

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA



Facultad de Enología y Gastronomía
Licenciatura en Enología

Efecto del Raleo de Racimos Sobre el Rendimiento y Maduración de Uvas en el
Valle de Guadalupe

Tesis que para obtener el grado de Licenciado en Enología presenta

Frida Citlaly Munguía Anaya
Matricula: 363682

Director
Dr. Alejandro Cabello Pasini

Ensenada, Baja California, Junio 2025



"2025, año del Turismo Sostenible como impulsor del Bienestar Social y Progreso"

Facultad de Enología y Gastronomía



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

"Efecto del raleo de racimos sobre rendimiento y maduración de uvas en el Valle de Guadalupe"
TESIS

Para cubrir los requisitos necesarios para obtener el título de

LICENCIADO EN ENOLOGÍA

Presenta

FRIDA CITLALY MUNGUÍA ANAYA

No. Matrícula 363682

A quien el Comité de Tesis 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 profesores emiten los siguientes votos aprobatorios mediante rubrica:

Dr. Alejandro Cabello Pasini
DIRECTOR

Dra. Cristina Domínguez Castro
SINODAL

Mtra. Gricelda López González
SINODAL

"POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL SER"

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE BAJA CALIFORNIA



FACULTAD DE ENOLOGÍA
Y GASTRONOMÍA

Dedicatoria

A mi madre, por siempre creer en mí y ver de lo que soy capaz aun cuando yo no lo hacía.

Agradecimientos

Al Dr. Alejandro Cabello Pasini por darme la oportunidad de realizar este proyecto para poder redactar este documento.

Al Dr. Víctor Macías Carranza por su apoyo en el análisis de muestras y por su revisión y comentarios a este documento.

A la Mtra. Gricelda López González y la Dra. Cristina Domínguez Castro por los atinados comentarios que ayudaron a mejorar este documento.

Quiero extender mi agradecimiento a Viñas Pasini S.A. de C.V. por permitir el uso de su viñedo para llevar a cabo los experimentos planteados en esta tesis.

A la Universidad Autónoma de Baja California por el apoyo durante este periodo de estudio.

Resumen

El raleo de racimos es una práctica cultural que se emplea en los viñedos, y consiste en eliminar racimos completos o partes de ellos con el fin de reducir la carga de fruta y mejorar su calidad. El raleo afecta varios aspectos del desarrollo de la vid y la composición de la fruta, influenciando directamente la calidad del vino producido. Por lo anterior, en este estudio se propuso investigar el efecto del raleo de uvas en vides de Grenache, Tempranillo y Nebbiolo en el Valle de Guadalupe, Baja California, México. Para evaluar el efecto sobre el rendimiento y la maduración de las uvas, se realizó el raleo de racimos antes del envero dejando 50 % (raleo severo), 75 % (raleo ligero) y 100 % (control) de los racimos iniciales para cada una de las variedades estudiadas. La reducción del rendimiento coincidió con el porcentaje de racimos eliminados en cada uno de los tratamientos. Las variedades Grenache y Tempranillo, presentaron una alta variabilidad en el peso y tamaño a lo largo de la maduración, mientras que la variedad Nebbiolo solo se observó un efecto parcial. La concentración de sólidos solubles en la variedad Grenache solo presentó un aumento en el tiempo de la cosecha, mientras que la variedad Nebbiolo presentó mayor concentración en los tratamientos de raleo con relación al control. No se observaron diferencias significativas en la concentración de la acidez total para las variedades estudiadas. Sin embargo, es fundamental realizar un raleo adecuado y oportuno, teniendo en cuenta las particularidades de cada viñedo para maximizar los beneficios enológicos.

Palabras clave: Acidez Titulable, Raleo, Sólidos solubles, Baja California

Índice

| | |
|----------------------------------|----|
| Resumen | 3 |
| Lista de Figuras | 5 |
| Antecedentes | 6 |
| Planteamiento del problema | 8 |
| Justificación | 12 |
| Objetivo General | 13 |
| Objetivos Particulares | 13 |
| Materiales y Métodos | 15 |
| Resultados y Discusiones | 17 |
| Literatura Citada | 36 |

Lista de Figuras

| | |
|---|----|
| Fig. 1. Efecto del raleo de racimos sobre el rendimiento de uvas Grenache, Tempranillo y Nebbiolo en el Valle de Guadalupe, Baja California, México | 19 |
| Fig. 2. Efecto del raleo sobre el tamaño y peso de las uvas Grenache, Tempranillo y Nebbiolo a lo largo del periodo de maduración en el Valle de Guadalupe | 22 |
| Figura 3. Efecto del raleo de racimos sobre la concentración de sólidos solubles en uvas Grenache, Tempranillo y Nebbiolo a lo largo del periodo de maduración en el Valle de Guadalupe | 25 |
| Figura 4. Efecto del raleo de racimos sobre la concentración de ácidos totales en el mosto de uvas Grenache, Tempranillo y Nebbiolo a lo largo del periodo de maduración en el Valle de Guadalupe | 28 |
| Figura 5. Efecto del raleo de racimos sobre el pH del mosto de uvas Grenache, Tempranillo y Nebbiolo a lo largo del periodo de maduración en el Valle de Guadalupe | 31 |
| Figura 6. Efecto del raleo de racimos sobre la concentración nitrógeno asimilable por levaduras en mosto de uvas Grenache, Tempranillo y Nebbiolo a lo largo del periodo de maduración en el Valle de Guadalupe | 34 |

Antecedentes

El raleo en uvas para vino es una técnica ampliamente empleada en la viticultura que potencialmente puede influir en la calidad y la cantidad de la cosecha. Esta técnica consiste en la eliminación selectiva de racimos para permitir que los racimos restantes acumulen una mayor cantidad de productos fotosintéticos y además reciban más luz solar, aireación y nutrientes. El raleo puede realizarse manualmente o mecánicamente y se lleva a cabo en diferentes momentos del ciclo de crecimiento de la vid, dependiendo de la variedad de uva y del objetivo del productor. Aunque se ha practicado durante siglos, su comprensión científica y su aplicación precisa en la agricultura se sigue investigando (Smith et al. 2018, Jones et al. 2019).

El raleo de uvas afecta varios aspectos del desarrollo de la vid y la composición de la fruta, influenciando directamente la calidad del vino producido. Este raleo puede mejorar la concentración de azúcares y compuestos fenólicos en la uva, lo que contribuye a producir vinos de mayor calidad (Gil-Muñoz et al. 2009). Además, el raleo puede influir en la relación entre la carga de fruta y la superficie foliar, lo que afecta la exposición de los racimos a la luz solar y la circulación de aire alrededor de ellos (Poni et al., 2009).

La variedad de uva desempeña un factor importante en la respuesta al raleo. Variedades de uva con racimos compactos, como la Nebbiolo, pueden beneficiarse significativamente en términos de calidad y uniformidad de la maduración (Intrieri et al. 2008). Por otro lado, en la variedad Sultanina, el raleo redujo la compacidad del racimo y mejoraron el peso y la firmeza de la baya (Alshallash et al., 2023). El raleo también impactó en las propiedades químicas de las bayas, como el aumento de sólidos solubles (SS) y una mejora de la relación SS/ácidos totales. Por otro lado,

variedades como Grenache y Pinot noir, conocidas por su tolerancia a cargas de fruta elevadas, pueden no mostrar mejoras tan marcadas con el raleo (Palliotti et al. 1998, Paul et al. 2018). Sin embargo, se ha destacado un impacto positivo sobre la calidad de la uva en diversas regiones vitivinícolas del mundo.

En el contexto específico del Valle de Guadalupe, el efecto del raleo de uvas en variedades como la Grenache, Tempranillo y Nebbiolo aún no ha sido investigado. Sin embargo, estudios realizados en otras regiones vinícolas sugieren que estas variedades podrían beneficiarse significativamente en términos de calidad y uniformidad de la maduración de la uva. Por lo tanto, el raleo en uvas es una práctica importante en la viticultura que puede influir significativamente en la calidad del vino. Sin embargo, es importante realizar esta técnica en el momento adecuado y de manera cuidadosa para evitar efectos negativos en el rendimiento y la calidad de la cosecha. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo es el de evaluar el impacto del raleo de racimos sobre el rendimiento y la composición química de la uva para vino en el Valle de Guadalupe, Baja California, México. Se espera que los resultados obtenidos contribuyan a una mejor comprensión y entendimiento de cómo esta práctica influye en la calidad y el rendimiento de la uva en esta región específica, y proporcionen orientación para los viticultores interesados en mejorar la producción de vinos de calidad en el Valle de Guadalupe.

Planteamiento del problema

El raleo de frutas, una práctica común en la horticultura, implica la eliminación selectiva de algunas frutas inmaduras de una planta para regular su carga y mejorar la calidad de las frutas restantes. Esta técnica puede tener un impacto significativo en diversos aspectos de la calidad de la fruta, incluida su textura y composición química. El raleo de frutas puede afectar la composición química de las frutas de diversas maneras. Estudios han destacado cambios en los niveles de azúcares, ácidos, compuestos fenólicos y otros metabolitos secundarios en respuesta al raleo (Valdés *et al.* 2009, Wang *et al.* 2022). Además, se ha demostrado que el raleo de fruta impacta la fisiología de la planta y modifica la calidad de la fruta restante en la planta (Smith *et al.* 2018). El raleo, por ejemplo, puede impactar en el tamaño de la fruta, la textura, la composición química, el sabor y los aromas.

El raleo de fruta en temporada temprana influye en la distribución eficiente de recursos, permitiendo que la planta concentre sus nutrientes en un menor número de frutos. Esto resulta en un aumento significativo en el tamaño de los frutos restantes (Gomez *et al.* 2018). La eficacia del raleo en el tamaño del fruto está relacionada con el momento en que se realiza. Estudios en cerezos, por ejemplo, sugieren que el raleo en etapas tempranas tiene un impacto más significativo en el tamaño de los frutos que el raleo realizado más tarde en el desarrollo (Smith *et al.* 2019). Además, la eliminación temprana de manzanas pequeñas permitió que los recursos se redistribuyeran a los frutos restantes, lo que resultó en frutas más grandes y uniformes (Smith *et al.* 2019). De igual manera, el raleo temprano e intenso aumentó la concentración de antocianos, catequinas y proantocianidinas en la uva Malbec (Guidoni *et al.* 2002, Matus *et al.* 2006).

La concentración de compuestos responsables del sabor y el aroma en frutas

también se ve afectada por el raleo. Estudios en peras y manzanas sugieren que el raleo adecuado puede mejorar la concentración de azúcares y compuestos volátiles relacionados con el sabor (Jones et al. 2019). También se encontró que el raleo temprano en manzanas resultó en frutas más grandes con niveles más altos de azúcares y menos acidez (Smith et al. 2017). Resultados similares se han observado en otras frutas como durazno y uva (Brown et al. 2019, Johnson et al. 2021). Además, se observaron diferencias en la percepción sensorial, con frutas sometidas a raleo siendo calificadas como más dulces y menos ácidas en comparación con las no raleadas. El análisis de compuestos volátiles también mostró variaciones en los perfiles aromáticos entre los dos grupos (Brown et al. 2019).

La textura de la fruta es crucial para la aceptación del consumidor. Investigaciones en ciruelas y duraznos indican que el raleo influye en la firmeza y la consistencia de la pulpa, mejorando la textura general de los frutos cosechados (García et al. 2020). Por otro lado, se ha reportado que el raleo en uvas puede aumentar significativamente la firmeza de la piel y la resistencia a la compresión de las uvas (Alshallash et al. 2023). Además, la eliminación parcial de racimos permitió un desarrollo más equilibrado de los componentes estructurales de la fruta (Balaguera et al. 2011).

La composición nutricional de la fruta, incluyendo vitaminas y minerales, también puede ser afectada por esta práctica. Estudios en tomates y uvas sugieren cambios en los perfiles nutricionales de los frutos sometidos a raleo (Wang et al. 2022). El raleo de frutas puede afectar la composición química de las frutas de diversas maneras. Estudios han demostrado cambios en los niveles de azúcares, ácidos, compuestos fenólicos y otros metabolitos secundarios en respuesta al ejercer esta técnica. El raleo de frutas en manzanos, por ejemplo, puede resultar en un

aumento significativo en la concentración de azúcares como la sacarosa y la glucosa en las frutas restantes (Smith et al. 2018). Este aumento puede contribuir a una mayor dulzura percibida en las frutas raleadas (Wang et al. 2022). En peras, además, se ha observado que el raleo conduce a una disminución en la concentración de ácido málico, lo que impacta la acidez total y, por ende, la percepción sensorial de la fruta (Jones et al. 2019). Compuestos fenólicos, conocidos por sus propiedades antioxidantes, también pueden experimentar cambios debido al raleo. Por otro lado, en ciruelas, el raleo ha mostrado influir en la concentración de compuestos fenólicos, lo que tiene implicaciones en la calidad nutricional y en la resistencia a enfermedades de la fruta (García et al. 2022). Además, en la variedad de uva Malbec se demostró que el raleo del 50 % de los racimos, realizado cuando las bayas tienen el tamaño de un chícharo, aumenta las dimensiones de las bayas y el peso medio de los racimos, y ello evita una disminución de la producción (Matus et al., 2006). Por el contrario, esto no ocurre cuando el raleo se realiza en una época tardía y es intenso, provocando una pérdida del 38 % de la producción de uva.

Al igual que en otras frutas, el raleo impacta la concentración química de las uvas durante la maduración. En las vides, la reducción de la cantidad de racimos, permite que la planta dirija más recursos (agua y nutrientes) hacia las uvas restantes. Esto puede resultar en una mayor concentración de azúcares en las uvas, lo que es especialmente beneficioso para la producción de vinos de mayor calidad. Por ejemplo, la concentración de sólidos solubles aumentó como resultado del raleo en las variedades Pinot noir y Riesling (VanderWeide et al. 2024). No obstante que el raleo de frutas puede impactar las características químicas de las frutas, no hay estudios científicos publicados que evalúen el impacto del raleo sobre el rendimiento y las características químicas de las uvas para vino de México. Además, aunque el raleo

es una práctica común en los viñedos de Baja California con el objetivo de mejorar la calidad del vino, no hay ningún estudio científico publicado que presente los resultados de esta actividad.

Justificación

El raleo es una práctica común en la viticultura mundial y practicada en los viñedos de Baja California. Sin embargo, no existen reportes científicos sobre el impacto de esta práctica sobre la calidad de la fruta o la calidad del vino en esta región. Se espera que la composición química de la fruta sea modificada como resultado del raleo de racimos. En este trabajo se pretende evaluar el impacto del raleo sobre el tamaño y peso de las bayas de uva. Además, se evaluará por primera vez en Baja California el impacto del raleo sobre la composición química de la fruta. Los resultados de este estudio servirán para establecer pautas agronómicas concretas para mejorar la práctica de esta técnica según las condiciones climáticas y del suelo en el Valle de Guadalupe, apoyando el desarrollo sostenible de la industria del vino en la región.

Objetivo General

Evaluar el efecto del raleo de racimos sobre el rendimiento y composición química de las uvas para vino.

Objetivos Particulares

1. Analizar el impacto del raleo sobre la producción de uvas en las variedades Grenache, Nebbiolo y Tempranillo en el Valle de Guadalupe, Baja California, México
2. Evaluar el efecto del raleo de uvas sobre la concentración de sólidos solubles, acidez titulable, pH y nitrógeno asimilable por levaduras a lo largo de la maduración en uvas Grenache, Tempranillo y Nebbiolo en el Valle de Guadalupe, Baja California, México

Hipótesis

1. El raleo de racimos reduce la cantidad de fruta en un viñedo, por lo que esperamos una reducción del rendimiento al incrementar la presión de raleo.
2. Se ha demostrado que el raleo puede impactar la concentración de metabolitos en las bayas, por lo que esperamos un incremento de sólidos solubles y pH en el mosto al incrementar la presión de raleo. Por otro lado, esperamos una reducción en la concentración de ácidos totales y nitrógeno asimilable por levaduras.

Materiales y Métodos

Este estudio se llevó a cabo en un viñedo ubicado en San Antonio de las Minas, en el Valle de Guadalupe, Baja California, México (31°59'09"N, 116°38'46"O) durante el periodo de crecimiento de 2022. Se utilizaron cepas de vid (*Vitis vinifera* L. cv. Grenache, Tempranillo y Nebbiolo) de 5 años de edad cultivadas en un marco de plantación de 2.7 m y 1.2 m, orientación Este-Oeste y conducidas en espaldera simple con un sistema de poda corta tipo cordón Royat unilateral.

Para evaluar el efecto del raleo sobre el rendimiento y la maduración de las uvas, se determinó el rendimiento de tres líneas de cultivo de cada variedad de uva. Cada línea de vides constaba de 130 cepas irrigadas mediante riego por goteo. Se realizó el raleo de racimos antes del envero dejando 50 % (raleo severo), 75 % (raleo ligero) y 100 % (control) de los racimos iniciales para cada una de las variedades estudiadas. Se realizaron conteos de racimos para cada uno de los tratamientos a lo largo del periodo de maduración y para cada una de las variedades estudiadas.

Para determinar el peso de las bayas se pesaron muestras de 10 uvas por triplicado a lo largo del periodo de maduración. Para determinar el tamaño de las bayas, se midió por triplicado el diámetro de 10 uvas.

Para determinar el impacto del raleo sobre la maduración de las uvas, muestras de uva de Grenache, Tempranillo y Nebbiolo, fueron recolectadas semanalmente a partir del 02 de Mayo del 2022 (Etapa Envero). Se recolectaron al azar y por triplicado aproximadamente 250 bayas de cada tratamiento y de cada cultivar. Las uvas se recolectaron en la parte interna y externa del dosel, y de la parte superior e inferior de los racimos. En el laboratorio, las uvas se estrujaron manualmente y se maceraron por 1 h. El mosto resultante fue clarificado mediante centrifugación (6,000 x g, 1 min) y se determinó la concentración de sólidos solubles

con un refractómetro de mesa Abbe (Fisher Scientific Co.). La acidez total, se cuantificó con una titulación potenciométrica con NaOH 0.1 N. El nitrógeno disponible para la fermentación (YAN) se determinó por el método del formaldehído, seguido de una titulación potenciométrica con NaOH 0.01 N, y el pH del mosto se determinó con un potenciómetro (Thermo Orion 410) de acuerdo a la Organización Internacional de la Vid y el Vino (Zoecklein et al. 1995).

Análisis estadístico

Las diferencias estadísticas de características fisicoquímicas de las uvas se determinaron mediante un Análisis de Varianza después de probar normalidad y homocedasticidad de los datos. Todas las comparaciones múltiples de promedios se realizaron con la prueba de Tukey ($p < 0.05$, Zar 1974).

Resultados y Discusión

Se observó un impacto del raleo de racimos sobre el rendimiento de las uvas Grenache, Tempranillo y Nebbiolo (Fig. 1). El raleo severo redujo en aproximadamente 40-50 % ($p < 0.05$) el rendimiento de todas las uvas estudiadas. De manera similar, se presentó una reducción significativa ($p < 0.05$) (aproximadamente 20-25 % del control) con el raleo ligero en las tres variedades estudiadas. La reducción en el rendimiento debido a esta práctica fue un resultado esperado, debido a la disminución de racimos por vid en cada uno de los tratamientos. La reducción de rendimiento coincidió exactamente con el porcentaje de racimos eliminados en cada uno de los tratamientos.

Similar a lo observado en este trabajo, en viñedos de Australia el raleo excesivo de racimos tuvo efectos negativos sobre el rendimiento de uva al reducir la cantidad total de fruta disponible para la cosecha (Smith y Johnson 2020). También encontraron que el raleo excesivo tiene implicaciones económicas importantes para los viticultores. Es importante que la reducción de rendimiento debido al raleo impacte de manera positiva la calidad de la fruta. Un aumento de la calidad podría ser utilizada para nivelar el precio de la uva y mitigar de esta manera la reducción de fruto debido a la ejecución de esta técnica.

La práctica de raleo se ha abordado desde diferentes perspectivas, y aunque existen variaciones según las condiciones específicas de la viña, se han observado patrones generales que respaldan los beneficios del raleo de racimos en términos de rendimiento y calidad de la uva. Por ejemplo, el raleo de racimos en Cabernet Sauvignon mostró una reducción significativa en el rendimiento por hectárea, pero también condujo a una mejora en la calidad de las uvas restantes, con un aumento en la concentración de azúcares y compuestos fenólicos importantes para el aroma y

el sabor del vino (Johnson et al. 2016). De manera similar, se evaluó el efecto del raleo de racimos en la uva Chardonnay en regiones cálidas. Se observó una disminución en el rendimiento total de uvas, pero una mejora en la calidad de las uvas, con un aumento en la concentración de SS y una mayor intensidad de sabor (Smith y Jones 2018)

En Baja California, se han hecho estudios sobre el efecto del raleo de racimos en la variedad Tempranillo. Los resultados mostraron que el raleo de racimos resultó en una reducción significativa en el rendimiento por hectárea, pero también encontraron un aumento en la concentración de azúcares y compuestos fenólicos. Además, se observó una mayor intensidad de color en los vinos producidos a partir de uvas sometidas a raleo de racimos (Gutiérrez-Gamboa et al. 2019). Estos resultados son parecidos a los encontrados en este trabajo para la uva Tempranillo.

Martínez-Lüscher et al. (2017) examinó el efecto del raleo de racimos en la variedad Cabernet Sauvignon en la región vinícola de Querétaro, México. Los resultados sugieren una disminución en el rendimiento total de uvas, pero una mejora en la calidad de las uvas remanentes, con un aumento en el contenido de azúcares y una mayor intensidad de color y aroma en los vinos producidos.

Lo anterior sugiere que el raleo de racimos puede ser una práctica que beneficia la calidad de las uvas y, en consecuencia, la calidad del vino producido. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los efectos del raleo pueden variar según factores como la variedad de uva, las condiciones climáticas y el manejo agronómico específico de cada viñedo.

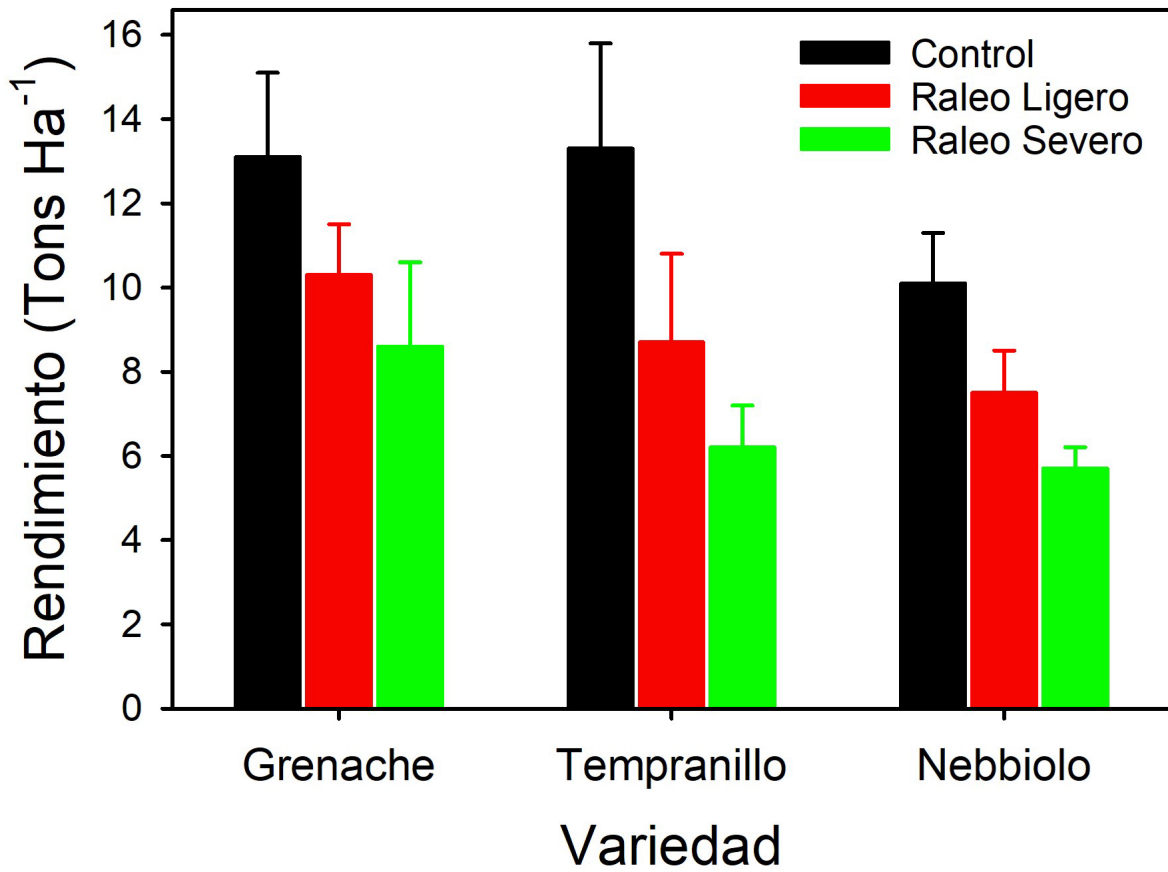


Fig. 1. Efecto del raleo de racimos sobre el rendimiento de uvas Grenache, Tempranillo y Nebbiolo en el Valle de Guadalupe, Baja California, México.

El diámetro y el peso de las bayas varió significativamente ($p < 0.05$) a lo largo del periodo de maduración en las tres variedades de uva estudiadas (Fig. 2).

Las uvas Grenache y Nebbiolo mostraron un ligero aumento en el peso y tamaño de la baya hacia el final del periodo de maduración como era de esperarse. Por el contrario, en la uva Tempranillo no se observó un cambio evidente en el peso y tamaño a lo largo del periodo de maduración.

Por otro lado, no se observó un claro efecto del raleo sobre el peso y el tamaño de las bayas. De manera similar, VanderWeide et al. (2024) no observaron un efecto evidente en el tamaño de la baya cuando el raleo se ejecutó cercano al envero o después de éste. Por el contrario, un raleo temprano (previo al envero) si condujo a un aumento significativo en el tamaño de las bayas.

Sin embargo, otros estudios muestran un aumento del peso y tamaño de las bayas después del raleo. Esta respuesta podría estar relacionada con una mayor disponibilidad de recursos para las uvas restantes, lo que permitió un crecimiento más completo y vigoroso de las bayas (Valdés et al. 2009). El mayor efecto del raleo sobre el tamaño y peso de las bayas se presentó cuando las vides fueron expuestas a un raleo severo (Reynolds et al. 2007).

Las variedades Grenache y Nebbiolo presentaron una alta variabilidad en el peso y tamaño a lo largo de la maduración. Estudios publicados también muestran una fuerte variación del tamaño dentro o entre racimos y también muestran una alta variación en el peso de las bayas, siendo mayor dentro de los racimos que entre vides (Pagay y Cheng 2010). Una de las características que influyen en la variabilidad del peso y tamaño, es el número de semillas, ya que es un determinante importante del peso de la baya (Popova & Angelov 2024), especialmente dentro de un racimo de uva. En este trabajo no se determinó el peso de la semilla, sin embargo es un factor

que puede influir fuertemente en los resultados.

Otros factores como el suministro de productos fotosintéticos y las condiciones ambientales (por ejemplo, estrés hídrico) también están implicados en la generación de estas variaciones. Esta hipótesis sugiere que el peso de la baya dentro de un racimo depende de la posición de la baya dentro del racimo y diferentes posiciones pueden no acceder por igual a estos productos. Por ejemplo, las bayas de la parte proximal de los racimos podrían tener una mayor prioridad para recibir suministro, promoviendo esta variabilidad (Shellie 2010).

Estos resultados, respaldan la idea de que el raleo de racimos puede tener un impacto significativo en el tamaño y peso de las uvas cosechadas. Lo anterior podría ser el resultado de una mayor acumulación de agua y productos fotosintéticos, que permite una mayor concentración de nutrientes y recursos en los racimos remanentes. Sin embargo, para este estudio, el efecto solo se observó parcialmente en la variedad Nebbiolo.

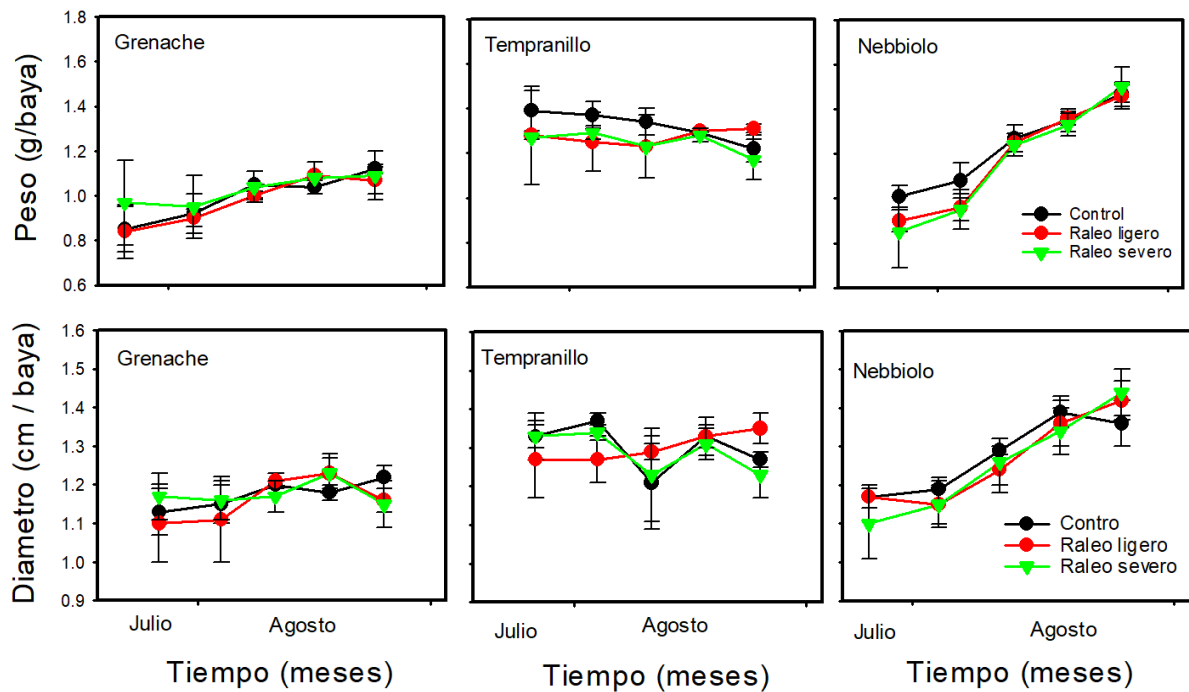


Fig. 2. Efecto del raleo sobre el tamaño y peso de las bayas de uva Grenache, Tempranillo y Nebbiolo a lo largo del periodo de maduración en el Valle de Guadalupe.

El efecto del raleo de racimos de uva en la concentración de sólidos solubles totales es un tema relevante en la viticultura ya que es determinante en la calidad y el potencial de vinificación de las uvas. En este estudio se observó un aumento significativo ($p < 0.05$) en la concentración de sólidos solubles a lo largo del periodo de maduración en todas las variedades estudiadas (Fig. 3). Por otro lado, solo se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en la concentración de sólidos solubles para las uvas Grenache y Nebbiolo al final de la maduración. La concentración de sólidos solubles en la uva Grenache fueron similares para todos los tratamientos a lo largo del periodo de maduración, sin embargo, dos semanas antes de la cosecha, el tratamiento de raleo severo presentó 3 °Bx más altos ($p < 0.05$) que el tratamiento de raleo ligero y el control.

Por otro lado, la concentración de sólidos solubles a lo largo del periodo de maduración en la uva Nebbiolo fue significativamente menor ($p < 0.05$) a los otros tratamientos a lo largo del periodo de maduración. En esta variedad de uva la acumulación de sólidos solubles fue significativamente mayor ($p < 0.05$) en el tratamiento de raleo severo a lo largo de todo el periodo de maduración con relación al control. Sin embargo, el tratamiento de raleo ligero presentó una acumulación mayor ($p < 0.05$) con respecto al control, solo en las últimas dos semanas de maduración.

Los resultados de este estudio sobre el efecto del raleo de racimos sobre la acumulación de sólidos solubles son consistentes a lo observado en otras variedades de uva. Por ejemplo, investigaciones realizadas en viñedos de California demostraron que el raleo moderado de racimos condujo a una mejora significativa en la concentración de azúcares en la uva, lo que resultó en vinos de mayor calidad (Jones et al. 2018). Esto sugiere que el raleo selectivo de racimos puede influir positivamente

en la composición química de algunas variedades de uva, no obstante, que se ve impactado el rendimiento final del cultivo.

Guidono et al. (2002) encontraron un aumento en la concentración de azúcares en la uva a consecuencia del raleo de racimos en un 50 %. También observaron un aumento en la concentración de polifenoles, sin embargo las diferencias en el rendimiento y la concentración de azúcares están más controlados por el año de cultivo que por el efecto del raleo. Resultados similares reportan que tratamientos con raleo del 26 % aumentaron la concentración final de SS en 2.8 Brix por arriba del control. Consecuentemente reportan un aumento en la concentración de polifenoles totales (Reščič, 2015). Los resultados de estos trabajos son consistentes con los encontrados en este trabajo para las variedades de Grenache y Nebbiolo, respaldando la teoría de que el raleo de racimos puede tener un impacto positivo en la concentración de sólidos solubles totales en la uva, lo que puede contribuir a una mejor calidad y potencial de vinificación de las uvas cosechadas.

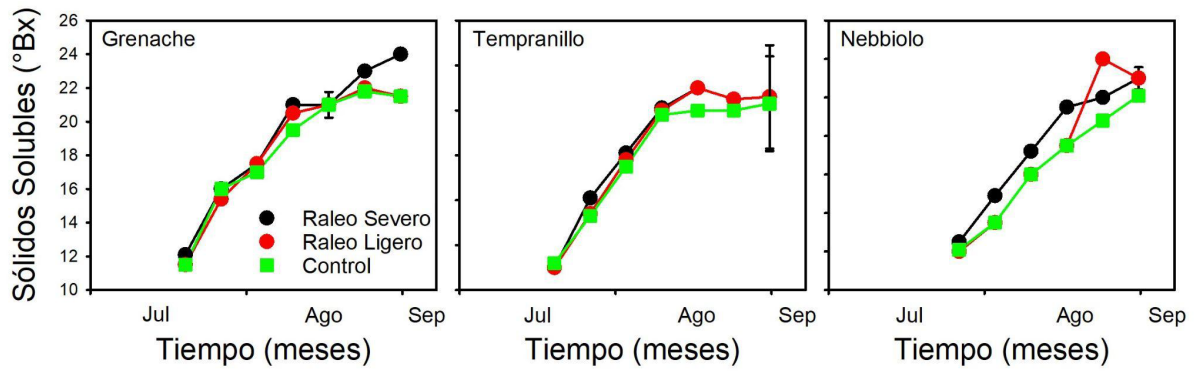


Figura 3. Efecto del raleo de racimos sobre la concentración de sólidos solubles en uvas Grenache, Tempranillo y Nebbiolo a lo largo del periodo de maduración en el Valle de Guadalupe.

Se observó una disminución significativa ($p < 0.05$) de la concentración de ácidos totales a lo largo del periodo de maduración en todas las variedades estudiadas (Fig. 4). La mayor concentración de ácidos totales se encontró al inicio del envero en todas las variedades y disminuyeron significativamente hacia el final de la maduración. En general, no se observaron diferencias significativas ($p > 0.05$) de la concentración de acidez total en el mosto de las variedades estudiadas con respecto al tratamiento de raleo.

En la mejora de la calidad de uva, la eliminación de racimos es una práctica común en la viticultura. Uno de los aspectos menos explorados pero crucial es su impacto en la acidez total del mosto. La acidez total es un parámetro fundamental en la calidad del vino, ya que influye en el sabor, la estabilidad y la capacidad de envejecimiento. El raleo de fruta puede tener efectos significativos en la acidez total del mosto. Se encontró, por ejemplo, que el raleo moderado de racimos de uva llevó a una disminución significativa en la acidez total del mosto en comparación con las vides no raleadas (Smith et al. 2018). Este fenómeno se atribuyó a una redistribución de los recursos de la vid hacia los racimos restantes, lo que resultó en una menor acumulación de ácidos.

Por otro lado, investigaciones más recientes sugieren que el impacto del raleo de fruta en la acidez total del mosto puede variar dependiendo de factores como la variedad de uva, las condiciones climáticas y la intensidad del raleo. Estudios demuestran que el raleo de fruta tuvo un efecto mínimo en la acidez total del mosto en condiciones de estrés hídrico, mientras que en condiciones óptimas de crecimiento, se observó una disminución significativa en la acidez total del mosto (García et al. 2022). Los resultados observados en uvas Grenache, Tempranillo y Nebbiolo en este estudio sugieren que el raleo no impactó de manera drástica la

concentración de ácidos orgánicos. En este estudio se presentaron condiciones de estrés hídrico debido a la escasez de lluvia en este año. Es posible que bajo condiciones de menor estrés hídrico se obtengan otros resultados.

Mancha et al. (2014) no encontraron diferencias en la concentración de la acidez titulable entre los tratamientos de el raleo estándar y raleo con estrés hídrico en uvas Tempranillo. De igual manera, en la variedad Chambourcin se encontraron resultados similares para la acidez titulable (Dami et al, 2006). Ambos autores coinciden que el cambio de la concentración de la acidez titulable entre tratamientos está definida principalmente por la temperatura durante el periodo de maduración. Finalmente, VanderWeide et al. (2024) concluyó a través de un estudio de revisión alrededor del mundo (Europa, USA, América del sur y Australia) que no hay una relación clara entre el raleo de racimos y la concentración de la acidez titulable.

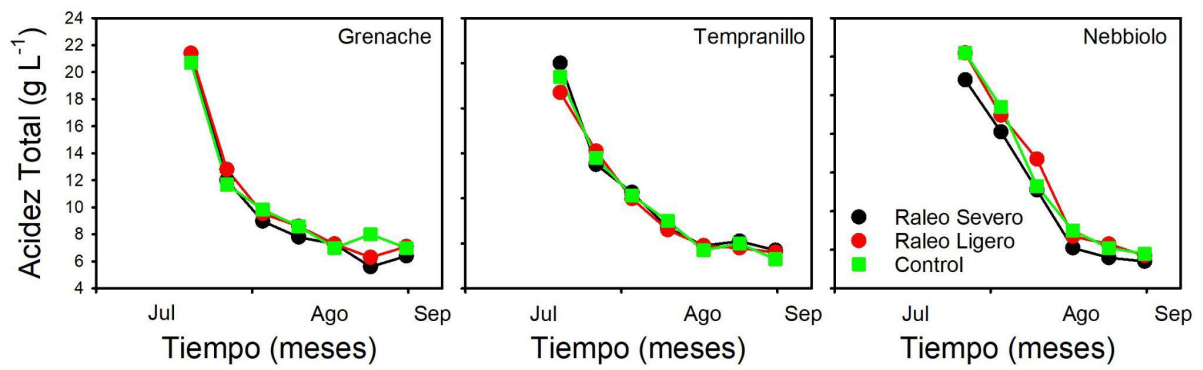


Figura 4. Efecto del raleo de racimos sobre la concentración de ácidos totales en el mosto de uvas Grenache, Tempranillo y Nebbiolo a lo largo del periodo de maduración en el Valle de Guadalupe.

Se observó un incremento significativo ($p < 0.05$) en los valores de pH del mosto a lo largo del periodo de maduración en las tres variedades de uva estudiadas (Fig. 5). Además, se observó un incremento significativo del pH en los tratamientos con raleo severo y ligero para las tres variedades estudiadas.

De manera similar a nuestro estudio, se ha demostrado que el raleo de fruta puede afectar significativamente el pH del mosto. En particular, se ha encontrado que la reducción en la carga de fruta conduce a una disminución en el pH del mosto, lo que puede ser atribuido a una mayor concentración de ácidos en las uvas remanentes (Koundouras et al. 2006). Otros estudios respaldan estas conclusiones al observar una disminución significativa en el pH del mosto de uvas sometidas a raleo en comparación con aquellas no sometidas a esta práctica (Smith et al. 2010). Este hallazgo sugiere que el raleo de fruta puede ser una estrategia efectiva para influir en el perfil químico del mosto y, en última instancia, en la calidad del vino resultante.

El efecto del raleo de fruta sobre el pH del mosto puede atribuirse a varios mecanismos. La reducción en la carga de fruta puede incrementar la relación superficie foliar/volumen de las uvas remanentes, lo que facilita la acumulación de ácidos orgánicos en los tejidos de la uva (Koundouras et al. 2006). Además, la menor competencia entre los racimos restantes puede permitir una distribución más eficiente de los nutrientes y la producción de metabolitos secundarios, como los ácidos orgánicos, que influyen en el pH del mosto (Smith et al., 2010).

Por el contrario, se ha demostrado que el raleo del 50 % de los racimos de uva Sauvignon blanc presentó un aumento significativo del pH (mayor a 0.15) con respecto al control (Kok 2011). De manera similar, se observó un aumento en la AT y una reducción en el pH para las vides Tokay, como resultado de una tasa de maduración más lenta entre las vides con una baja relación entre el área foliar y el

rendimiento (Kliewer y Weaver 1971). Por último, en la uva Grenache se encontró que el raleo de racimos durante la etapa de envero provocó una pérdida de rendimiento con un aumento en el pH. También encontraron que el pH más bajo, está asociado con una concentración elevada de la AT en los tratamientos que solo sufrieron recorte del dosel (Balaguera et al. 2011, Mota et al. 2010).

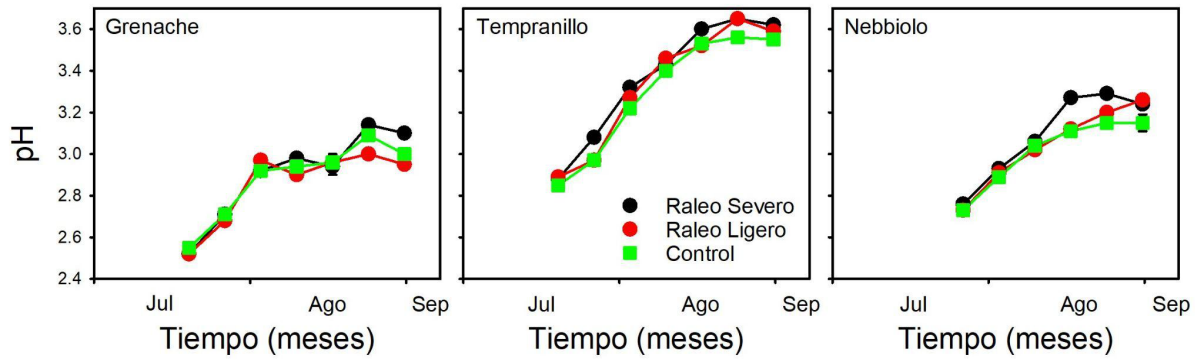


Figura 5. Efecto del raleo de racimos sobre el pH del mosto de uvas Grenache, Tempranillo y Nebbiolo a lo largo del periodo de maduración en el Valle de Guadalupe.

La concentración de nitrógeno asimilable por levaduras (NAL) en el mosto varió significativamente ($P < 0.05$) a lo largo del periodo de maduración en las tres variedades estudiadas. No se observó un efecto claro con respecto a la variación del NAL en relación a los tratamientos de raleo de racimos a lo largo del periodo de maduración en las uvas estudiadas. Sin embargo, durante el periodo de cosecha, las tres variedades mostraron niveles ligeramente más altos en los tratamientos de raleo ligero con respecto al control.

De los factores que afectan el contenido de NAL, se encuentran la variedad de uva, factores ambientales, madurez de los granos, fertilización y el tipo de suelo. Los dos factores más importantes que afectan el contenido de nitrógeno son, la madurez de la cosecha y la fertilización del viñedo (Bell y Henschke 2006). En general, los niveles de NAL presentan una tendencia a disminuir con la madurez, sin embargo, se observa una alta variabilidad entre las variedades de uva. Esta tendencia se presenta en las tres variedades de uva estudiadas, siendo la variedad de uva Tempranillo la que registró los valores más bajos al tiempo de la cosecha; mientras que las variedades de uva Nebbiolo y Grenache terminaron con concentraciones más elevadas, mostrando la influencia que tiene el tipo de uva sobre la concentración final de NAL.

En uvas Cabernet Sauvignon, se observó una disminución hasta del 48 % en el NAL entre dos años consecutivos, atribuido principalmente al menor crecimiento del dosel en el año con menor aporte de nitrógeno y cantidad de lluvia (Petrovic 2018). Sin embargo, no encontró diferencias significativas entre el raleo de racimos y la concentración de NAL en la baya. Resultados similares presentó Verdenal et al. (2020), donde no solo el NAL se asocia con una mayor crecimiento del dosel, sino que también estuvo influenciado consistentemente por la poda, ya que los pesos de

poda más altos se relacionaron con una concentración más elevada de NAL. Al reducir el nivel de cultivo mediante el raleo, no se observó un cambio significativo en el aumento de la concentración de NAL en la cosecha (Verdenal et al. 2020). Estos resultados son muy similares a los encontrados en nuestro estudio, donde ninguno de los tratamientos de raleo fue significativamente diferente al control.

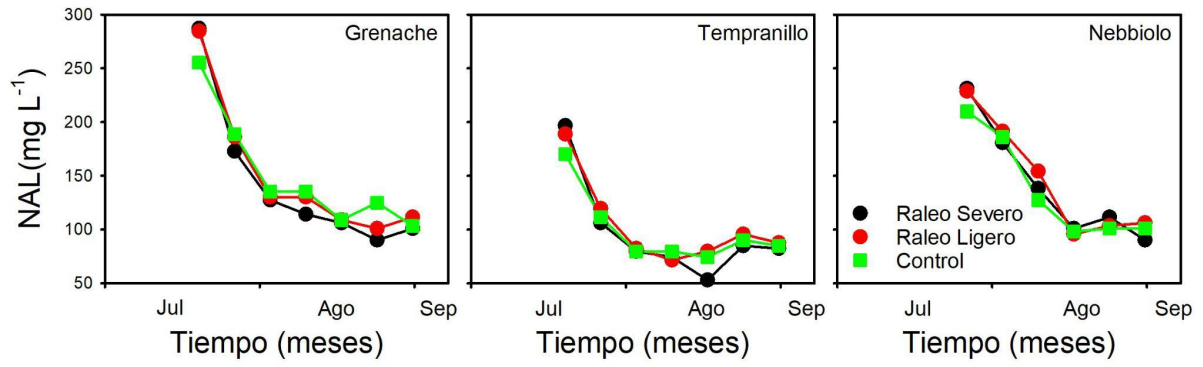


Figura 6. Efecto del raleo de racimos sobre la concentración nitrógeno asimilable por levaduras en mosto de uvas Grenache, Tempranillo y Nebbiolo a lo largo del periodo de maduración en el Valle de Guadalupe.

Conclusiones

El raleo de racimos es una práctica agronómica esencial que tiene un impacto significativo en la producción y la calidad de las variedades de uva Grenache, Tempranillo y Nebbiolo. Sin embargo, es fundamental realizar un raleo adecuado y oportuno, teniendo en cuenta las particularidades de cada viñedo y cultivar, para maximizar los beneficios agronómicos y enológicos, y asegurar la obtención de vinos de alta calidad.

El raleo de racimos redujo de forma proporcional en porcentaje el rendimiento de todas las uvas estudiadas. La reducción en el rendimiento debido al raleo de racimos era de esperarse debido a la reducción de racimos por vid en cada uno de los tratamientos. Tampoco se observó un cambio evidente entre los tratamientos de raleo sobre el diámetro y peso de las bayas de uva Grenache, Tempranillo y Nebbiolo. Por lo anterior, es necesario calcular la ventaja en el aumento de la "calidad" de la uva con relación a la disminución del rendimiento del viñedo.

Se observó un aumento en la concentración de sólidos solubles a lo largo del periodo de maduración en todas las variedades estudiadas. Sin embargo, al final de la maduración, los resultados revelaron que la concentración de sólidos solubles para las uvas Grenache fue significativamente más alta en el tratamiento de raleo severo. En la variedad Nebbiolo, la acumulación de sólidos solubles fue significativamente mayor en el tratamiento de raleo severo a lo largo de todo el periodo de maduración con relación al control. Mientras que el tratamiento de raleo ligero aumentó la concentración en las últimas dos semanas de maduración.

Literatura Citada

- Alshallash, K. S., Fahmy, M. A., Tawfeeq, A. M., Baghdady, G. A., Abdrabboh, G. A., Hamdy, A. E., & Kabsha, E. A. (2023). GA3 and Hand Thinning Improves Physical, Chemical Characteristics, Yield and Decrease Bunch Compactness of Sultanina Grapevines (*Vitis vinifera* L.). *Horticulturae*, 9:160–160.
- Balaguera López H.E, H. Enrique, P. J. Almanza Merchán & G. Fischer. (2011) Effects of leaf removal and cluster thinning on yield and quality of grapes (*Vitis vinifera* L., Riesling × Silvaner) in Corrales, Boyaca (Colombia) *Agronomía Colombiana*; Bogota 29:35-42.
- Bell, S. J. & Henschke, P. A. (2005). Implications of nitrogen nutrition for grapes, fermentation and wine. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 11:242-295.
- Brown, A., Johnson, R., García, C., & Wang, L. (2019). The influence of thinning on aroma compounds in peaches. *Journal of Agricultural Chemistry*, 26:567-579.
- Dami, I., Ferree, D., Prajitna, A., & Scurlock, D. (2006). A five-year study on the effect of cluster thinning on yield and fruit composition of Chambourcin grapevines. *HortScience*, 41: 586.
- Gil-Muñoz, R., Vila-López, R., Fernández-Fernández, J. I., & Martínez-Cutillas, A. (2009). Effects of cluster thinning on anthocyanin extractability and chromatic parameters of Syrah and Tempranillo grapes and wines. *Oeno One*, 43: 45-53.
- García, A., López, B., & Martínez, C. (2022). Impacto del raleo de fruta en la acidez total del mosto: influencia de las condiciones climáticas. *Revista de Viticultura*, 12: 45-56.
- García, C., & Wang, L. (2020). Texture Improvement in Peaches through Fruit Thinning Practices. *Journal of Food Science*, 58: 654-668.

- Gomez, R., Smith, A., Jones, B., Brown, A., Johnson, R., García, C., & Wang, L. (2018). Regulation of Pear Fruit Growth by Thinning-Induced Changes in Hormone Levels. *Plant Physiology*, 55: 112-125.
- Guidoni, S., Pierpaolo Allara, and Andrea Schubert (2002). Effect of Cluster Thinning on Berry Skin Anthocyanin Composition of *Vitis vinifera* cv. Nebbiolo. *American Journal of Enology and Viticulture*. 53:3
- Gutiérrez-Gamboa, G., Garde-Cerdán, T., Portu, J., González-Arenzana, L., & López, R. (2019). Effects of cluster thinning on the quality of Tempranillo wines from the northern area of Mexico. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 25: 225-232.
- Intrieri, C., et al. (2008). Effects of cluster thinning on grape composition and quality of Nebbiolo (*Vitis vinifera* L.) in the Langhe region of Piedmont, Italy. *American Journal of Enology and Viticulture*, 59: 288-294.
- Johnson, A., Smith, B., & Williams, C. (2016). The impact of cluster thinning on grape composition in Cabernet Sauvignon. *Journal of Viticulture*, 42: 215-228.
- Johnson, R., García, C., & Wang, L. (2021). Impact of fruit thinning on sugar and acid content in grapes. *Journal of Viticulture*, 38: 210-225.
- Jones, A., Smith, B., & Garcia, C. (2018). Effects of cluster thinning on grape composition and wine quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66: 7592-7603.
- Jones, B., Brown, A., Johnson, R., & Wang, L. (2019). Effects of Fruit Thinning on Sugar Content and Aroma Compounds in Pears. *Journal of Agricultural Chemistry*, 72: 345-359.
- Kliewer, W. M. and Weaver, R. J. 1971. Effect of crop level and leaf area on growth, composition and coloration of 'Tokay' grapes. *American Journal of Enology and*

Viticulture 22:172-177.

- Kok, D. (2011) Influences of pre- and post-veraison cluster thinning treatments on grape composition variables and monoterpene levels of *Vitis vinifera* L. cv. Sauvignon Blanc, *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 9: 22-26
- Koundouras, S., Marinos, V., Gkoulioti, A., Kotseridis, Y., y Van Leeuwen, C. (2006). Influence of vineyard location and vine water status on fruit maturation of non-irrigated cv. Agiorgitiko (*Vitis vinifera* L.). Effects on wine phenolic and aroma components. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 5077-5086.
- Mancha, L. A., Uriarte, D., Valdés, E., Moreno, D., & Prieto, M. D. H. (2020). Effects of regulated deficit irrigation and early cluster thinning on production and quality parameters in a vineyard cv. Tempranillo under semi-arid conditions in southwestern Spain. *Agronomy*, 11: 34.
- Martínez-Lüscher, J., Morales, F., Delrot, S., Sánchez-Díaz, M., Gomès, E., Aguirreolea, J., & Pascual, I. (2017). Characterization of the adaptive response of grapevine (cv. Tempranillo) to UV-B radiation under water deficit conditions. *Plant Science*, 256: 102-110.
- Matus, M. S., Rodríguez, J., & Ocvirk, M. M. (2006). Raleo de racimos en *Vitis Vinifera* Cv. Malbec : efecto sobre los componentes del rendimiento y la composición polifenólica de las bayas. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*, 38: 105-112.
- Mota, R.V., C.R. Souza, C.P. Carvalho, G.F. Freitas, T. Misuzu, E. Purgatto, F.M. Lajolo, and M.A. Regina. (2010) Biochemical and agronomical responses of grapevines to alteration of source-sink ratio by cluster thinning and shoot trimming. *Bragantia* 69:17-25
- Pagay, V., & Cheng, L. (2010). Variability in berry maturation of Concord and Cabernet

- franc in a cool climate. *American Journal of Enology and Viticulture*, 61: 61-67.
- Palliotti, A., & Cartechini, A. (1998). Cluster thinning effects on yield and grape composition in different grapevine cultivars. In XXV International Horticultural Congress, Part 2: Mineral Nutrition and Grape and Wine Quality 512. pp. 111-120.
- Paul, C J., & L. F Casassa. (2018). Agronomical and Chemical Effects of the Timing of Cluster Thinning on Pinot Noir (Clone 115) Grapes and Wines. *Fermentation*, 4: 60–60.
- Petrovic, G. (2018). A survey of the YAN status of South African grape juices and exploration of multivariate data analysis techniques for spectrometric calibration and cultivar discrimination purposes (Doctoral dissertation, Stellenbosch: Stellenbosch University). 168 pp.
- Poni, S., et al. (2009). The effects of early defoliation on shoot photosynthesis, yield components, and grape composition. *American Journal of Enology and Viticulture*, 60: 52-60.
- Popova, A., & Angelov, L. (2024). Effect of bunch thinning on the grapes quality in clones 174 and 470 from Syrah variety. *Scientific Papers. Series B. Horticulture*, 68: 353-358.
- Reynolds, A. G., Schlosser, J., Power, R., Roberts, R., Willwerth, J., & De Savigny, C. (2007). Magnitude and interaction of viticultural and enological effects. I. Impact of canopy management and yeast strain on sensory and chemical composition of Chardonnay Musqué. *American Journal of Enology and Viticulture*, 58: 12-24.
- Reščič, J, Maja Mikulič-Petkovšek, Franci Štampar, Anka Zupan, Denis Rusjan, (2015). The impact of cluster thinning on fertility and berry and wine

- composition of 'Blauer Portugieser' (*Vitis vinifera* L.) grapevine variety. *Journal international des sciences de la vigne et du vin*, 49:275-291.
- Shellie, K.C. (2010) Water Deficit Effect on Ratio of Seed to Berry Fresh Weight and Berry Weight Uniformity in Winegrape cv. Merlot. *American Journal of Enology and Viticulture*, 61:414-418.
- Smith, A., Jones, B., Brown, A., & Wang, L. (2018). Impact of Fruit Thinning on Fruit Size in Apple Orchards. *Journal of Horticultural Science*, 45(2), 123-137.
- Smith, D., & Jones, E. (2018). Effects of cluster thinning on yield and quality of Chardonnay grapes in a warm climate. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 24: 112-120.
- Smith, J. P., Bindon, K. A., Holt, H., y Herderich, M. J. (2010). Interactions between crop thinning, berry ripening and wine composition from *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon: A review. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 16: 109-121.
- Smith, J., Brown, A., Johnson, R., García, C., & Wang, L. (2017). Thinning effects on fruit quality in apple: A review. *Journal of Horticultural Science*, 44: 123-135.
- Smith, J., Johnson, R., & Brown, K. (2018). Efectos del raleo de fruta en la calidad del mosto. *Journal of Enology Studies*, 5: 210-225.
- Smith, J., Jones, B., Brown, A., & García, C. (2019). Timing of Fruit Thinning Affects Cherry Fruit Size. *HortScience*, 48: 321-335.
- Smith, R., & Johnson, L. (2020). Impact of cluster thinning on vine growth and grape composition. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 26(2), 134-143.
- Wang, L. (2021). Nutritional Changes in Thinned Grape Clusters. *Food Chemistry*, 89: 567-580.
- Valdés, M. E., Moreno, D., Gamero, E., Uriarte, D., del Henar Prieto, M., Manzano,

- R., & Intrigliolo, D. S. (2009). Effects of cluster thinning and irrigation amount on water relations, growth, yield and fruit and wine composition of Tempranillo grapes in Extremadura (Spain). *Oeno One*, 43: 67-76.
- VanderWeide, J, E Nasrollahiazar, S Schultze, P Sabbatini and S D Castellarin (2024). Impact of Cluster Thinning on Wine Grape Yield and Fruit Composition: A Review and Meta-Analysis. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. Volume 2024, 20 pp.
- Verdenal, T., Spangenberg, J. E., Zufferey, V., Dienes-Nagy, Á., Viret, O., Van Leeuwen, C., & Spring, J. L. (2020). Corrigendum to: Impact of crop load on nitrogen uptake and reserve mobilization in *Vitis vinifera*. *Functional Plant Biology*, 47: 769-769.
- Wang, W., Liang, Y., Quan, G., Wang, X., & Xi, Z. (2022). Thinning of cluster improves berry composition and sugar accumulation in Syrah grapes. *Scientia Horticulturae*, 297: 110966.
- Zar, J. 1974. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, NJ. 620 pp.
- Zoecklein, B. W., Fugelsang, K. C., Gump, B. H. and Nury, F. S. 1995. *Wine Analysis and Production*. Chapman-Hall. New York. 296 pp.