermedades de la vid generan graves problemas económicos y disminución en la productividad del cultivo. En Baja California, algunas de los problemas fitosanitarios de mayor impacto son la Enfermedad de Pierce, causada por la bacteria *Xylella fastidiosa* transmitida por insectos de la familia *Cicadellidae*, enfermedades virales como el virus de la mancha roja transmitido por *Spissistilus festinus* y el virus del enrollamiento de la hoja cuyo principal vector es *P. ficus*.

La correcta diferenciación de *P. ficus* respecto a otras especies de pseudocóccidos presentes en la vid resulta fundamental, debido a las similitudes morfológicas que existen entre varios taxones del grupo y a las implicaciones directas que una identificación errónea puede tener sobre las estrategias de manejo fitosanitario. La identificación taxonómica de *P. ficus* se basa principalmente en características morfológicas que permiten diferenciar claramente entre ambos sexos. Al respecto, González (2011) describe detalladamente la morfología de esta especie que también se puede observar en la Figura 1: La hembra presenta 18 pares de cerarios, cada uno con dos setas cónicas; el cerario del lóbulo anal presenta alrededor de 20 poros triloculares y de

dos a tres setas auxiliares, mientras que los demás cerarios presentan únicamente de cuatro a siete de estos poros. Las setas dorsales son cortas y gruesas, mientras que las ventrales son más largas y flageladas. Generalmente se observan poros translúcidos en la coxa, fémur y tibia de las patas posteriores. La característica dérmica más relevante corresponde a la presencia de ductos tubulares de tipo collar oral, y no de tipo anillo oral. En la región frontal del vientre se presentan de cero a cuatro ductos tubulares de collar oral. Los poros discoidales multiloculares se disponen exclusivamente en la superficie ventral, lo cual constituye una característica funcional más que taxonómica. La secreción ostiolar es de color blanco lechoso a amarillento, con numerosos glóbulos grasos dispersos. El macho adulto es alado, con ojos rojo oscuro, cuerpo pardo rojizo y filamentos terminales blancos que sobresalen ampliamente por detrás de las alas; las patas y antenas presentan un tenue espolvoreo blanco. Esta especie es una importante plaga del floema de la vid, encontrándose bajo el ritidoma desde la corona hasta el cuello del tronco y, en infestaciones severas, en racimos y hojas. *(González, 2011, p. 145-148).*

Figura 1. Anatomía dorsoventral de hembra de *P. ficus*.



Tomado de *Pseudocóccidos de importancia frutícola en Chile*, por R. H. González, 2011, p. 147.

Con respecto a la tolerancia térmica de *P. ficus* se ha estudiado la biología del desarrollo en hojas de uva de mesa a temperaturas desde los 15 hasta los 35 °C en condiciones de laboratorio. El tiempo de desarrollo y la longevidad adulta estaban inversamente relacionados con la temperatura. La temperatura letal superior prevista fue de 32.5 °C, con un umbral mínimo para el desarrollo total de 14.20 °C, según lo estimado por un modelo no lineal. Estos resultados pueden conducir a un mejor manejo de *P. ficus* al mejorar las predicciones de su aparición

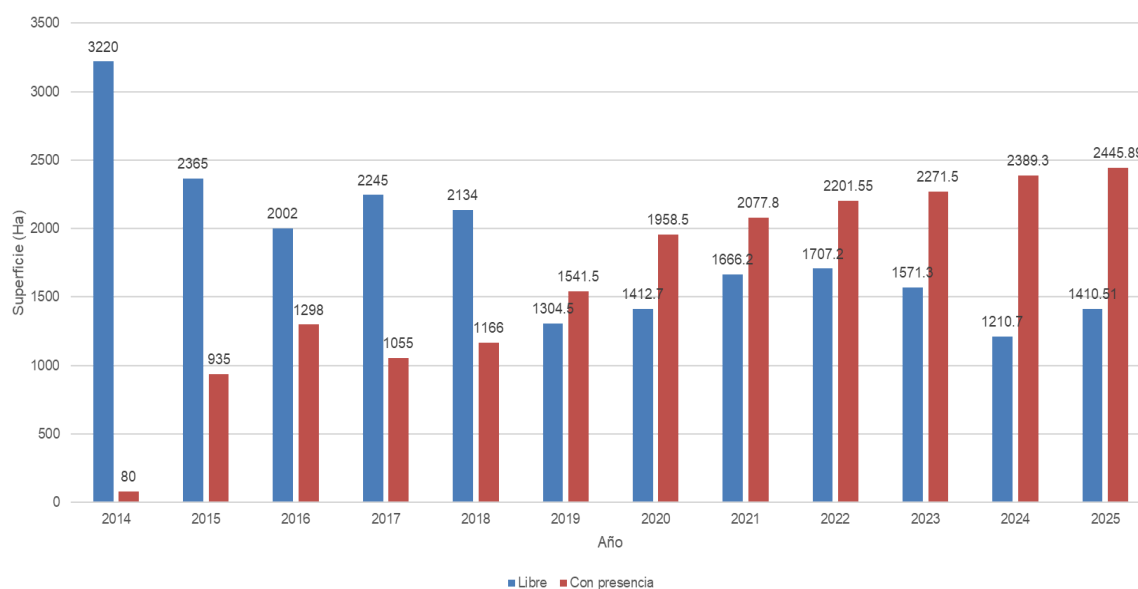
estacional (Varikou *et al.*, 2010). Sin embargo, se ha visto que *P. ficus* en el Valle de Guadalupe se encuentra afectando a las vides fuera de estos rangos térmicos por lo que resulta interesante conocer un poco más sobre la biología y respuesta de los insectos que allí habitan (observación personal).

El piojo harinoso de la vid (*Planococcus ficus*) en Baja California afecta al cierre de 2025, una superficie estimada de 2,445.89 hectáreas, concentradas principalmente en el municipio de Ensenada (Pedro López Simancas, CESVBC, comunicación personal, 9 de enero de 2026). Esta plaga es reconocida como uno de los principales vectores de los Grapevine Leafroll-associated Viruses (GLRaVs), cuya presencia ha sido documentada recientemente en el estado (García Reséndiz *et al.*, 2025).

La especie fue detectada en Baja California en 2014, afectando aproximadamente 80 hectáreas en la zona del Valle de Guadalupe. Posteriormente, su distribución se amplió hacia otras regiones vitivinícolas, proceso favorecido por su alta tasa de reproducción, su eficiente dispersión y su asociación mutualista con hormigas, las cuales facilitan su protección y movilidad.

Para 2019, se estimaba que más del 50% de la superficie cultivada presentaba infestaciones por *P. ficus*. Este comportamiento se observa con mayor detalle en la Figura 2, donde se identifica una tendencia descendente de la superficie libre de la plaga y, de manera simultánea, una tendencia ascendente de la superficie con presencia. A partir de 2019, la superficie infestada supera a la superficie libre, lo que evidencia un proceso sostenido de expansión territorial de la plaga en el estado.

Figura 2. Tendencia de la superficie libre y con presencia de *Planococcus ficus* en Baja California (2014–2025).



Fuente elaboración propia.

Termoterapia con Agua Caliente

La Termoterapia con Agua Caliente (TAC) es una técnica utilizada para el saneamiento de material vegetal o semillas cuyo principio se basa en que el huésped es sometido a alta temperatura por un periodo de tiempo suficiente para destruir o inactivar al patógeno, pero no tan altas como para dañar al huésped, pudiendo de esta manera ser un control efectivo sobre patógenos endógenos o exógenos (Gramaje *et al.*, 2014).

Se ha demostrado que la TAC puede ser eficaz para el control de varios patógenos endógenos y exógenos de la vid en esquejes de vid latentes (Tabla 1), incluida *Agrobacterium vitis* (Burret *et al.*, 1989, 1996; Ophel *et al.*, 1990), *P. ficus* (Haviland *et al.*, 2005), ácaros (Szendrey *et al.*, 1995), nematodos (Lear & Lider,

1959; Meagher, 1960; Nicholas *et al.*, 2001), filoxera (Buchanan & Whiting, 1991; Stonerod & Strik, 1996), *Phytophthora cinnamomi* (Von Broembsen & Marais, 1978), el fitoplasma de Flavescence dorée (Caudwell *et al.*, 1997), la enfermedad de Pierce (Goheen *et al.*, 1973) y *Xylophilus ampelinus* (Psallidas & Argyropoulou 1994).

Tabla 1. Control de hongos, bacterias, fitoplasmas y plagas de vid por TAC

Objeto de estudio	Tratamiento	Equipo de investigación
<i>Xylella fastidiosa</i>	55°C/10 min	EFsaPLH, 2015
<i>Agrobacterium vitis</i>	50°C/15 min	Mahmoodzadeh et al. 2003
Flavescence dorada	50°C/50 min	Bianco et al. 2000
Nematodos (<i>Meloidogyne spp.</i>)	50°C/20 min	Mathur y Nandini, 1995
Ácaros (<i>Calepitrimerus vitis</i>)	52°C/50 min	Szendry et al. 1995
Filoxera <i>Dactulosphaira vitifoliae</i>	52°C/5 min	Stonerod y Strik, 1996
<i>Planococcus ficus</i>	51°C/5 min	Haviland et al. 2005
Enfermedades fúngicas de madera de vid	50°C/30 min	Bleach et al. 2013

Modificado de Gramaje (2016).

Sin embargo, aún existe información limitada sobre los efectos a largo plazo del tratamiento con agua caliente (TAC) en la viabilidad de las plantas bajo condiciones de campo. Gramaje (2014) evaluó el impacto del TAC sobre el rendimiento de plantas latentes en un estudio que abarcó cuatro estaciones de

crecimiento. Los resultados indicaron que la aplicación del TAC a 53 °C durante 30 min no afectó la viabilidad de las plantas.

Asimismo, se ha señalado que la eficacia del TAC no depende únicamente del protocolo térmico implementado por los viveros, sino también de las prácticas de manejo adoptadas antes, durante y después del proceso de propagación, las cuales pueden influir en la viabilidad del material de reproducción de vid (Gramaje, 2013).

Con respecto al uso de TAC para control de *P. ficus*, Haviland et al. (2005) evaluaron la eficacia de estos protocolos en estacas de vid latentes utilizadas como material de vivero. Estos autores evaluaron temperaturas del agua caliente de 47 a 58 °C durante períodos de inmersión de 2, 5, 10 o 20 minutos, demostrando que una inmersión de 5 minutos a 51 °C es efectiva para matar el 99% de *P. ficus*.

Justificación

El Estado de Baja California se destaca a nivel nacional por su prominente papel en la producción de vid destinada a la elaboración de vino. Según los datos recopilados en el censo agropecuario de 2022, la producción de uva en Baja California ocupa el cuarto lugar entre los cultivos perennes del estado, con una extensión de 4 285 hectáreas y una producción de 24 277 toneladas (INEGI, 2022). Sin embargo, esta industria enfrenta desafíos significativos, especialmente debido a la presencia de patógenos como el piojo harinoso de la vid, *P. ficus*, que afectan la productividad de las plantaciones de vid.

Una preocupación actual radica en la falta de un sector viverístico profesional dedicado a *Vitis vinifera* L. en el estado, así como la ausencia de normativas para la certificación de viveros locales. Además, la importación de plantas certificadas desde el extranjero conlleva trámites complejos y costosos. Por consiguiente, los productores locales tienden a generar sus propias plantas mediante la propagación de estacas de viñedos existentes, lo que contribuye a la propagación de patógenos. La ausencia de este sector viverístico dificulta, asimismo, el rescate de las variedades tradicionales o patrimoniales, como el cultivar Misión, en México. Por ello, la protección de estos varietales exige el desarrollo de protocolos especializados para la erradicación y el control de plagas y enfermedades.

Existen variadas investigaciones en el uso de la TAC en el saneamiento de material vegetativo y es una técnica utilizada por viveros profesionales en países como Estados Unidos, Sudáfrica, Australia y España. En el caso de *P. ficus*, es de

interés la metodología desarrollada por Haviland et al. (2005), en la que reportaron el uso de un procedimiento comercial TAC en temperaturas de 47 a 58°C y en periodos de inmersión de hasta 20 minutos, logrando una mortalidad del 99% en individuos de diferentes estadíos.

En este contexto, resulta relevante explorar técnicas que permitan desarrollar un protocolo práctico para la selección y saneamiento del material de propagación. Se propone la TAC como un método efectivo para eliminar patógenos, como el piojo harinoso, y así producir nuevas plantas libres de enfermedades.

Objetivos

Analizar el efecto de la TAC en sarmientos de *V. vinifera* L. cv. Misión en la reducción de infestaciones de *Planococcus ficus* (Signoret) para producir plantaciones sanas.

Estableciendo el objetivo específico para este de:

- Identificar las temperaturas y tiempos de exposición necesarios para minimizar la sobrevivencia de *Planococcus ficus* (Signoret) en sarmientos de *V. vinifera* L. cv. Misión.

Materiales y métodos

- **Material biológico:**

Se recolectaron estacas sanas y completamente agostadas de *Vitis vinifera* L. cv. *Misión* en un viñedo ubicado en la localidad de Valle de las Palmas, Baja California, durante el mes de enero de 2024. Para este estudio, se seleccionaron sarmientos con longitudes comprendidas entre 30 y 45 cm y un diámetro mínimo de 0.7 y máximo de 1.2 cm.

El muestreo de individuos de *P. ficus* se llevó a cabo en viñedos comerciales pertenecientes al poblado de Francisco Zarco, en la zona vitivinícola del Valle de Guadalupe. Para ello, se seleccionaron hembras adultas de 2 a 3 mm de longitud de plantas infestadas con colonias de alta densidad de individuos como se observa en la Figura 3.

Figura 3. Colonia de *P. ficus* sobre tronco de vid en la Localidad de Francisco Zarco.



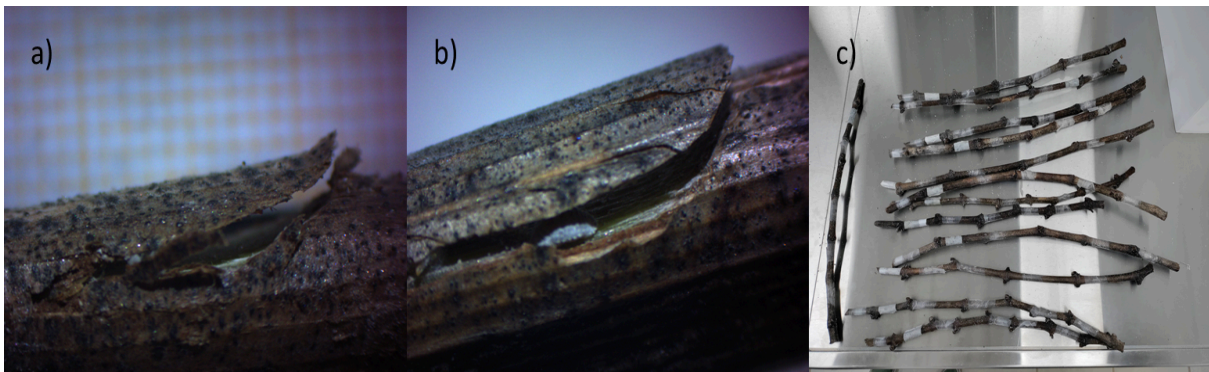
Fuente elaboración propia.

- **Infestación de esquejes**

Con el objetivo de simular condiciones de infestación bajo la corteza, se realizaron cuatro cortes longitudinales de 1 cm en los entrenudos de las estacas, dos en la zona ventral y dos en la zona dorsal (Figura 4a). Posteriormente, en cada corte se colocaron cinco individuos hembra de piojo harinoso de la vid (*Planococcus ficus*) en estadio adulto (Figura 4b), obteniéndose un total de 20 insectos por sarmiento.

Tras 24 y 48 horas posteriores a la infestación, las estacas fueron inspeccionadas para eliminar los individuos muertos y confirmar el establecimiento de los organismos vivos. La verificación de la supervivencia se efectuó mediante la estimulación del movimiento de los insectos, utilizando la punción suave con un pincel (Figura 4c).

Figura 4. *Preparación experimental de esquejes de vid Corte de sarmiento e infestación con P. ficus.*



a) Realización de un corte longitudinal de 1 cm para simular condiciones de corteza en la planta. **b)** Esqueje con infestación artificial de *Planococcus ficus* en la zona del corte. **c)** Esquejes infestados y sellados previo a la aplicación de los tratamientos térmicos. Fuente: elaboración propia.

- **Laboratorio:**

La TAC se llevó a cabo en 4 recipientes de Poliestireno Expandido (EPS) no. 3, con una capacidad de 27.2 litros cada una y medidas externas de largo 43.7 cm x ancho 33.4 cm x alto 31.3 cm, y medidas internas de largo 39 cm x ancho 28 cm x alto 25.5 cm. En el primero de los recipientes se introdujeron las estacas con agua a temperatura ambiente (15°C) durante 5 minutos, con el objetivo de limpiar e hidratar el material. El segundo recipiente se utilizó para el atemperado, sometiendo a los sarmientos a un baño de 10 minutos a 25 °C. En el siguiente recipiente, se realizaron los tratamientos de 50 °C, 53 °C y 55 °C, con intervalos de exposición al agua caliente de 30 y 45 minutos. Tanto para el atemperado como para la termoterapia, la temperatura se mantuvo estable por medio de termocirculadores de inmersión (Polyscience, EUA). Asimismo, se tomaron lecturas de temperatura con un termómetro de alcohol para confirmar la correcta calibración de los equipos.

Finalmente, en el último recipiente, el material vegetal se sumergió en agua a temperatura ambiente (15°C) por 15 minutos para terminar el proceso de calentamiento, seguido de un secado al aire para eliminar el agua sobrante. El tratamiento control consistió en sumergir los sarmientos en agua a temperatura ambiente de 15°C durante 15 minutos. En la Figura 5 se observa la disposición secuencial de los contenedores empleados durante el procedimiento: humectación (5 min), acondicionamiento térmico (10 min), tratamiento con agua caliente (30 y 45 min) y enfriamiento (10 min). El montaje permitió mantener la continuidad operativa del protocolo térmico bajo condiciones controladas de laboratorio.

Para evitar la pérdida de insectos por flotación durante la aplicación de los protocolos de termoterapia, las estacas previamente infestadas (Figura 6a) se introdujeron individualmente en bolsas de nylon de 45 cm de largo y 10 cm de ancho, elaboradas con tela tipo tul (232 cuadros por cm²), lo que permitió la contención segura del material vegetal y de los insectos durante el proceso de inmersión (Figura 6b). Posteriormente, las estacas embolsadas fueron sometidas al tratamiento con agua caliente (TAC) en baños térmicos con control de temperatura (Figura 6c).

Figura 5. Sistema experimental utilizado para la aplicación del tratamiento con agua caliente (TAC) en esquejes de vid.



Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Preparación y acondicionamiento del material vegetal previo al termoterapia con agua caliente (TAC).



a) Selección y etiquetado de estacas de vid utilizadas en el ensayo. **b)** Colocación del material vegetal en bolsas de malla para su contención durante los tratamientos. **c)** Inmersión de las estacas en baño de agua con control de temperatura durante la aplicación del TAC. Fuente: *Elaboración propia*.

Los conteos posteriores a los tratamientos se realizaron levantando los cortes realizados en los esquejes y verificando la presencia de insectos vivos. Aquellos insectos que flotaron fuera del sarmiento fueron colectados de las bolsas, colocados sobre papel secante y transferidos a placas Petri individuales y numeradas para su revisión a las 24 y 48 horas, al igual que con los insectos que se encontraban en los cortes. Las cochinillas se consideraron muertas si estaban desecadas o si no mostraban movimiento de patas al ser ligeramente pinchadas con un pincel.

El impacto del tratamiento se determinó registrando el número de *P. ficus* vivos y muertos en los esquejes y capturados dentro de las bolsas de nylon. La

mortalidad natural en el control por inmersión en agua (15°C) se corrigió utilizando métodos de Abbott (1925).

- **Análisis estadístico**

Las estacas recolectadas para este proyecto se dividieron en subgrupos de tres unidades para cada uno de los tratamientos en tiempo y temperatura. Los datos de supervivencia se obtuvieron contando el número de individuos de *P. ficus* vivos después de la aplicación de los tratamientos y se empleó un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar la mortalidad de individuos de *P. ficus* en cada uno de los tratamientos aplicados. Los análisis fueron realizados con el software estadístico JMP Pro v. 17.2.0 (JMP Statistical Discovery LLC, 2023). Posteriormente se realizó una prueba de Tukey-Kramer LSD con la finalidad de evaluar la existencia de diferencias entre tratamientos ($\alpha = 0.05$) como se muestra en la Figura 8.

Se evaluaron un total de 336 hembras adultas de *P. ficus* de aproximadamente 3 mm de longitud, debiendo ajustar el porcentaje de mortalidad utilizando la fórmula de Abbott (1925), con el fin de eliminar aquellos insectos que hubiesen muerto de manera natural o por razones ajenas al estudio.

Resultados

Tras la aplicación de los protocolos de TAC, se identificó una nula respuesta de los adultos de *P. ficus* al estímulo con pincel en todos los tratamientos aplicados, tanto en las revisiones realizadas a las 24 horas como a las 48 horas. El análisis de la mortalidad de estos insectos (Tabla 2) reveló valores del 100% en todos los protocolos ensayados. En el caso del tratamiento control (15°C/15 min.), la mortalidad registrada fue de 27.5% (Figura 7).

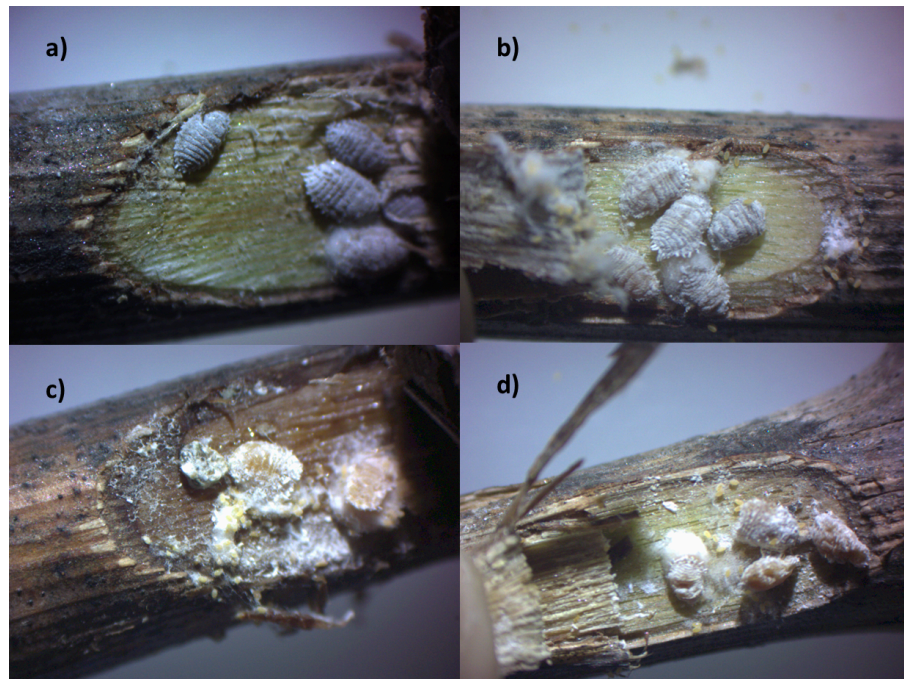
Tabla 2.- Porcentaje de mortalidad ajustado por tratamientos.

Temperatura (°C)	Tiempo (min)	% Mortalidad
15	15	27.5
50	30	100
	45	100
53	30	100
	45	100
55	30	100
	45	100

Una vez ajustados los datos de mortalidad para cada tratamiento, se utilizó un análisis de ANOVA para determinar el efecto de la temperatura y el tiempo de exposición en la mortalidad de *P. ficus* para evaluar la interacción entre los factores de temperatura y tiempo de exposición. En este análisis, la hipótesis nula plantea que los valores de mortalidad media de los tratamientos son iguales. Puesto que el valor *p* obtenido (< 0.0001) es menor que el nivel de significancia de

0.05, se rechaza la hipótesis nula y se puede concluir que hay diferencia en alguno de los tratamientos.

Figura 7. Estado de los individuos de *Planococcus ficus* antes y después de la aplicación de la termoterapia.



a) y b) Individuos de *Planococcus ficus* establecidos en cortes de estacas de vid antes de la aplicación de los tratamientos de termoterapia. **c) y d)** Individuos de *P. ficus* después de la aplicación de la termoterapia, donde se observan alteraciones morfológicas y pérdida de turgencia asociadas al efecto del tratamiento térmico. Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 2 muestra que el porcentaje de mortalidad de *P. ficus* para el tratamiento control (15°/15 min) difiere significativamente con el resto de los tratamientos. Los tratamientos 50°C/30 min, 50°C/45 min, 53°C/30 min, 53°C/45

min, 55°C/30 min y 55°C/45 min no difieren entre ellos, pero muestran una efectividad del 100% en la mortalidad de *P. ficus* como se muestra en la Figura 8 según la prueba de Tukey–Kramer (LSD) . En los resultados de este estudio, el factor explica un 98.5 % de la variación en la respuesta, por lo que R^2 0.985 explica la variación del modelo como se observa en la Tabla 3.

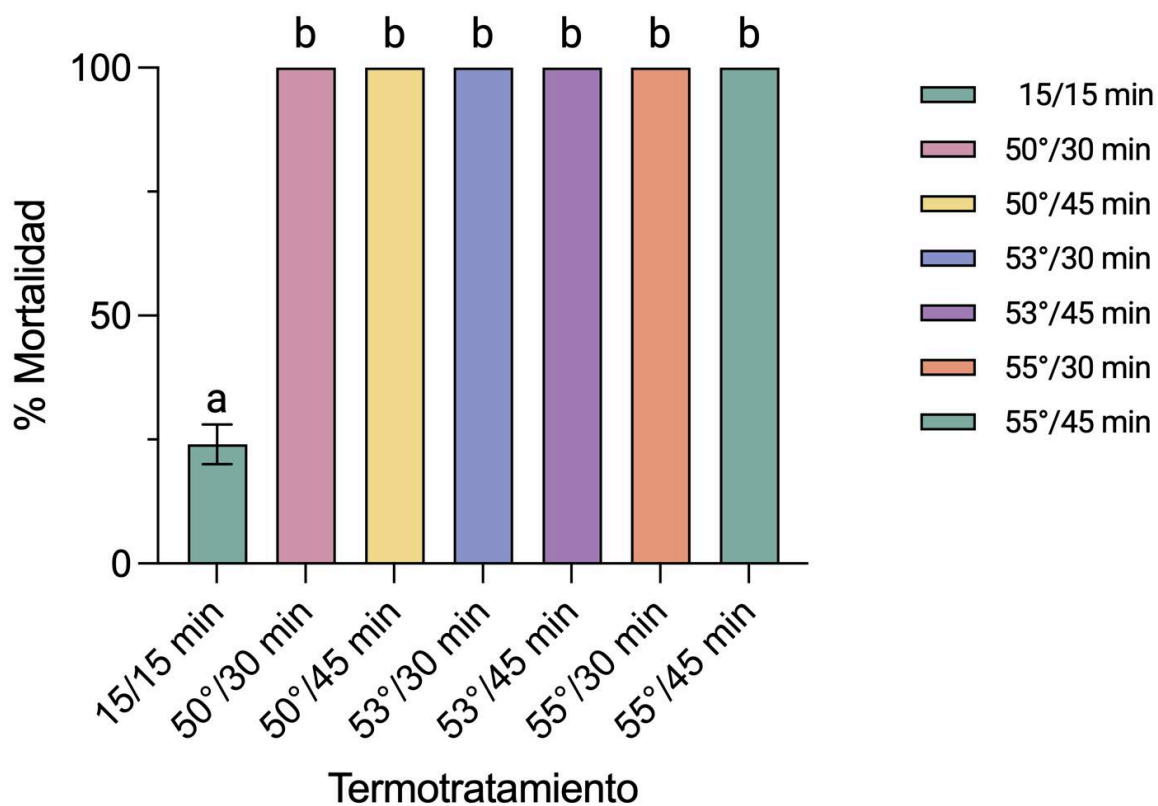
Tabla 3.- Procedimiento ANOVA para mortalidad.

Origen	G.L	S.C.	C.M.	F	p	R²
Tratamiento	6	317.9	52.98	158.95	≤0.0001	0.98
Error	14	4.66	0.33			
Total	20	322.57				

Morfológicamente, los individuos muertos presentaron marcada rigidez corporal y pérdida significativa de la capa cerosa protectora, adquiriendo un aspecto momificado (Figura 7c–d). Estas características se observaron tanto en los insectos localizados dentro de los cortes como en aquellos recuperados flotando en el interior de las bolsas de malla. En contraste, los individuos evaluados antes de la termoterapia (Figura 7a–b) mostraron apariencia turgente y sin alteraciones visibles.

Adicionalmente, tras la aplicación de los tratamientos con agua caliente (TAC), se registró la liberación de huevecillos; no obstante, estos no evidenciaron actividad posterior.

Figura 8. Mortalidad porcentual promedio de individuos de *Planococcus ficus* en sarmientos de *Vitis vinifera* cv. Misión sometidos a diferentes termotratamientos con agua caliente. Los niveles que no comparten la misma letra difieren estadísticamente según la prueba de Tukey–Kramer (LSD).



Discusión

Como primera evidencia de la efectividad de la TAC se pudo observar cambios morfológicos visibles que comprometen la viabilidad de los insectos, como la pérdida de la capa cerosa que protege al insecto. También se observó que en los tratamientos sobre 50°C las hembras grávidas liberaron huevos del ovisaco. Aunado a esto, no se observó eclosión de huevos, percibiendo la efectividad en más de un estadio de la plaga, produciendo un efecto ovicida. Este efecto a sido observado sobre *P. citri* al utilizar extracto vegetal de *Origanum onites* en una concentración de 5mL de extracto/L de agua, el cual obtuvo una disuasión en la oviposición del 63.7%, lo que resultó en una disminución de huevos puestos en 48.8 huevos por hembra (Erdemir & Erler, 2017). Aunque estos resultados demuestran dicho efecto, el TAC con agua caliente surge como una estrategia más para el manejo y control en otro estadio de desarrollo de la plaga.

En este estudio se encontró que desde los 30°C a 30 minutos de exposición, se presentó una mortalidad del 100% de adultas de *P. ficus*. Los resultados obtenidos concuerdan con otro estudio, en el que se establece que la temperatura letal *P. ficus* se encuentra a los 32.5°C (Varilou, 2010). A su vez, se ha demostrado que una exposición de 5 minutos en agua caliente a 51 °C logra una mortalidad del 99 % de los individuos de *P. ficus* (Haviland et al., 2005). Ren et al. (2021) realizaron tratamientos térmicos con vapor de agua para el control de *P. lilacinus*, descubriendo que el estadio más resistente es la hembra adulta y en menor medida las ninfas de primer estadio. Y aunque no se pudo ver el efecto sobre huevos, se puede observar que las primeras estadios son menos resistentes

al tratamiento con vapor de agua. Aunado a esto, cabe señalar que en este tipo de tratamiento para observar el 99.9% de eficiencia, se tuvo que exponer a las hembras adultas durante 70 minutos a 49°C. Siendo una temperatura y tiempo de exposición mayor con respecto al TAC de agua caliente.

Todos los tratamientos difirieron del control. En este punto se puede observar que solo el lavado o sumergir los esquejes en agua a temperatura ambiente tiene un efecto en la reducción del número de individuos de *P. ficus*. La importancia de tener un tratamiento control a temperatura ambiente puede ayudar a estimar con mejor precisión el rango de temperaturas y exposición letal de la plaga objetivo. Sin embargo, algunos experimentos precisan el uso de temperaturas por arriba de los 30 °C, impidiendo observar la mortalidad por la sola acción del agua (Ren *et al.*, 2021).

En comparación con otros hallazgos y concordancia con los principios de la termoterapia serían más recomendables los tratamientos de 50 y 53°C, ya que en 55° se ha encontrado dificultades en el desarrollo de raíces y oxidación de los callos y la mortalidad (Vega León, 2025). Por otra parte, la temperaturas y tiempos de exposición estudiados son similares a los utilizados en otros trabajos para la eliminación de otras plagas y patógenos de vid como los que se mencionan en la Tabla 1. Control de hongos, bacterias, fitoplasmas y plagas de vid por TAC. Por lo que el uso de termoterapia resultaría útil en el saneamiento de varios patógenos entre ellos algunos presentes en la región como es el caso de *Xylella fastidiosa* o *Meloidogyne spp.* y como un procedimiento preventivo en el caso de patógenos aún no reportados como Filoxera.

Conclusión

Los resultados obtenidos en este estudio respaldan la eficacia del tratamiento con agua caliente (TAC) como una solución viable para el control de *P. ficus* en *Vitis vinifera* L. cv. Misión.

El análisis estadístico confirmó diferencias significativas entre el tratamiento control y los termotratamientos, mostrando que estos últimos eliminan completamente la infestación de *P. ficus*, incluso en comparación con otras metodologías citadas en la literatura. Esto refuerza el potencial del TAC como un método sostenible y eficiente para mitigar los problemas asociados a plagas en los viñedos de Baja California.

Además, la revisión de los insectos a las 24 y 48 horas corroboró la consistencia de los resultados y permitió descartar posibles efectos de choque. La liberación de huevecillos observada en hembras grávidas también apunta a un impacto sobre el ciclo de vida de *P. ficus*.

Este trabajo contribuye con evidencia para la implementación de la TAC como una estrategia fitosanitaria viable y práctica para la desinfección del material vegetativo. Futuras investigaciones podrían centrarse en evaluar la tolerancia a largo plazo de las plantas tratadas y explorar los efectos de otras combinaciones de temperaturas y tiempos de exposición. Otro punto a considerar es que la termoterapia es utilizada también para eliminar otros patógenos por lo que un análisis microbiológico de los esquejes tratados sería de utilidad para complementar esta información.

En el contexto de la fitosanidad de la industria vitivinícola, Baja California enfrenta desafíos significativos debido a la altas tasas de incidencia de plagas como el piojo harinoso, este proyecto de investigación se orientó a evaluar la eficacia del tratamiento con agua caliente (TAC) como una alternativa para sanear sarmientos de *Vitis vinifera* L. cv. Misión. Este enfoque busca ofrecer una solución viable y sostenible para mitigar las infestaciones en los viñedos locales, contribuyendo al desarrollo de plantaciones saludables y productivas.

Referencias

Covarrubias, J., & Thach, L. (2015). *Wines of Baja Mexico: A qualitative study examining viticulture, enology, and marketing practices*. *Wine Economics and Policy*, 4(2), 110–115. <https://doi.org/10.1016/j.wep.2015.11.001>

Cruz-Castillo, J. G., Franco-Mora, O., & Famiani, F. (2009). Presencia y usos de la vid silvestre (*Vitis* spp.) en la región central de Veracruz, México. *OENO One*, 43(2), 77–81. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2009.43.2.787>

Claverie, M., Notaro, M., Fontaine, F., & Wery, J. (2020). Current knowledge on Grapevine Trunk Diseases with complex etiology: a systemic approach. *Phytopathol. Mediterr*, 59(1), 29-53

Cretazzo, E., Tomás, M., Padilla, C., Rosselló, J., Medrano, H., Padilla, V. and Cifre, J. (2010). Incidence of virus infection in old vineyards of local grapevine

varieties from Majorca: implications for clonal selection strategies. *Span. J. Agric. Res.* 8:409-418

Delgado-Ramírez, C. S., Sepúlveda, E., Rangel-Montoya, E. A., Valenzuela-Solano, C., & Hernández-Martínez, R. (2023). *Heritage grapevines as sources of biological control agents for Botryosphaeria dieback pathogens. Phytopathologia Mediterranea*, 62(2), 115–134. <https://doi.org/10.36253/phyto-14154>

Dirección General de Sanidad Vegetal [DGSV] & Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria [CNRF]. (2022). *Piojo harinoso de la vid, Planococcus ficus* Signoret (Hemiptera: Pseudococcidae) (Ficha técnica). Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.

Erdemir, T., & Erler, F. (2017). Repellent, oviposition-deterrent and egg-hatching inhibitory effects of some plant essential oils against citrus mealybug, *Planococcus citri* Risso (Hemiptera: Pseudococcidae). *Journal of Plant Diseases and Protection*, 124(5), 473–479. <https://doi.org/10.1007/s41348-017-0112-x>

García Reséndiz, K. G., Moyano Briones, M. G., López Simancas, P., Úrbez-Torres, J. R., Hernández-Martínez, R., & Carrillo-Tripp, J. (2025). *Epidemiological survey of grapevine leafroll and red blotch diseases in Baja California, México. American Journal of Enology and Viticulture*, 76, 1–14. <https://doi.org/10.5344/ajev.2025.24059>

González, R. H. (2011). *Pseudocóccidos de importancia frutícola en Chile (Hemíptera: Pseudococcidae)*. Universidad de Chile.

Gramaje, D., Armengol, J., Salazar, D., López-Cortés, I., & García-Jiménez, J. (2009). Effect of hot-water treatments above 50°C on grapevine viability and survival of Petri disease pathogens. *Crop Protection*, 28(3), 280–285. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2008.11.002>

Gramaje, D., Mañas, F., Lerma, M. L., Muñoz, R. M., García-Jiménez, J., & Armengol, J. (2014). Effect of hot-water treatment on grapevine viability, yield components, and composition of must. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 20(1), 144–148. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12052>

Haviland, D. R., Bentley, W. J., & Daane, K. M. (2005). Hot-water treatments for control of *Planococcus ficus* (Hemiptera: Pseudococcidae) on dormant grape cuttings. *Journal of Economic Entomology*, 98(4), 1109–1115. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-98.4.1109>

INEGI. (2022). *Resultados definitivos del Censo Agropecuario 2022*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://www.inegi.org.mx>

JMP Statistical Discovery LLC. (2023). *JMP Pro (Versión 17.2.0)* [Software estadístico].

Lacoste, P., & Rojas, G. (2021). Viñas y vinos patrimoniales de Chile a través de la revista satírica *Topaze*. *Revista Estudios Hemisféricos y Polares*, 12(2), 35–57.

Prieto, J. A. (2021). *Vinos y variedades patrimoniales*. Resumen de las Primeras Jornadas Latinoamericanas.

Pszczolkowski, P., Rojas, G., & Lacoste, P. (2021). Viñas patrimoniales en Chile: La corriente principal. *Opificio della Storia*, 2, 44–61.
<https://doi.org/10.6093/2724-3192/8252>

Ren, L., Qian, L., Xue, M., Peng, C., Chen, N., Zhan, G., & Liu, B. (2022). Vapor heat treatment against *Planococcus lilacinus* Cockerell (Hemiptera:Pseudococcidae) on dragon fruit. *Pest Management Science*, 78(1), 150–158. <https://doi.org/10.1002/ps.6616>

Salomón, C. J., Cruz-Castillo, J. G., Franco-Mora, O., & Rubí, A. M. (2012). Potencial agroindustrial y culinario. En O. Franco-Mora & J. G. Cruz-Castillo (Eds.), *La vid silvestre en México: Actualidades y potencial* (pp. 80–93). Universidad Autónoma del Estado de México.

SIAP. (2024). *Avance de siembras y cosechas*.
https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/

Sonoma County Winegrowers. (2023, 22 de noviembre). *The twists and turns of Sonoma County's Mission grape*. <https://sonomawinegrape.org>

Varikou, K., Birouraki, A., Bagis, N., & Kontodimas, D. C. (2010). Effect of temperature on the development and longevity of *Planococcus ficus* (Hemiptera: Pseudococcidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 103(6).
<https://doi.org/10.1603/AN10043>

Vázquez, A., Borrego, N. E., Herrera, P. A., Vega, F. E., & Osorio, S. (2022). *La industria mexicana en el siglo XXI: Retos económicos, ambientales y sociales*.

Vega León, P. (2025). *Evaluación del efecto de protocolos de termoterapia con agua caliente en la fisiología del material propagativo de vid (Vitis vinifera L.) cv. Misión de Baja California (México)* (Tesis de especialidad). Universidad Autónoma de Baja California. <https://hdl.handle.net/20.500.12930/12210>