

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

**PROGRAMA DOCENTE INGENIERO EN CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**



**EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN POTÁSICA EN LA VID Y  
PROPIEDADES POSTCOSECHA EN UVA MALBEC Y  
SHIRAZ (*Vitis vinifera l.*)**

**Por:**

**IRHAM Zaid VALDES CABRERA**

**TESIS**

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS**

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE CIENCIA ANIMAL

PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERIA EN CIENCIA Y

TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Tesis:

**Efecto de la fertilización potásica en la vid y propiedades  
postcosecha en uva Malbec y Shiraz (*Vitis vinífera L.*)**

Por:

**IRHAM ZAID VALDÉS CABRERA**

Presentada como requisito parcial para obtener el Título de:

**INGENIERIA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

La cual fue revisada y aprobada por:

COMITÉ ASESOR



Dra. Xochitl Ruelas Chacón

Asesor principal

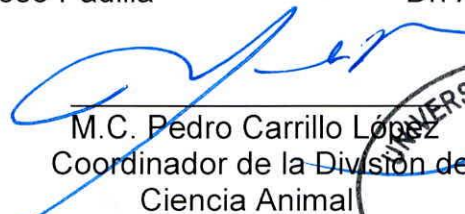


M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla

Coasesor



Dr. Armando Hernández Pérez



M.C. Pedro Carrillo López  
Coasesor  
Coordinador de la División de  
Ciencia Animal

Saltillo, Coahuila, México



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

DIVISION DE CIENCIA ANIMAL

PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERIA EN CIENCIA Y

TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**Tesis:**

**Efecto de la fertilización potásica en la vid y propiedades postcosecha en uva Malbec y Shiraz (*Vitis vinífera* L.)**

Presentada como requisito parcial para obtener el Título de:

**INGENIERIA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

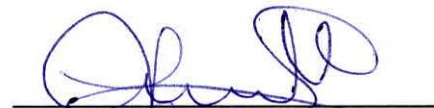
**IRHAM ZAID VALDÉS CABRERA**

Presentada como requisito parcial para obtener el Título de:

**INGENIERIA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

**JURADO CALIFICADOR**

Dra. Xochitl Ruelas Chacón  
Presidente



Dr. Armando Hernández Pérez  
Vocal



M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla  
Vocal



Dra. Pilar Espitia Hernández  
Vocal



Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2025

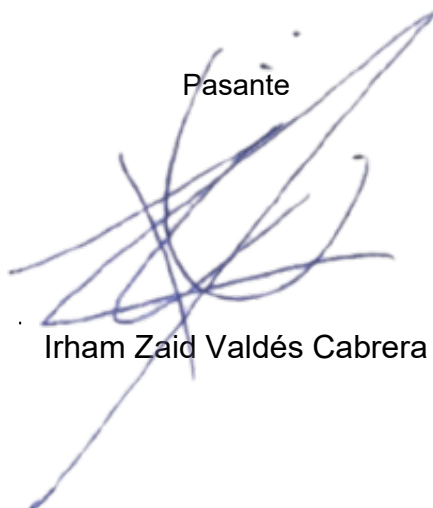
## DECLARACION DE NO PLAGIO

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citar; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior, me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned above the printed name.

Irham Zaid Valdés Cabrera

## AGRADECIMIENTOS

Quiero empezar agradeciendo a mis padres **David Andrés Valdes Martínez y Karina Cabrera Chagoyan** por el apoyo en estos 4 años por todo el dinero, el esfuerzo y la motivación que me dieron para poder salir adelante en mi vida universitaria y en mi vida cotidiana.

Al **Ing. Julio Carranza** dueño de la **Vinícola Amonites** por la oportunidad, el espacio, la confianza y el tiempo que nos dio para poder realizar este proyecto ahí en su vinícola.

A mis **Compañeros Universitarios** por vivir una de las etapas de mi vida de una manera satisfactoria, por aprender un poco de ustedes y saber que la humildad, la honestidad, la lealtad y el respeto abren muchas puertas.

A la **Dra. Xochitl Ruelas Chacón** por todo el apoyo y confianza en este proyecto.

Al **Dr. Armando Hernández Pérez** por la disponibilidad, el apoyo y la confianza por trabajar juntos en este proyecto.

Al **M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla** y a la **Dra. Pilar Espitia Hernández** por su aportación y apoyo en la culminación del proyecto.

## **DEDICATORIAS**

*A Dios por guiarme por el camino del bien, por iluminarme, por mostrarme lo que aquello que no podía ver que ahora veo, un camino lleno de grandes desafíos en mi vida, pero siempre de su mano.*

*A mis padres y hermanos por todo el apoyo, consejos y comprensión para cumplir mis objetivos.*

# ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACION DE NO PLAGIO .....	4
AGRADECIMIENTOS .....	5
DEDICATORIAS .....	6
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	7
RESUMEN.....	13
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1 Justificación .....	17
1.2 Hipótesis.....	18
1.3 Objetivos.....	19
1.3.1 Objetivo general .....	19
1.3.2 Objetivos específicos.....	19
CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	20
2.1 Generalidades de la Vid, Uva Malbec y Shiraz .....	20
2.1.1 Origen.....	20
2.2 Morfología Y Taxonomía.....	24
2.1 Morfología de la Vid ( <i>Vitis vinífera L.</i> ).....	24
2.2.2 Sistema Radical .....	25
2.2.3 Parte área .....	26
2.2.4 Tronco .....	27
2.2.5 Brazos o Ramas .....	28
2.2.6 Pámpano o Sarmiento .....	29
2.2.7 Hojas.....	32
2.2.8 Zarcillos .....	33
2.2.9 Yemas.....	34
2.2.10 Raíces .....	36
2.2.11 La Inflorescencia y Flor.....	37
2.2.12 El Racimo y La Uva.....	39
2.4 Composición Nutrimental .....	43
2.5 Composición Química.....	45
2.6 Variedades de Uva para Vinificación .....	47

<b>2.7 Fertilización Folicular</b> .....	53
<b>2.7.1 Sulfato de Potasio (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)</b> .....	56
<b>2.7.2 Cloruro de Potasio (KCl)</b> .....	56
<b>2.7.3 Nitrato de Potasio (KNO<sub>3</sub>)</b> .....	57
<b>2.7.4 Fosfato Monopotásico (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)</b> .....	57
<b>2.7.5 Adherente (Codadhex Pg)</b> .....	58
<b>2.8 Fertirrigación</b> .....	58
<b>2.8.1 El fertilizante T19</b> .....	60
<b>2.8.2 Calcinit</b> .....	60
<b>2.8.3 Magnit</b> .....	60
<b>2.8.4 NKs</b> .....	61
<b>2.8.5 Sulfato Fe (FeSO<sub>4</sub>)</b> .....	61
<b>2.8.5.1 Sulfato Zn (ZnSO<sub>4</sub>)</b> .....	61
<b>2.8.5.2 Sulfato de Cu (CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O)</b> .....	62
<b>2.8.6 Solubor</b> .....	63
<b>2.9 Parámetros Químicos clave en la Uva</b> .....	64
<b>2.9.1 Solidos solubles totales (SST)</b> .....	64
<b>2.9.2 Acidez Titulable</b> .....	65
<b>2.9.3 Flavonoides</b> .....	66
<b>2.9.4 Polifenoles hidrolizables (PH)</b> .....	67
<b>2.9.5 Taninos condensados</b> .....	67
<b>2.9.6 Antocianinas</b> .....	68
<b>2.9.7 Determinación de actividad antioxidante (DPPH Y ABTS)</b> .....	69
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA</b> .....	71
<b>3.1 Material</b> .....	71
<b>3.1.1 Materia Vegetal</b> .....	71
<b>3.1.2 Materiales de Vidrio y otros materiales</b> .....	73
<b>3.3.3 Reactivos y Fertilizantes</b> .....	74
<b>3.3.4 Equipos e Instrumentos</b> .....	74
<b>3.3.5 Tratamientos</b> .....	75
<b>3.3.6 Diseño experimental</b> .....	75
<b>3.2 Metodología</b> .....	76
<b>3.2.1 Campo</b> .....	76

3.2.1.2 Caracterización edáfica del sitio experimental (Estudio del suelo) .....	76
3.2.1.3 Fertilización vía fertirrigación .....	77
3.2.1.4 Aplicación foliar de Fuentes de Potasio .....	78
3.2.2 Materia Prima .....	81
3.2.2.3 Lavado y Preparación de la Fruta.....	81
3.2.2.4 Color (CIELab) .....	82
3.2.2.5. Firmeza .....	83
<b>3.3 Determinación de sólidos solubles totales (SST), Acidez titulable (TA), flavonoides, Polifenoles, Antocianinas, Taninos condensados y capacidad antioxidante .....</b>	<b>84</b>
3.3.1 Sólidos solubles totales (TSS) .....	84
3.3.2 Determinación de Acidez titulable (AT).....	85
3.3.3 Determinación de flavonoides.....	87
3.3.4 Determinación de Polifenoles hidrolizables por método Folin-Ciocalteu .....	88
3.3.5 Contenido de Antocianinas .....	89
3.3.6 Determinación de Taninos Condensados .....	89
3.3.6 Determinación de actividad antioxidante (ABTS y DPPH) .....	90
3.3.6.1 Preparación del radical DPPH .....	91
3.3.6.2 Método ABTS .....	91
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>92</b>
4.1 Análisis fisicoquímico de la uva Malbec y Shiraz.....	92
4.1.1 Sólidos solubles totales (SST, ° Brix).....	92
4.1.2 Firmeza .....	93
4.1.4 Acidez titulable .....	94
4.1.4 Color .....	95
4.1.4.1 Luminosidad (L) .....	95
4.1.4.2 Componente rojo-verde (a) .....	96
4.1.4.3 Componente amarillo-azul (b) .....	98
4.1.5 Flavonoides .....	99
4.1.6 Antocianinas .....	100
4.1.7 Polifenoles Totales .....	101
4.1.8 Taninos Condensados.....	102
4.1.9 Capacidad Antioxidante (ABTS y DPPH).....	103
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>106</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Taxonomía de la Vid.....	43
Cuadro 2. Composición de la uva por 100 g. ....	44
Cuadro 3 Comparación de las dos variedades.....	71
Cuadro 4. Fertilizaciones Amonites.....	78
Cuadro 5. Fertilización folicular Viñedo Amonites .....	79

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Uva .....	20
Figura 2. Vitis vinifera .....	23
Figura 3. Morfología de la cepa vid .....	24
Figura 4. Sistema radical .....	26
Figura 5. Vid.....	27
Figura 6. Brazos o ramas .....	29
Figura 7. Pámpanos.....	30
Figura 8. Sarmiento .....	30
Figura 9. Pámpano sobre sarmiento.....	31
Figura 10. Hoja.....	33
Figura 11. Zarcillo .....	34
Figura 12. Partes de la vid .....	35
Figura 13. Raíz .....	36
Figura 14. Flor.....	38
Figura 15. Partes de la flor.....	39
Figura 16. Diagrama de la baya.....	42
Figura 17. Principales entidades productoras de variedades de uva para vino.....	53
Figura 18. Fertilización Foliar .....	55
Figura 19. Adherente.....	58
Figura 20. Falta de potasio en la vid .....	59
Figura 21. Carencia de Zinc.....	62
Figura 22. Carencia de Azufre y Cobre .....	63
Figura 23. Carencia de Boro .....	64
Figura 24. Toma de muestra del suelo.....	77
Figura 25. Proceso para Fertilización folicular .....	80
Figura 26. Remojo para desinfección.....	81
Figura 27. Secado de racimos de uvas .....	82
Figura 28. Colorímetro.....	83
Figura 29. Refractómetro Grados Brix .....	85
Figura 30. Formula.....	86
Figura 31. Proceso de Acidez titulable al inicio.....	86
Figura 32. Proceso de Acidez titulable al final .....	87
Figura 33. Tubos de ensayo .....	88
Figura 34. Espectrofotómetro.....	88
Figura 35. Materia para polifenoles.....	89
Figura 36. Centrifugación de las muestras para el análisis.....	90
Figura 37. Efecto de la fertilización potásica sobre el contenido .....	92
Figura 38. Influencia de la fertilización potásica en la firmeza de las uvas.....	93
Figura 39. Comportamiento de la acidez titulable de las uvas.....	94

<b>Figura 40. Efecto de la fertilización potásica en la luminosidad.....</b>	<b>96</b>
<b>Figura 41. Influencia de la fertilización potásica sobre el parámetro cromático a*.....</b>	<b>97</b>
<b>Figura 42. Comportamiento del parámetro cromático b* de acuerdo con el nivel de fertilización potásica.....</b>	<b>98</b>
<b>Figura 43. Efecto de la fertilización potásica sobre el contenido de flavonoides.....</b>	<b>99</b>
<b>Figura 44. Influencia de la fertilización potásica sobre el contenido de antocianinas. ....</b>	<b>100</b>
<b>Figura 45. Contenido de polifenoles en las uvas tratadas con fertilización potásica.....</b>	<b>101</b>
<b>Figura 46. Efecto de la fertilización potásica sobre el contenido de taninos condensados. ....</b>	<b>102</b>
<b>Figura 47. Influencia de la fertilización potásica sobre la capacidad antioxidante, determinada por el método ABTS. ....</b>	<b>103</b>
<b>Figura 48. Efecto de la fertilización potásica sobre la capacidad antioxidante por el método de DPPH.....</b>	<b>104</b>

## RESUMEN

El presente estudio evaluó el efecto de la fertilización potásica en la vid (*Vitis vinifera* L.) y sus propiedades postcosecha en las variedades Malbec y Shiraz, cultivadas en el viñedo Amonites, General Cepeda, Coahuila. Se aplicaron diez tratamientos con distintas fuentes de potasio ( $K_2SO_4$ , KCl,  $KNO_3$ ,  $KH_2PO_4$ ) mediante fertirrigación y aplicación foliar, bajo un diseño experimental en bloques completamente al azar. Se analizaron parámetros fisicoquímicos como sólidos solubles totales ( $^{\circ}$ Brix), firmeza, acidez titulable, color (CIELab), flavonoides, antocianinas, polifenoles, taninos condensados y capacidad antioxidante (ABTS y DPPH).

Los resultados mostraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en la mayoría de los parámetros evaluados. El tratamiento Malbec fila 20 (Mtest) presentó el mayor contenido de sólidos solubles totales (22  $^{\circ}$ Brix), mientras que Shiraz fila 15 (S15) alcanzó la mayor firmeza (9.07 N). En cuanto a compuestos bioactivos, Malbec fila 10 (M10) destaca en polifenoles totales (295.86  $\mu$ L/g CE GA) y Shiraz fila 17 (S17) en capacidad antioxidante DPPH (1140.15  $\mu$ mol/g CE Trolox). No se observaron diferencias significativas en flavonoides ni en componentes de color L, a y b.

Estos resultados confirman que la fertilización potásica mejora la calidad funcional y enológica de la uva, especialmente en parámetros como azúcares, textura y capacidad antioxidante. La variedad Malbec mostró mayor acumulación de polifenoles, mientras que Shiraz respondió mejor en firmeza y capacidad antioxidante. Se concluye que el manejo nutricional con el potasio representa una estrategia viable para optimizar la producción de uvas para la vinificación en regiones semiáridas.

**Palabras clave:** Fertilización potásica, Uva Malbec y Shiraz, parámetros evaluados, viñedo Amonites, *Vitis vinifera* L.

Correos electrónicos:

Tesista: Irham Zaid Valdes Cabrera [irham0002@hotmail.com](mailto:irham0002@hotmail.com)

Asesora principal: Dra. Xochitl Ruelas Chacón [xruelaschacon@gmail.com](mailto:xruelaschacon@gmail.com)

Asesor de campo: Dr. Armando Hernández Pérez  
[hernandez865@hotmail.com](mailto:hernandez865@hotmail.com)

# CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe una gran problemática en la industria vinícola que afecta año con año a la producción de vino, como la Alteración de las condiciones climáticas: inviernos más cortos y menos fríos afectan el ciclo de descanso de la vid, lo que compromete su rendimiento en la siguiente cosecha. Olas de calor y sequías prolongadas reducen la calidad y cantidad de uvas, especialmente en regiones como el Valle de Guadalupe en Baja California. La Gran escasez de agua: La viticultura requiere irrigación constante, pero la disminución de fuentes hídricas y el aumento de la salinidad del suelo dificultan el cultivo; el impacto de la calidad del vino, como cambios en la maduración de las uvas, altera el perfil sensorial del vino (acidez, taninos, aroma). Algunas regiones están migrando hacia variedades más resistentes, lo que puede modificar las características tradicionales del vino (Ciencia y Salud, 2023).

Aunque México no figura entre los principales productores mundiales, su industria vitivinícola ha logrado consolidarse gracias a la resiliencia de sus productores y la riqueza de sus tierras. Durante el periodo colonial, la producción de vino fue restringida por la Corona española para proteger los intereses de los vinos peninsulares, lo que obligó a los viticultores mexicanos a desarrollar técnicas propias y adaptarse a condiciones climáticas desafiantes (Álvarez, 2020).

En México, la vid tiene una historia rica y compleja, desde su introducción por los españoles en el siglo XVI hasta su consolidación como cultivo estratégico. Hoy en día, regiones como Baja California, Coahuila y Querétaro destacan por su calidad y diversidad enológica, siendo Baja

California responsable de más del 70 % de la producción nacional (Consejo Mexicano Vitivinícola, 2023).

Frente a estos retos, los productores han comenzado a implementar estrategias de adaptación como el uso de variedades resistentes, técnicas de riego eficiente y prácticas sostenibles (Van Leeuwen *et al.*, 2019).

El vino mexicano, más que una bebida, es una expresión cultural que refleja la historia, el paisaje y la innovación de quienes lo producen. Su evolución continúa, enfrentando desafíos con creatividad y compromiso y posicionándose como un referente emergente en la vitivinicultura global (Sima, 2024).

La vid, conocida científicamente como *Vitis vinifera L.*, es una planta semileñosa y trepadora que ha sido cultivada por el ser humano desde hace milenios. Su fruto, la uva, es la materia prima para la producción de vino, pasas, jugos y otros productos alimenticios (This, Lacombe, & Thomas, 2006).

En México, la vid tiene una historia rica y compleja, desde su introducción por los españoles en el siglo XVI hasta su consolidación como cultivo estratégico en regiones como Baja California, Coahuila y Querétaro.

La fertilización potásica desempeña un papel fundamental en la vid y es esencial para el crecimiento y el desarrollo de la planta. El potasio no solo favorece la producción y la calidad de la uva, sino que también participa en la respiración, la asimilación de clorofila, el transporte y la acumulación de hidratos de carbono, aumentando el contenido en azúcares y el grado de maduración. Además, el potasio contribuye a la formación de reservas, aumentando la longevidad y la resistencia a la sequía, y es un factor de vigor

y rendimiento. También es un factor de calidad, al aumentar la fotosíntesis, la migración y la acumulación de azúcares en los frutos. Por último, el potasio es un factor de salud de las plantas, facilitando el buen reparto de las reservas entre las distintas partes de la planta y regulando la apertura y cierre de estomas. La carencia de potasio puede causar decoloración de los bordes de las hojas, deshidratación y caída prematura de hoja, lo que puede repercutir en la buena maduración de la uva y el agostamiento del sarmiento (Vidal & Vidal, 2024).

Considerando todo lo anterior expuesto, El presente trabajo tuvo como objetivo principal evaluar el impacto de la fertilización potásica en la composición química de la uva Malbec y Shiraz (*Vitis vinifera* L.).

## **1.1 Justificación**

En la actualidad, México enfrenta serios problemas de sequías y climas extremos, lo cual ha influido bastante en la industria vinícola. Por lo tanto, es necesario el desarrollo de nuevas técnicas de producción de uva y vino que mejoren el proceso.

En 2025, el mercado del vino mexicano mantiene un crecimiento sostenido, con la tasa anual del 3,8% proyectada hasta 2034 (Informes de Expertos, 2025). El consumo per cápita alcanzó 1,3 litros y el 39% del vino consumido es de origen nacional, frente al 10% de hace dos décadas (Consejo Mexicano Vitivinícola, 2025). La superficie cultivada creció un 40 % y ya existen más de 400 bodegas. Aunque Baja California lidera la producción, Coahuila, Querétaro y Guanajuato ganan presencia. El valor del mercado

superó los 4,381 millones de dólares en 2024, impulsado por el enoturismo y el comercio digital

El efecto de la fertilización potásica hacia la vid (*Vitis vinifera* L.) es una técnica de crecimiento dentro del mundo del vino por sus beneficios que aporta. La fertilización potásica nos ayuda a mejorar el contenido de azúcar, reducir la acidez en el mosto, incrementar los polifenoles y antocianos, favorecer la maduración uniforme y mejorar la resistencia de la vid. Esta podría ser una estrategia de aprovechamiento para los viticultores.

Sin embargo, para garantizar el desempeño del producto final, es fundamental estandarizar el proceso de elaboración y evaluar los parámetros de sanidad y calidad del proceso.

## 1.2 Hipótesis

De acuerdo con lo que hemos revisado, podemos establecer las siguientes hipótesis:

**Ho:** Es posible obtener uva Malbec y Shiraz para vino de la vid, a partir de la fertilización potásica con propiedades funcionales y aceptadas por consumidores potenciales.

**Ha:** No es posible obtener uva Malbec y Shiraz para vino de la vid, a partir de la fertilización potásica con propiedades funcionales y aceptadas por consumidores potenciales.

Para poder comprobar la hipótesis planteada, se establecieron los siguientes objetivos.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

Evaluar el impacto de la fertilización potásica en la composición química en la uva Malbec y Shiraz (*Vitis vinifera L.*)

### **1.3.2 Objetivos específicos**

1. Definir cantidades y aplicaciones de la fertilización potásica de acuerdo con un diseño experimental definido en la vid en el viñedo Amonites en General Cepeda, Coahuila, México
2. Evaluar el efecto de la fertilización potásica sobre los parámetros postcosecha de la uva contra un control.
3. Definir y puntualizar el beneficio de la fertilización potásica sobre los parámetros postcosecha de la uva destinada a la producción de vinos.

## CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

### 2.1 Generalidades de la Vid, Uva Malbec y Shiraz

#### 2.1.1 Origen

La uva tiene un origen milenario que se remonta a la región del Cáucaso, ubicada entre Europa y Asia (Fig. 1). Esta zona, rica en diversidad climática y edáfica, permitió el desarrollo de múltiples variedades de *Vitis vinífera* L., especie más común utilizada en la producción de vino (Carvalho, Herrera, Manchester, Jaramillo, & Wing, 2024).



**Figura 1. Uva**

**(Uva, fruta milenaria llena de propiedades saludables, 2025)**

Desde allí, su cultivo se expandió hacia Persia, Egipto, Grecia y Roma, donde adquirió un papel central en la cultura y la religión. Los romanos fueron clave en la difusión de la viticultura por Europa, y durante la Edad Media, los monjes cristianos la conservaron y perfeccionaron en los monasterios (Robles Calderón, Muñoz, & Chirre Flores, 2016).

En México, la uva fue introducida por los españoles en el siglo XV, y hoy se cultiva en más de 17 estados, siendo Sonora el principal productor de uva de mesa, mientras que Baja California lidera la producción de uva para vino (Mc Govern, 2003).

La uva Malbec es originaria del suroeste de Francia, especialmente de la región de Cahors, donde se conoce como Côt o Auxerrois. Fue parte de las mezclas tradicionales de burdeos. La uva Malbec es una uva de piel delgada y necesita más sol y calor que otras variedades para madurar. Su característica más sobresaliente es su color oscuro, su aroma más representativo es a cereza, y en la boca es más suave y dulce. En México, las regiones vinícolas donde la uva Malbec está presente están ubicadas en los estados de Baja California, Guanajuato, Querétaro y Coahuila, principalmente (*Vitis vinifera* Ssp. *vinifera* Cv., 2021).

La uva Shiraz, conocida como Syrah en Francia, tiene su origen confirmado en el Valle del Ródano, aunque existen leyendas que la vinculan con la ciudad persa de Shiraz o con Siracusa en Sicilia. Estudios genéticos han demostrado que proviene del cruce entre Dureza y Mondeuse Blanche, dos variedades francesas. Los vinos con este tipo de uva suelen tener aromas a frutos negros, grosella y frambuesa en un punto de maduración alto. También es posible encontrar notas especiadas intensas como pimienta negra, canela y clavo. La Shiraz ha sido introducida en México

principalmente en regiones cálidas como Baja California, Guanajuato y Coahuila, donde su resistencia al calor y su capacidad para producir vinos intensos y especializados la han hecho atractiva para productores locales (Perea, 2024).

Además de la *Vitis vinífera*, existen varias especies del género *Vitis* que también producen uvas, aunque con características distintas y usos específicos. Estas especies se encuentran principalmente en América del Norte y Asia, y han sido aprovechadas tanto por sus otros frutos como por su resistencia agronómica (Fig. 2).

Entre las más destacadas está *Vitis labrusca*, originaria de América del Norte, conocida por variedades como Concord, utilizadas en la producción de jugos, uvas de mesa y algunos vinos dulces (Rothschuh, 2023). *Vitis riparia*, también norteamericana, se emplea principalmente como portainjerto debido a su resistencia al frío y a ciertas enfermedades. Otra especie notable es *Vitis rotundifolia*, comúnmente llamada muscadina, que se cultiva en el sureste de Estados Unidos para consumo fresco y vinos regionales.

En Asia, *Vitis amurensis* se encuentra en regiones frías de China y Rusia, y ha sido estudiada por su alta tolerancia a bajas temperaturas, lo que hace útil en programas de mejoramientos genéticos (Rothschuh, 2023). Por otro lado, *Vitis aestivalis*, nativa de Estados Unidos, ha sido utilizada en la elaboración de vinos artesanales, aunque su cultivo es menor extendido

México y el sur de Texas son el hábitat natural de *Vitis berlanderi*, una especie valorada por su resistencia a suelos calcáreos, lo que convierte en un porta-injerto ideal en regiones con alta alcalinidad (BASF México, 2022).

Además de estas especies, existen numerosos híbridos creados a partir del cruce entre *Vitis vinífera* y especies americanas, con el objetivo de combinar calidad enológica con resistencias a enfermedades y condiciones climáticas adversas. Ejemplos de estos híbridos incluyen Vidal Blanc, Chambourcin, Baco Noir y Seyval Blanc, que se cultivan en regiones como Canadá, el norte de Estados Unidos y Europa central (Jackson, 2020).



**Figura 2. *Vitis vinifera***  
**(*Vitis Vinifera Ssp. Vinifera Cv., 2025*)**

## 2.2 Morfología Y Taxonomía

### 2.1 Morfología de la Vid (*Vitis vinífera L.*)

La vid es una planta perenne, trepadora, perteneciente a la familia Vitaceae. En viticultura comercial, se compone de dos partes unidas por injertos: el sistema radical (porta injertos, generalmente de especies americanas) y la parte aérea (variedad productiva de *Vitis vinífera L.*). Esta última constituye el tronco, los brazos y los pámpanos que portan las hojas, los racimos y las yemas. La unión entre ambas zonas se realiza a través del punto de injerto. El conjunto es lo que conocemos como el nombre de cepa (Universidad Politécnica de Madrid, 1984).

Es un arbusto sarmentoso (Fig. 3) y trepador, cuyas ramas (sarmientos) se fijan mediante zarcillos, posee raíces verdaderas, que absorben agua y nutrientes del suelo, y raíces adventicias, que pueden desarrollarse superficialmente y contribuyen a la nutrición y fructificación (Keller, 2010).



**Figura 3. Morfología de la cepa vid  
(Pradillo & Pradillo, 2016)**

## 2.2.2 Sistema Radical

Las funciones radicales son:

- Anclaje de la planta al suelo
- Absorción de agua y elementos minerales
- Acumulación de las sustancias de tierra

La raíz de origen seminal en la vid se desarrolla a partir de la radícula de la semilla, formando una raíz principal pivotante, de la cual emergen raíces secundarias y terciarias. Con el tiempo, la raíz principal pierde relevancia, mientras que las secundarias adquieren mayor desarrollo. Este tipo de sistema radical se emplea exclusivamente en mejora genética o en la creación de nuevas variedades. Se origina por diferenciación celular en el periciclo o capa rizogena, principalmente en los nudos del tallo, y se desarrolla mediante estaquillo. Existen dos tipos:

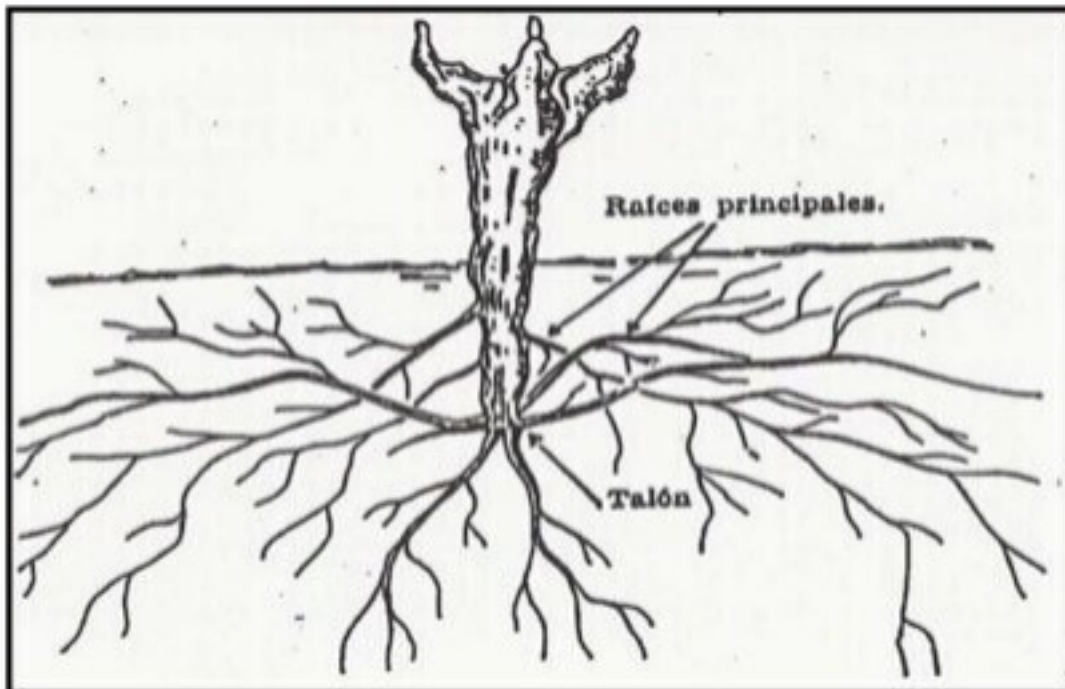
1. Raíces aéreas: Surgen espontáneamente en ambientes tropicales y húmedos o en invernaderos, y pueden aparecer en el tronco, brazos o sarmientos.

2. Raíces subterráneas: Son las más comunes en viticultura comercial. Proceden del porta-injerto enraizado por estaquillado. Inicialmente se forma de 3 a 6 raíces primarias, que exploran el suelo superficialmente.

- El ángulo de geotropismo (formado respecto a la vertical del suelo) es genéticamente determinado.
- A partir de las raíces principales se desarrollan secundarias, terciarias, cuaternarias y finalmente radículas o pelos absorbentes, que se renuevan anualmente.

- Todo el conjunto forma una cabellera radicular, tipo adventicio, fasciculado y ramificado.

El 90% del sistema radical (Fig. 4) se concentra en el primer metro de suelo, especialmente entre los 40 y 60 cm de profundidad, dependiendo de la



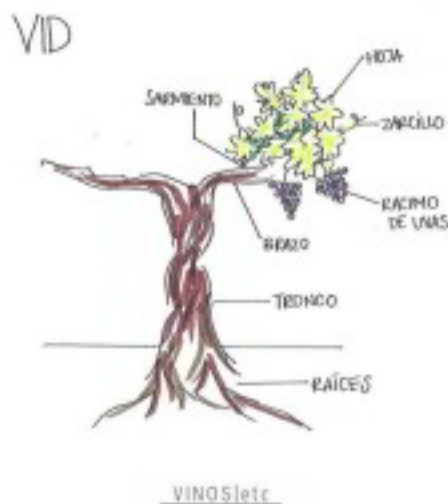
**Figura 4. Sistema radical**  
**(Chauvet M. y Reynier A., 1984)**

especie, marco de plantación, tipo de suelo y manejo agronómico (Universidad Politécnica de Madrid, 1984).

### **2.2.3 Parte área**

La viña en estado espontáneo es una liana, gracias a sus tallos sarmentosos y a sus zarcillas que cuando encuentran un soporte o tutor se enroscan en él y trepan en busca de luz.

La parte aérea (Fig. 5) comprende el tronco, los brazos o ramas y los brotes, denominados pámpanos (Universidad Politécnica de Madrid, 1984).



**Figura 5. Vid**  
**(Frankalvarezucr, 2020)**

#### **2.2.4 Tronco**

El tronco de la vid (Fig. 6) varía en altura y forma según el sistema de formación y la poda. Su altura oscila entre 0.0 m (como en el vaso manchego) y 2.0 m (como en el parral), con un diámetro entre 0.10 y 0.30 m. tiene un aspecto retorcido, agrietado y sinuoso, recubierto por una corteza que se desprende en tiras.

Anatómicamente, esta corteza está formada por varias capas celulares: periciclo, líber, súber, parénquima cortical y epidermis, que en conjunto se denomina ritidoma. El ritidoma se renueva cada año gracias al felógeno, una capa generada por diferencias celulares del periciclo a partir de agosto. El felógeno produce súber hacia el exterior y felodermis hacia el interior,

aislando los tejidos externos como tejido muerto. Las funciones del tronco son almacenamiento de sustancias de reserva, sujeción de brazos y pámpanos, conducción de agua y savia (Universidad Politécnica de Madrid, 1984).

### **2.2.5 Brazos o Ramas**

Son los encargados de conducir los nutrientes y repartir la vegetación y los frutos en el espacio. Al igual que el tronco, también están recubiertos de una corteza. Los brazos portan tallos del año, denominados pámpanos cuando son herbáceos y sarmientos cuando están lignificados (Universidad Politécnica de Madrid, 1984).

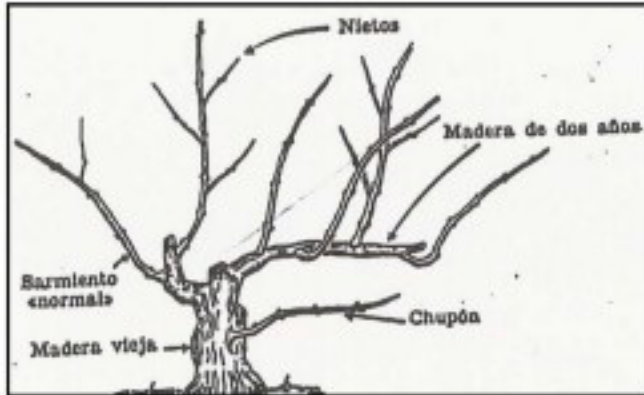
La madera de la vid se clasifica según su edad y función:

**Madera del año:** Constituye el pámpano o sarmiento, desde que brota la yema hasta la caída de la hoja.

**Madera de 1 año:** Corresponde a los sarmientos desde la caída de la hoja hasta el desarrollo de las yemas. Abarca todo el periodo de reposo invernal.

**Madera de 2 años:** Después de la brotación de las yemas, entra en su segundo periodo de crecimiento. Soporta los pámpanos y sarmientos normales.

**Madera vieja:** Son los tallos con más de 2 años de edad. (Alleweldt & Spiegel-Roy, 1991).



**Figura 6. Brazos o ramas**  
**(Chauvet M. y Reynier A., 1984)**

### **2.2.6 Pámpano o Sarmiento**

Los pámpanos (Fig.7) son los frágiles brotes que salen de las yemas de la vid, desempeñando un trabajo importante para el crecimiento y desarrollo. Esos brotes son los responsables de producir los racimos de uva, lo cual hace que su manejo adecuado sea importante para obtener una cosecha exitosa. Por la otra parte, los sarmientos (Fig. 8) son los tejidos más duros, marrones, deshidratados, y con acumulación de reservas, para dejar la idea clara el pámpano y el sarmiento son el mismo brote, pero en distintas etapas del ciclo de la vid. Al comenzar el ciclo de la vid, la vid bota y larga pámpanos y en el ciclo ocurren cambios físicos y químicos que le dan un aspecto más robusto y acorazado, a eso se le llama sarmiento (Fig. 9) (Silvetti, 2024).



**Figura 7. Pámpanos**  
**(Silvetti, 2024)**



**Figura 8. Sarmiento**  
**(Silvetti, 2024)**



**Figura 9. Pámpano sobre sarmiento  
(Silvetti, 2024)**

**Nudo:** Es un ensanchamiento del pámpano o sarmiento donde se insertan las hojas, zarcillos, yemas e inflorescencia. Representa un punto clave porque en él se desarrolla la función vegetativa y reproductiva (Diego Mesa, 2025).

**Entrenudo:** zonas de dos nudos consecutivos. Su longitud varía de 1-20 cm y la posición del pámpano y el vigor de la variedad (Pouget, 1981).

**La madera de la vid puede ser:**

**Madera vieja:** 2 años o más mucha sustancia de reserva para soportar el invierno.

**Madera joven:** Menos de 2 años (son los pulgares o pitones, los brazos o varas).

**Madera del año:** Se forma ese mismo año que son los pámpanos, los nietos y los chupones. Esta se va cada año (Universidad Complutense de Madrid, 2019).

### **2.2.7 Hojas**

Las hojas (Fig. 10) dependen del tipo o variedad de la vid, pero en su conjunto, las hojas son alternas, dentadas, acorazonadas, palmatinervias (se refiere a que si le das la vuelta a la hoja se ven las inervaciones, que es donde va la sabia elaborada) (Universidad Complutense de Madrid, 2019). Las hojas son las encargadas de llevar a cabo la transformación de la energía solar en energía almacenable como azúcares, proceso comúnmente llamado fotosíntesis. Además, cumple un rol importante en la respiración y en la temperatura de la planta. En la producción de vino las hojas más importantes son las dos o tres primeras al racimo pues son las que proveerán a las bayas del racimo de azúcar para madurar, sin esas hojas la acumulación de azúcar en los frutos sería más lenta y atrasaría la cosecha (Vinetur, 2017). Tienen forma acorazada y dividida en 3-7 lóbulos (Zhou, Zhang, Liu, & Zhao, 2011).



**Figura 10. Hoja**  
**(Alexfiodorov, 2025)**

### **2.2.8 Zarcillos**

El zarcillo (Fig. 11) es la ramificación delgada de la vid que tiene que enrollarse en otras ramas. Este fenómeno sucede para el crecimiento y la estabilidad de las vides, permitiendo que las plantas se apoyen y se desarrollen adecuadamente, lo cual es importante para la producción de uvas de gran calidad y la elaboración de vinos excepcionales (Pratt, 1974)



**Figura 11. Zarcillo**  
**(Bodegasarzuaga, 2024)**

### **2.2.9 Yemas**

Las yemas son las estructuras vegetativas y reductivas fundamentales en la morfología de la vid. Se localizan en los nudos del sarmiento y están compuestas por florales, hojas embrionarias y tejidos meristemáticos (Fig. 12) que dan origen a nuevos brotes, inflorescencia y racimos en el siguiente ciclo de la vid (Monteiro, Malheiro, & Bacelar, 2021).

#### **Clasificación funcional de las yemas:**

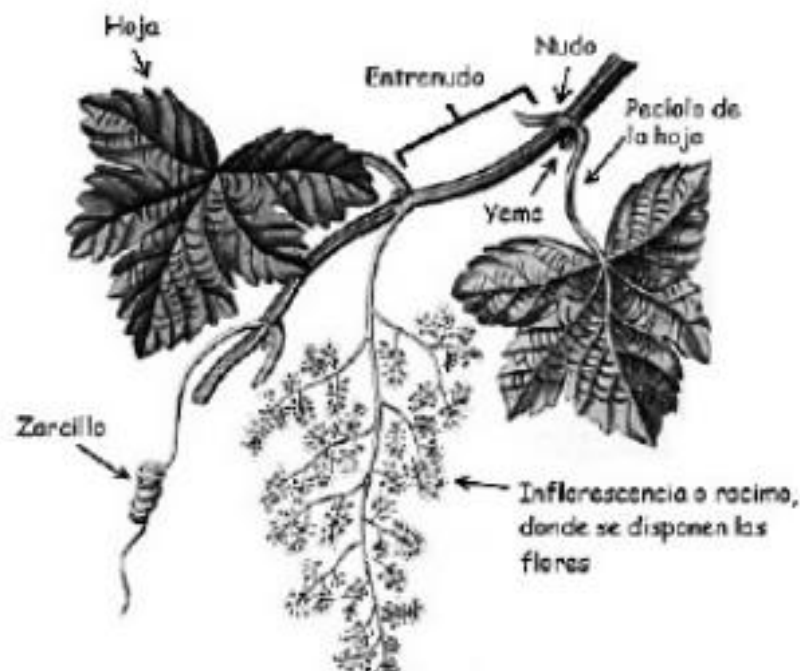
**Yemas primarias:** son las más importantes porque contienen las primeras florales y generan los brotes que forman los racimos y están protegidas por escamas que están ubicadas en la madera del año anterior (Keller, 2015).

**Yemas prontas:** Crecen en el mismo año de su formación. Son responsables del crecimiento vegetativo inmediato y pueden generar brotes secundarios y son menos productivos (Universidad Complutense de Madrid, 2019).

**Yemas latentes:** Estas permanecen durante varios años inactivas y se activan en caso de pérdida de brotes principales por poda o daño; su capacidad productiva es menor y son esenciales para la regeneración de la planta (Keller, 2015).

**Yemas casqueras:** Estas se encuentran en la base de los sarmientos y suelen ser menos fértiles; su activación depende de factores climáticos y prácticas de manejo de la planta (Universidad Complutense de Madrid, 2019).

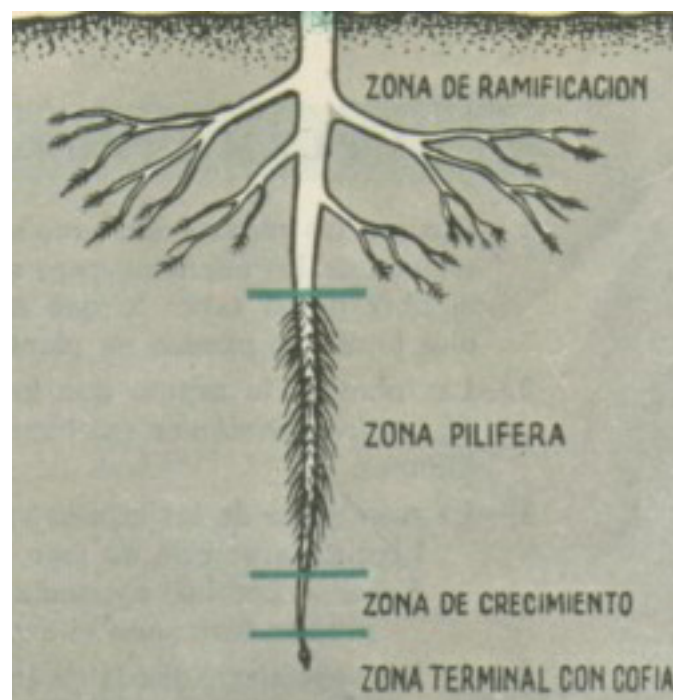
El número de yemas es muy variable ya que depende de diversos factores tales como biológicos, climáticos (temperatura y horas de luz), técnicas de cultivo, la poda... abono, etc. (Universidad Complutense de Madrid, 2019).



**Figura 12. Partes de la vid**  
(Universidad Complutense de Madrid, 2019).

## 2.2.10 Raíces

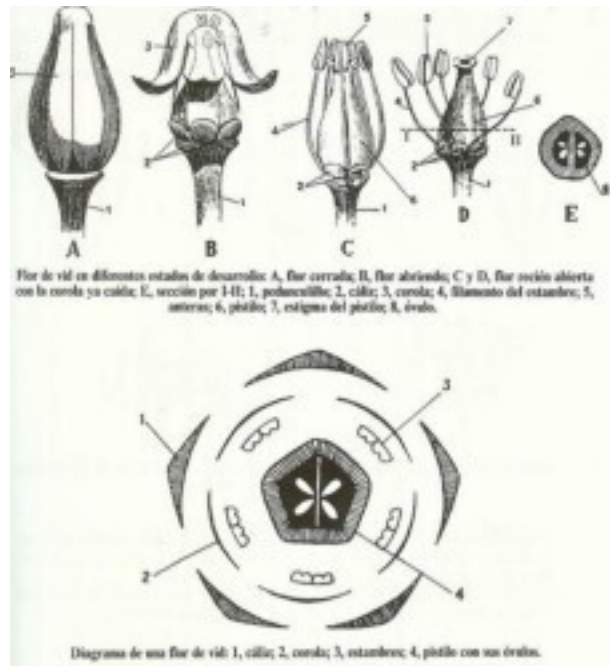
Las raíces (Fig. 13) de la vid cumplen un rol significativo a la hora de nutrir la planta con agua, nutrientes minerales, como nitrógeno, fósforo, potasio y otros macronutrientes fundamentales para la existencia de la planta. Dependiendo del suelo y de las condiciones climáticas, puede llegar a medir hasta 50 cm y 6 metros. El sistema radical de la vid se compone de raíces viejas, encargadas del sostén y transporte, y de raicillas jóvenes, responsables de la absorción de nutrientes. Estas últimas se regeneran cada año y son muy sensibles a condiciones extremas de salinidad y sequía (Vinetur, 2017).



**Figura 13. Raíz**  
**(Vinetur, 2017)**

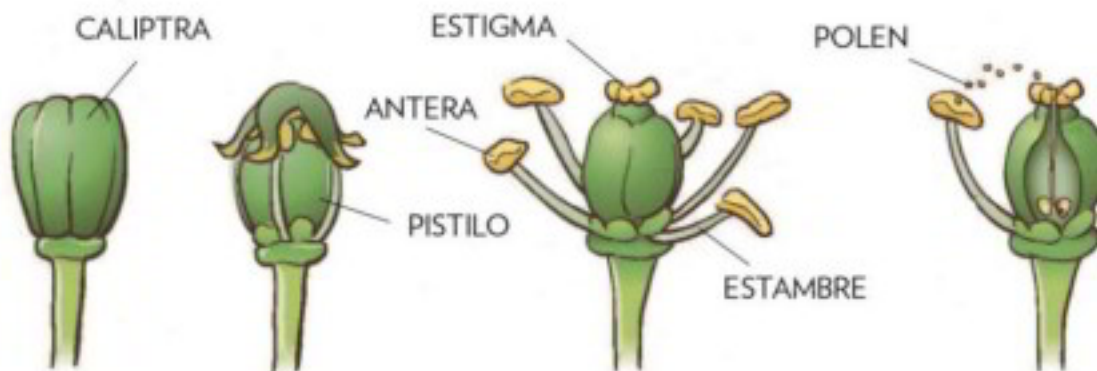
### 2.2.11 La Inflorescencia y Flor

A diferencia de otras especies frutales, la vid (*Vitis vinífera*) no produce flores individuales, sino inflorescencias en forma de racimos compuestos por múltiples flores. Estas estructuras se encuentran parcialmente desarrolladas dentro de las yemas antes del brote y florecen a mediados de primavera. La polinización, generalmente autogama debido al carácter hermafrodita de la especie, puede verse afectada por factores como falta de frío invernal, sequía o exceso de calor, lo que puede provocar racimos incompletos o corridos. Tras la polinización, cada flor (Fig. 14) da origen a una baya, cuyo desarrollo ocurre en dos fases: primero por multiplicación celular y luego por elongación celular mediante absorción de agua. Este proceso está regulado por hormonas de crecimiento liberadas por el embrión. Las etapas florales incluyen: flor cerrada, anthesis (apertura) y flor abierta, donde se distinguen las estructuras sexuales masculinas y femeninas. El racimo de la vid, originario a partir de la inflorescencia, está compuesto por dos tipos de tejido al alcanzar la madurez: por un lado, las bayas, que son los frutos desarrollados a partir de cada flor individual y, por otro lado, el raspón o raquis una estructura vegetal de color verde que actúa como el esqueleto del racimo, sostenido y conectando las bayas entre sí (Vinetur, 2017).



**Figura 14. Flor  
(Vinetur, 2017).**

Las partes de la flor (Fig. 15) son el pedúnculo, cáliz, corola, cinco estambres y el pistilo. Los estambres son los que forman el polen que llevan a las células que fecundarán los óvulos que se formarán en el interior del pistilo. Después el polen cae sobre la boca del pistilo, el estigma, y emite los tubos polínicos, por lo cual bajan las células reproductoras hasta los óvulos donde se produce la fecundación. Para esto se desarrolla todo un conjunto de procesos bioquímicos que llevan al inicio de la formación del grano de uva (DOP Pla i Llevant, 2023).



**Figura 15. Partes de la flor  
(DOP Pla i Llevant, 2023)**

### 2.2.12 El Racimo y La Uva

El racimo es la inflorescencia fecundada de la vid, donde cada uva transforma una baya o uva, donde la función es asegurar la reproducción sexual de la planta. Las uvas se juntan en racimos de forma cónica invertida, con variabilidad en compacidad de forma y color, así permite la identificación de la variedad.

El racimo está compuesto por el escobajo y las uvas adheridas a él y presenta dos zonas morfológicas:

Hombros: Parte más ancha y cercana al sarmiento.

Punta: Zona con bayas menos maduras y mayor acumulación de residuos fitosanitarios.

Durante el aclareo, se suele eliminar la punta para mejorar la calidad del fruto. Además, los racimos inferiores del sarmiento suelen ser más grandes y maduros que los otros, por lo que estos últimos se eliminan preferentemente para optimizar la producción. (Fasoli, Dal Santo, Zenoni, *et al.*, 2014).

La uva es el fruto de la (*Vitis vinifera* L.), es el resultado del gineceo tras la fecundación de los óvulos. Los demás órganos florales desaparecen durante la transformación, dejando como estructura final una baya de forma esférica u ovulada, con una medida promedio de 12 a 18 mm (Rubio Cano, 2002).

Las partes de la uva son: (Fig. 16).

### **1. Pincel**

El pincel es la prolongación de los vasos conductores que conectan el pedicelo con el interior de la baya; su desprendimiento es fácil y deseable en la vendimia mecánica, para evitar daños en la pulpa (Benito Acebes, 2014).

### **2. Hollejo (Epicarpio)**

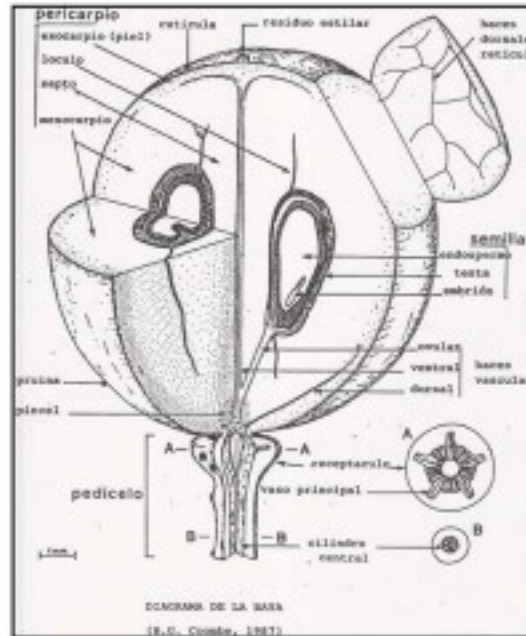
El hollejo es la capa externa de la baya; está compuesto por varias capas celulares y presenta una capa cerosa hidrófoba llamada pruina, que actúa como barrera protectora y como reservorio de levaduras autóctonas del viñedo (Dop Pla i Llevant, 2023). En las variedades tintas, el hollejo contiene antocianinas y taninos nobles, responsables del color y perfil sensorial del vino. El color del hollejo varía del estado fenológico: verde en fase herbácea y amarillo, rosado o violáceo tras el envero, dependiendo de la variedad (Rubio Cano, 2002).

### **3. Pulpa (Mesocarpio)**

La pulpa es prácticamente la mayor parte de la baya. Es translúcida en la mayoría de las variedades; es donde se acumulan las antocianinas. La pulpa es rica en agua, azúcares (glucosa y fructosa), ácidos orgánicos (málico y tartárico), también aromas y compuestos volátiles que definen la calidad del mosto (Benito Acebes, 2014).

### **4. Pepitas (Endocarpio)**

Las pepitas son las semillas de la uva, derivadas de los óvulos fecundados. Generalmente entre 0 a 4 por baya, están envueltas por el endocarpio, y contienen aceites y taninos duros, cuya extracción durante la molienda debe retirarse, ya que aportan astringencia excesiva al vino (Rubio Cano, 2002). Las bayas sin semillas se les denominan apirenas y son muy comunes en variedades de mesa.



**Figura 16. Diagrama de la baya  
(B.G. Coombe, 1987)**

## 2.3 Taxonomía

En el contexto de la botánica sistemática, *Vitis vinifera* L. se clasifica taxonómicamente dentro del reino Plantae, división Magnoliophyta, clase Magnoliopsida, orden Vitales, familia Vitaceae, subfamilia Vitoideae, tribu Viteae, género *Vitis*, subgénero *Euvinis*, y especie *Vitis vinifera* L. Esta especie, descrita originalmente por Linneo en 1753, constituye la base genética y agronómica de la viticultura moderna, siendo la más cultivada para la producción de vino, uvas de mesa y pasas. Su clasificación ha sido confirmada por el sistema APG IV, el cual integra criterios filogenéticos basados en análisis moleculares y morfológicos, (Miranda, 2021). La clasificación taxonómica se muestra en el cuadro 1:

**Cuadro 1 Taxonomía de la Vid**

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta (Angiospermae)
Clase	Magnoliopsida (Dicotyledoneae)
Orden	Vitales
Familia	Vitaceae
Género	<i>Vitis</i>
Subgénero	<i>Euvitis</i>
Especie	<i>Vitis vinifera L.</i>

**Fuente:** Colaboradores de Wikipedia, 2025.

## 2.4 Composición Nutricional

Las composiciones de las uvas pueden variar ligeramente según se trate de uvas blancas o tintas; en general, el aporte de hidratos de carbono es mayor que en otras frutas, por eso nos da demasiada energía. Pues estos hidratos de carbono de fácil asimilación como la glucosa y la fructosa (Fundación Española de la Nutrición, 2013). Las uvas son ricas en compuestos fenólicos como resveratrol, quercetina, antocianos y flavonoides, localizados

principalmente en el hollejo, pulpa, semillas, que contribuyen a su valor antioxidante y potencial beneficio a la salud humana (Steemit, FEN, 2020).

La composición de los distintos nutrientes de la Uva para vinificación se muestra en el cuadro 2; esta composición varía dependiendo del manejo, el riego, la fertilización de la vid (*Vitis vinífera*) Y cualquier otro procedimiento para mejora de la uva.

**Cuadro 2. Composición de la uva por 100 g.**

Componente	Cantidad	Unidad	Observaciones
Agua	80,5	g	Principal componente, favorece hidratación
Carbohidratos totales	18,1	g	Glucosa y fructosa; clave para fermentación
Azúcares	15,5	g	Azúcares fermentables
Fibra	0,9	g	Presente en hollejo
Proteínas	0,72	g	Bajo contenido
Lípidos	0,16	g	Incluye ácidos grasos insaturados
Calcio	10	mg	Mineral estructural
Hierro	0,36	mg	Oligoelemento
Magnesio	7	mg	Cofactor enzimático
Fósforo	20	mg	Importante en metabolismo energético
Potasio	191	mg	Regula presión osmótica y actividad celular
Sodio	2	mg	Muy bajo

Zinc	0,07	mg	Participa en síntesis de proteínas
Vitamina C	3,2	mg	Antioxidante natural
Vitamina B1 (Tiamina)	0,069	mg	Metabolismo de carbohidratos
Vitamina B2 (Riboflavina)	0,070	mg	Salud celular
Vitamina B3 (Niacina)	0,188	mg	Energía celular
Vitamina B6	0,086	mg	Metabolismo de aminoácidos
Vitamina E	0,19	mg	Protección lipídica
Vitamina A	3	µg	Salud visual y celular
Vitamina K	14,6	µg	Coagulación sanguínea

**Fuente:** Capp, 2020.

## 2.5 Composición Química

La uva de la vid *Vitis vinifera*, especie cultivada para vino, presenta una composición química compleja que varía según el cultivar, el estado de maduración, las condiciones agroclimáticas y la composición previamente mencionada en el apartado nutricional. Estos compuestos se distribuyen de manera diferencial en la pulpa, el hollejo y las semillas, y se determinan las características organolépticas, nutricionales y tecnológicas del vino.

Los azúcares predominantes en la pulpa son la glucosa y fructosa que representan más del 95% de los azúcares totales. Estos son fermentables y constituyen la base para la producción de etanol durante la fermentación alcohólica para hacer el vino (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006). Su

concentración aumenta con la maduración y está va de la mano con el grado alcohólico potencial del vino.

Los ácidos orgánicos más relevantes son el ácido tartárico y el ácido málico. El primero es característico de la uva y contribuye a la estabilidad química y microbiológica del vino. Por otra parte, el ácido málico disminuye durante la maduración y puede transformarse en ácido láctico mediante la fermentación maloláctica, suavizando la acidez en el vino (Jackson, 2014).

Los compuestos fenólicos, que se encuentran en el hollejo y las semillas, son principales y fundamentales para el color, la astringencia, el cuerpo y la capacidad antioxidante del vino. Entre ellos también destacan los flavonoides como los antocianos (responsables del color del vino tinto), los flavonoles (como la quercetina) y los taninos condensados. Pero también se encuentran compuestos no flavonoles como ácidos fenólicos (ácido cafeico, p-cumárico) y estilbenos, conocidos por sus propiedades cardioprotectoras (Capp, Waterhouse *et al.*, 2016).

En cuanto a los compuestos aromáticos, las variedades aromáticas de *Vitis vinifera* contienen terpenos como el linanol y el geraniol ellos aportan notas florales y cítricas. También se identifican norisoprenoides derivados de carotenoides, como la  $\beta$ -damascenona, y metoxipirazinas, responsables de aromas herbáceos en variedades como Cabernet Sauvignon (Jackson, 2014).

Por último, los minerales como potasio, calcio y magnesio influyen en el pH y la estabilidad del vino, mientras que los compuestos nitrogenados (aminoácidos, péptidos) actúan como precursores de aromas durante la

fermentación y afectan a la cinética fermentativa (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006).

## **2.6 Variedades de Uva para Vinificación**

El conocimiento de las principales variedades de uva en el mundo también conocidas como varietales es esencial para comprender la evolución histórica y geográfica de la viticultura. Muchas de estas uvas tienen un origen ancestral, con rutas que se remontan al Medio Oriente y que, a través de civilizaciones como las del Líbano, Grecia, Croacia, Italia y Francia, llegaron a España. Un ejemplo emblemático es la uva Syrah (también conocida como Shiraz o Sirah), cuyo nombre se asocia con la ciudad de Shiraz en Irán.

La viticultura se desarrolla principalmente en dos zonas geográficas conocidas como las franjas del vino, que corresponden a:

La franja norte: entre las latitudes 30° y 50°.

La franja sur: entre las latitudes 30° y 40°.

Estas franjas forman cinturones alrededor del planeta que atraviesan los países productores de vino, cada uno con condiciones climáticas ideales para el cultivo de ciertas variedades. En este contexto, se distinguen dos tipos de uvas:

Autóctonas: originarias de un país específico.

Insignias: variedades introducidas que han demostrado una adaptación sobresaliente (Martínez de Toda & Sancha, 1997).

Variedades Universales

Tres varietales se cultivan prácticamente en todos los países productores:

- Cabernet Sauvignon
- Merlot
- Chardonnay

Estas uvas se consideran universales por su amplia distribución y aceptación global.

### **Variedades Representativas por País**

En la franja norte, se encuentran los países tradicionalmente vitivinícolas:

**Portugal:** destaca la uva autóctona Touriga Nacional, utilizada en la elaboración de vinos de Oporto.

**España:** posee tres uvas autóctonas emblemáticas: Tempranillo, Garnacha y Palomino, fundamentales en regiones como Rioja y Jerez.

**Francia:** aporta numerosas variedades nobles, incluyendo las tres universales, además de Pinot Noir, Syrah y Sauvignon Blanc.

**Alemania:** reconocida por sus vinos blancos elaborados con Riesling y Gewürztraminer.

**Hungría:** famosa por la uva Furmint, base de los vinos de Tokaj.

**Canadá:** cultiva la uva Vidal, utilizada en la producción de Icewine.

**Estados Unidos:** su uva insignia es la Zinfandel, conocida por su complejidad aromática.

**México:** ha desarrollado con éxito variedades como Nebbiolo y Shiraz, reconocidas internacionalmente.

**China:** cultiva Cabernet Sauvignon en la región de Shandong.

**Japón:** destaca la uva autóctona Koshu, de pigmentación rosada.

En la franja sur, se encuentran países con enfoques modernos en la producción de vino:

**Argentina:** sobresale con su uva insignia Malbec, de gran expresión varietal.

**Chile:** ha recuperado y desarrollado la Carmenère, de tonalidades carmín intensas.

**Uruguay:** se distingue por la Tannat, de alta carga tánica.

**Sudáfrica:** cultiva la autóctona Pinotage, típica de la región cercana a Ciudad del Cabo.

**Australia:** ha perfeccionado la producción de Shiraz.

**Nueva Zelanda:** reconocida por la expresión aromática de su Sauvignon Blanc.

La especie *Vitis vinífera* L. tiene más de 10.000 variedades registradas, pero solo 30 variedades concentran la mayor parte de la superficie global (Robinson, Harding, & Vouillamoz, 2012). Cada una de estas variedades cultivadas posee características biológicas únicas, como el tamaño y forma de la uva, la piel, la acidez, el contenido de azúcar y otros componentes químicos que determinan el sabor, el grado alcohólico, la acidez, los taninos y los aromas organolépticos de un vino (Jackson, 2020). Estas son algunas de las variedades que más destacan.

**Uvas Tintas:**

**Cabernet Sauvignon:** originario de Francia y está presente en todos los continentes, aporta estructura y longevidad.

**Merlot:** originario de Francia, se caracteriza por su suavidad, aroma muy frutal y es ampliamente cultivado.

**Tempranillo:** origen de España, su base está en la Rioja y la Ribera del Duero.

**Syrah/Shiraz:** origen de Francia/Australia especial para vinos especiados y potentes.

**Pinot Noir:** el origen de Francia es una uva muy delicada e ideal para climas fríos.

**Malbec:** origen de Francia/Argentina es emblemático de Mendoza y con una gran carga de taninos y color.

**Sangiovese:** el origen de Italia es la base del Chianti, con muy buena acidez.

**Zinfandel:** origen de EE. UU. EE. UU./Croacia utilizada para vinos intensos y dulces.

**Carmenere:** origen de Francia/Chile fue redescubierta en Chile, con notas muy herbales y frutales.

**Nebbiolo:** origen de Italia, una intensidad de taninos alta y una acidez alta.

**Garnacha o Grenache:** origen de España, se usa como componente de mezcla agregando un poco de cuerpo y dulzor.

**Cariñena o Carignan:** se caracteriza por su intensidad de color, taninos medios, una elevada acidez y una gran complejidad de sabor.

## **Uvas Blancas:**

**Chardonnay:** origen Francia, es una uva muy versátil y es usada en vinos tranquilos y espumosos.

**Sauvignon Blanc:** origen de Francia/Nueva Zelanda, una variedad muy aromática y fresca.

**Riesling:** origen de Alemania, contiene una alta acidez y es ideal para vinos dulces y secos.

**Gewürztraminer:** origen de Alemania/Alsacia, muy aromática, con notas florales y especiadas.

**Albariño:** origen de España/Portugal necesita un clima frío y húmedo, especial para vinos ácidos con aromas frutales.

**Moscatel (Moscato):** origen España, utilizado para vinos muy aromáticos y con alta graduación alcohólica.

**Verdejo:** origen de España, utilizado para vinos jóvenes (Top Vimun ,2020).

Aunque la vid no es nativa de México, diversas variedades se han adaptado muy bien en regiones vinícolas, como Baja California, Coahuila, Querétaro, Guanajuato, Aguascalientes y Chihuahua.

## **Variedades que se han adaptado más en México.**

En México se cultivan 80 variedades aproximadamente (Fig. 17), el 50% son destinadas para ser vino, en la última década el consumo de vino mexicano creció un 20%, esto se debe al mejoramiento en las variedades de uva e

innovaciones tecnológicas han permitido un incremento en la productividad y rendimiento del sector (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2022).

### **Uvas tintas en México**

**Nebbiolo:** se ha adaptado especialmente en Baja California.

**Tempranillo:** muy cultivado en el valle de Guadalupe y Querétaro.

**Malbec:** con expresión elegante en Querétaro y Parras, Coahuila.

**Cabernet sauvignon:** ampliamente plantada en el norte del país.

**Merlot y Petite Sirah:** presentes en Guanajuato y Aguascalientes.

**Syrah/Shiraz:** muy exitosa en el valle de Santo Tomás y valle de Parras.

**Grenache (Garnacha):** utilizada para rosados en varias regiones

### **Uvas blancas en México**

**Chardonnay:** cultivada en Coahuila, Baja California y Querétaro.

**Sauvignon Blanc:** presente en Querétaro y Guanajuato.

**Viognier y Chemin Blanc:** utilizados para blancos frescos y espumosos.

**Moscatel y sémillon:** en menor escala, pero con buenos resultados.



**Figura 17. Principales entidades productoras de variedades de uva para vino**  
(Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2022).

## 2.7 Fertilización Folicular

La fertilización foliar en la vid (*Vitis vinifera* L.) es una técnica parecida al abonado tradicional que consiste en aplicar nutrientes directamente en las hojas, obteniendo una absorción rápida y localizada. Es especialmente útil en momentos críticos del ciclo vegetativo o cuando existen limitaciones en las absorciones radiculares, como en casos de suelos alcalinos, compactados o con deficiencias específicas (Wikifarmer Editorial Team, 2025).

La clave de la fertilización foliar se basa en la función de las estomas; estos permiten que la absorción sea directa de nutrientes aplicados en forma líquida sobre las hojas. Al facilitar una nutrición rápida y localizada, la fertilización foliar contribuye a mejorar la productividad del cultivo sin comprometer el equilibrio ambiental (Havlin, Tisdale, Nelson, & Beaton, 2014).

### **Beneficios de la fertilización foliar**

Uno de los mejores beneficios de la fertilización foliar es la rapidez con la que los nutrientes pueden ser absorbidos por las plantas. A gran diferencia de los fertilizantes para el suelo, cuya disponibilidad puede verse afectada por interacciones en el suelo y su microbiota, la aplicación foliar ayuda a llegar más rápido los nutrientes, lo cual es crucial en momentos de desarrollo de la floración y la formación de frutos donde la demanda de los nutrientes es muy alta. Otro aspecto positivo es lo fácil que es la técnica; la fertilización se puede adaptar a diferentes cultivos y condiciones. Un ejemplo claro es cuando el cultivo presenta deficiencia de nutrientes, los agricultores pueden intervenir rápido con aplicaciones rápidas y sencillas que corrijan esa deficiencia de nutrientes antes de perder la cosecha, lo cual la fertilización foliar no es una herramienta, es un medio preventivo y rápido para la salud de la planta (Facultad de Ciencias Agropecuarias – UNJBG, 2012).

Por otra parte, la fertilización contribuye a una agricultura más sostenible al reducir las pérdidas por escorrentía y lixiviación. Estas se encuentran por fertilizaciones por riego, al suministrar nutrientes de forma precisa y oportuna, se disminuye el uso total de fertilizantes, lo cual reduce los costos y minimiza el impacto ambiental. Lo cual beneficia a todos porque mejora la productividad y no daña el ambiente (Herrera, 2025).

## ¿Cómo se aplica la fertilización foliar?

Uno de los principales factores más importantes en este tipo de fertilización es crear un plan adecuado con fechas y cantidades para el ciclo de la cosecha, también para que el fertilizante foliar (Fig. 18) haga más efecto se recomienda que se fertilice en la mañana cuando la planta apenas va despertando ósea a las 7-8 am y que el clima sea adecuado no lluvia, no viento, no polvo ni tierra para que la fertilización sea más correcta y para hacer un mejor trabajo observar si la planta no tiene deficiencias de nutrientes para eso es el plan con cantidades y fechas para que la planta siempre se encuentre en buen estado, hay que tener equipo especial para fertilizar ya sea mecánico o manual que produzcan gotas finas permitiendo una cobertura uniforme de las hojas y por otro caso podemos agregar a esos fertilizantes un adherente para que pegue y sea más eficiente en la absorción (García-Mina, 1996).



**Figura 18. Fertilización Foliar**  
**(Crespo, 2025)**

### **2.7.1 Sulfato de Potasio ( $K_2SO_4$ )**

El sulfato de potasio es una fuente eficiente de potasio (K) para la vid, especialmente para la producción donde se mejora la calidad del fruto sin incrementar la salinidad en el suelo. A diferencia de otro tipo de potasio como el cloruro, el sulfato no aporta cloruros, lo cual es una mejor opción para suelos sensibles o cultivos destinados a vinos de calidad (Vidal & Vidal, 2024).

El potasio desempeña muy bien las funciones fisiológicas claves para la vid, incluyendo la regulación de aperturas estomáticas, la activación enzimática, el transporte de azúcares y la síntesis de compuestos fenólicos. Su influencia en los grados Brix, la acidez titulable y el pH en el mosto lo convierte en un elemento esencial para la calidad enológica del vino (Puerto Guerrero *et al.*, 2014). Además, el potasio contribuye a la resistencia de la planta frente al estrés hídrico, al mejorar la eficiencia en el uso del agua.

La aplicación del sulfato de potasio generalmente oscila entre 150/200 kg/ha por ciclo, mediante análisis foliar, en la etapa de envero o maduración, las aplicaciones foliares pueden potenciar la acumulación de azúcares y mejorar la relación azúcar/acidez en las uvas (Sentís *et al.*, 2004).

### **2.7.2 Cloruro de Potasio (KCl)**

El cloruro de potasio (KCl) es utilizada en la agricultura por su solubilidad y bajo costo, sin embargo, el uso de KCl en la viticultura tiene ciertas precauciones, por su índice de cloruros que afectan al suelo y a la absorción de nutrientes, pero el KCl se recomienda usar en suelos bien drenados, con

baja sensibilidad al cloro, y en etapas vegetativas donde el riesgo de acumulación es menor (Vidal & Vidal, 2024).

### **2.7.3 Nitrato de Potasio ( $\text{KNO}_3$ )**

El nitrato de potasio ( $\text{KNO}_3$ ) es un fertilizante soluble que aporta macronutrientes esenciales, en la viticultura es usado especialmente para sistemas de riego y en suelos sensibles al cloro ya que no tiene cloruros ni sodio, este se puede encontrar granulado o en polvo y ayuda a la absorción rápida y directa, mayor desarrollo vegetal, resistencia a las enfermedades, al estrés y mejora la calidad y la cantidad de la cosecha además, es de acción rápida en carencias de potasio o nitrógeno (Havlin, Tisdale, Nelson, & Beaton, 2014).

### **2.7.4 Fosfato Monopotásico ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ )**

El fosfato monopotásico ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) es un fertilizante soluble que aporta nutrientes para el desarrollo de la vid, fósforo (P) y potasio (K). Su aplicación por riego como foliar resulta especial y eficaz para etapas críticas como la floración, cuajado y maduración, donde la demanda es alta en esas etapas.

El fósforo desempeña la formación de raíces, la transferencia de energía (ATP) y la inducción floral, lo que mejora la absorción de agua y nutrientes especialmente en suelos pobres o con limitaciones, por su parte el potasio regula la apertura estomática, mejora la translocación de azúcares hacia los racimos y contribuye a la síntesis de compuestos fenólicos que influye en la calidad enológica de la uva (Marschner, 2012).

Además, su rápida absorción permite una respuesta fisiológica eficiente cuando es de forma foliar (Fernández & Brown, 2013).

### 2.7.5 Adherente (Codadhex Pg)

Producto de triple acción: adhesiva + humectante + surfactante (Fig. 19), cuando se agrega a agroquímicos, permite la aceleración de la penetración del agroquímico en la capa superficial, facilitando su efecto (Fernández & Brown, 2013).



**Figura 19. Adherente**  
**(Valdes I., 2025)**

## 2.8 Fertirrigación

La fertirrigación es una técnica en la cual suministramos fertilizantes a través del riego, así las plantas reciben simultáneamente los nutrientes y el aparato hídrico necesarios para el ciclo de la vida. Esta técnica implica disolver fertilizantes en el agua para regar con ella a través de un sistema de riego

(por goteo) el más recomendado, con cual es posible mejorar la absorción de nutrientes que reciben la vid (Fig. 20).

Lo que debemos de conocer antes de Fertirriego es qué fertilizantes usaremos, qué deficiencias tenemos, qué debemos de mejorar y qué podríamos prevenir, así como conocer las características del agua (micronutrientes, pH, conductividad eléctrica, etc.) (Rodríguez, Camacho, Fernández, & Moreno, 2008). También podríamos hacer un análisis del suelo para identificar qué podemos implementar en el riego (Vinetur, 2023).

Algunas de las ventajas que tendríamos con esta técnica de riego seria:

- Eficiencia en la absorción de nutrientes
- Ahorro de agua y fertilizantes
- Mejora la calidad de la uva
- Respuesta rápida ante deficiencias nutricionales
- Reducción de pérdidas por lixiviación o escorrentía



**Figura 20. Falta de potasio en la vid  
(Lucero & Severo R., 2020)**

### **2.8.1 El fertilizante T19**

El fertilizante T19 (19-19-19) es una mezcla balanceada de nitrógeno(N), fósforo (P), potasio (K), donde el primero favorece el crecimiento vegetativo, el segundo estimula el desarrollo radicular y floral, y la tercera mejora la calidad del fruto, cada uno en proporciones de 19%, es ideal para suelos alcalinos, el fósforo nos ayuda a mejorar la disponibilidad como también es ideal para suelos equilibrados. Lo podemos fertilizar en la brotación temprana, pre-verano y post-cosecha se recomienda usar 1 a 2 kg por cada 100 litros de agua aplicando cada 7-10 días en el crecimiento vegetativo (Keller, 2015).

### **2.8.2 Calcinit**

Más conocida como nitrato de calcio (nitrógeno total 15.5% y calcio 26.5 %), nos ayuda a mejorar la firmeza del racimo, la vida post-cosecha y nos ayuda a prevenir las enfermedades fisiológicas relacionadas con la deficiencia de calcio, se recomienda usar 70-100 kg/ha por ciclo (*YaraTera CALCINIT | YaRA México*, 2021).

### **2.8.3 Magnit**

Es una excelente fuente de óxido de magnesio 15.5%, nitrógeno nítrico 10.7%, donde el magnesio juega un papel clave en la síntesis de clorofila y la fotosíntesis. Las ventajas que podemos obtener de este fertilizante son rápida absorción radicular y aplicación en todas las etapas fenológicas, dosis recomendada 30-60 kg/ha por ciclo (Fertilizantes Tepeyac, 2025).

## 2.8.4 NKs

El fertilizante NKS (nitrato de potasio con azufre) nitrógeno nítrico 12.66%, óxido de potasio 46.30%, trióxido de azufre 3.05%, es especial en la etapa de llenado de fruto, envero y maduración, donde el potasio es clave para la calidad enológica. Ayuda a la mejora de acumulación de azúcares, favorece la síntesis de atocianos y compuestos fenólicos, cuya dosis recomendada es 20-40 kg/ha por semana ajustado en el análisis foliar, etapas desde cuajado a maduración en las uvas Malbec, Nebbiolo y Shiraz (Arbačauskas *et al.*, 2023).

## 2.8.5 Sulfato Fe ( $\text{FeSO}_4$ )

El sulfato de hierro ( $\text{FeSO}_4$ ), hierro 20% y azufre 11% (Havlin, Tisdale, Nelson, & Beaton, 2014). Es una fuente económica y eficaz para corregir la clorosis férrica en la vid (Zebec *et al.*, 2021). Y es especial en suelos calcáreos o con pH elevado donde el hierro se vuelve insoluble y no disponible para la planta, es mejor por fertilización foliar y la dosis recomendada 500-1000 L/ha cada 10-15 días en la floración y crecimiento vegetativo (Vitivinicultura.net, 2011).

### 2.8.5.1 Sulfato Zn ( $\text{ZnSO}_4$ )

Sulfato de zinc ( $\text{ZnSO}_4$ ), zinc 34%, azufre 13%, es una fuente eficaz y económica de zinc para corregir deficiencias en la vid, especialmente en suelos calcáreos, arenosos o con desequilibrio fósforo-zinc (Fertilizantes

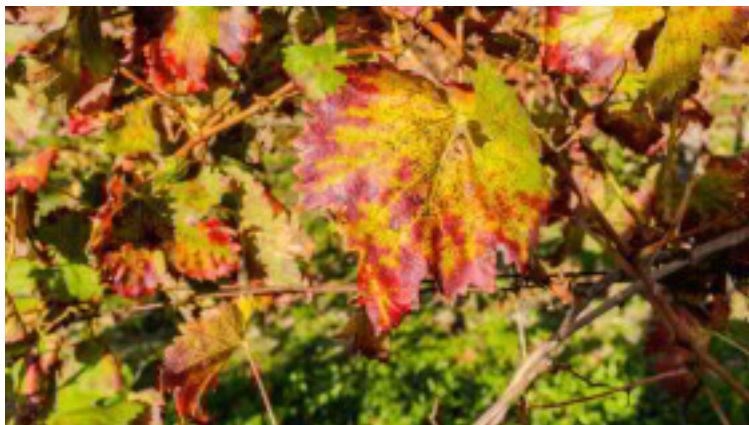
Tepeyac, 2025). Su aplicación mejora el desarrollo vegetativo, la fructificación y la calidad del racimo. Dosis recomendada 10-25 kg/ha por ciclo dividida en 2-3 aplicaciones (Vidal & Vidal, 2024). La deficiencia de zinc (Fig. 21) se manifiesta en hojas jóvenes con bordes aserrados, entrenudos alargados y racimos pequeños.



**Figura 21. Carencia de Zinc  
(Deficiencia de Zinc En la Vid - Bing, 2025)**

#### **2.8.5.2 Sulfato de Cu ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )**

El sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), cobre 25.6%, azufre 12.8% (Sulfato de Cobre Para Plantas 1 Kg - Hydro Environment - Innovación Agrícola En un Click, 2025), es un fertilizante y corrector de micronutrientes ampliamente utilizado en viticultura para prevenir y corregir deficiencias de cobre (Cu) (Fig. 22), dosis recomendada 1-2 kg/ha por ciclo de la mano de la fertilización foliar (Chemical Sud, 2022).



**Figura 22. Carencia de Azufre y Cobre  
(Daniel, 2021)**

### **2.8.6 Solubor**

El fertilizante Solubor es una fuente altamente soluble de boro (B), formulado con octaborato de sodio tetrahidratado, con una concentración del 20,5% de boro (Christensen, Beede, & Peacock, 1990). Es ampliamente utilizado en viticultura para corregir deficiencias de este micronutriente, especialmente en etapas clave como prefloración y floración, donde el boro es esencial para la germinación del polen, el desarrollo del tubo polínico y cuajado del fruto; la dosis adecuada es 1-2 kg en etapas de crecimiento (Fig. 23) (Dordas, 2006).



**Figura 23. Carencia de Boro**

**(Funciones Críticas del Boro En los Cultivos | Intagri S.C., 2023)**

## **2.9 Parámetros Químicos clave en la Uva**

### **2.9.1 Sólidos solubles totales (SST)**

Según Ramírez Capia (2019) los sólidos solubles totales son comúnmente expresados en grados Brix ( $^{\circ}\text{Bx}$ ), representando el azúcar como la glucosa y fructosa, aunque también los ácidos orgánicos, minerales, aminoácidos y otros compuestos solubles. Este parámetro es fundamental para evaluar la madurez de la fruta y su potencial enológico, ya que influye directamente en la concentración de azúcares disponibles para la fermentación alcohólica.

La medición de SST se realiza generalmente con refractometría, utilizando el jugo de las uvas frescas. Durante el proceso de maduración, los SST aumentan progresivamente por factores climáticos como la temperatura, la radiación solar y el déficit hídrico que puede acelerar o atrasar la maduración; estos factores varían según la variedad de uva, las condiciones climáticas y manejo de la planta.

### **2.9.2 Acidez Titulable**

La acidez titulable es un parámetro químico que representa la cantidad total de ácidos presentes en una muestra, expresada como el volumen de un base fuerte necesario para neutralizarlos. A diferencia del pH, que mide la concentración de iones hidrógeno libres, la acidez titulable refleja la capacidad amortiguadora del sistema ácido-base y se determina mediante una titulación ácido-base, generalmente con hidróxido de sodio (NaOH) y un indicador como la fenolftaleína (Morales-Eraza *et al.*, 2019). Este método permite cuantificar los ácidos orgánicos e inorgánicos totales, expresándolos como equivalentes de un ácido predominante, como el ácido láctico en productos lácteos o el ácido tartárico en vinos (Mex-Álvarez *et al.*, 2022). En alimentos y bebidas, la acidez titulable es un indicador clave de calidad, frescura y estabilidad microbiológica, además de estar correlacionada con el grado de madurez y susceptibilidad a la pudrición en frutas cítricas (Jiménez Jumbo *et al.*, 2022).

### 2.9.3 Flavonoides

Los flavonoides son compuestos fenólicos que en la vid desempeñan un papel importante en la calidad enológica de las uvas. Estos metabolitos secundarios se localizan principalmente en el hollejo, pepitas y en el escobajo, lo cual su concentración varía según la variedad, el estado de maduración, condiciones climáticas y manejo de la planta (Ciudad & Valenzuela, 2002).

Desde el punto de vista enológico, los flavonoides contribuyen significativamente a tres aspectos clave en el vino: color, estructura sensorial (astringencia y cuerpo) y la capacidad antioxidante. Entre lo más relevante se encuentran los antocianos responsables del color rojo-purpura del vino tinto, los flavonoles como quercetina y miricetina que actúan como copigmentos y estilizan el color y los flavonoles que son la catequina y epicatequinas para la textura y longevidad del vino (Cheynier *et al.*, 2006).

La biosíntesis de flavonoides está regulada por factores como el clima, la exposición solar, el estrés hídrico y la temperatura en regiones mexicanas como Valle de Guadalupe en Baja California y Parras, Coahuila las variedades de Nebbiolo, Shyraz y Tempranillo presentan perfiles flavonoides complejos especialmente si se cultivan bajo condiciones de alta radiación solar y suelos bien drenados (Vinetur, 2017).

#### **2.9.4 Polifenoles hidrolizables (PH)**

Son compuestos fenólicos que se caracterizan por estar formados de ácidos fenólicos (principales gálico y elágico) se encuentran en la piel y las semillas y se encuentran en mayor proporción en el orujo. Durante el proceso de vinificación, el orujo residuo sólido que incluye hollejo, semillas y escobajo representa una fuente importante de PH. En un estudio realizado en Coahuila, México, se evaluó el contenido de pH total (PHT) en variedades como Pinot Noir, Syrah, Merlot y uva blanca, utilizando extracción asistida por ultrasonido y microondas. Los resultados mostraron que Pinot Noir presentó la mayor concentración de PHT con 78 mg/g, mientras que las otras variedades oscilaron entre 74.26 y 74.59 mg de EAG/g, sin diferencias estadísticamente significativas (Reyes-Reyna *et al.*, 2023).

#### **2.9.5 Taninos condensados**

También conocidos como proantocianidinas, son compuestos polifenólicos de alto peso molecular que se encuentran en el hollejo, semillas y piel de la uva. Estos taninos se forman por la polimerización de unidades de flavonoles como la catequina y epicatequina y desempeñan un papel importante en la calidad sensorial y tecnológica del vino (Peña-Neira, 2021).

Durante la maduración de la uva, los taninos condensados experimentan cambio en su composición y estructura, lo que influye directamente en su capacidad de interacción con proteínas salivales y en su percepción como astringencia y amargor. En vinos tintos estos compuestos contribuyen al

cuerpo, la estructura, favoreciendo la copigmentación y la longevidad del color (Kennedy, Saucier, & Glories, 2006).

Además, los taninos condensados pueden ser modificados durante la crianza en barrica, donde interactúan con compuestos del roble, lo que suaviza su percepción y mejora la complejidad del vino (Harbertson & Spayd, 2006).

### **2.9.6 Antocianinas**

Son pigmentos fenólicos solubles que se localizan principalmente en el hollejo de las uvas tintas, las células hipodermales son las responsables del color rojo, púrpura y azul en los vinos tintos (Del Valle Leguizamón *et al.*, 2005).

En la *vitís vinífera* se han identificado cinco antocianinas presentes: ciandina, peonidina, delfinidina, petunidina y malvidina, todas presentes como monoglucosidos, es decir, unidas a una molécula de glucosa (Vinetur, 2018).

En la vinificación, las antocianinas se extraen durante la maceración, y su estabilidad depende del pH, la acidez, la temperatura y la presencia de otros compuestos fenólicos con los que pueden formar complejos poliméricos. Estos compuestos contribuyen a la estabilidad del color y a la evolución cromática del vino durante la crianza. En vinos jóvenes, un pH más bajo favorece tonalidades rojas brillantes, mientras que pH más altos tienden a matices azulados o púrpuras (Del Valle Leguizamón *et al.*, 2005).

### **2.9.7 Determinación de actividad antioxidante (DPPH Y ABTS)**

La actividad antioxidante es un parámetro clave para evaluar el potencial enológico y nutracéutico de sus componentes fenólicos especialmente flavonoides, antocianinas y taninos. Esta actividad se relaciona con la capacidad de neutralizar radicales libres, lo que contribuye a la estabilidad del vino y a sus posibles beneficios para la salud humana (Fernández-Pachón *et al.*, 2006).

Entre los métodos más utilizados para cuantificar esta actividad destacan el DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) y el ABTS (ácido 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico)). Ambos se basan en la capacidad de los antioxidantes presentes en los extractos de uva para reducir radicales libres estables, generando un cambio de color que puede medirse espectrofotométricamente.

Método DPPH: se caracteriza por su simplicidad y rapidez. El radical DPPH presenta un color violeta intenso que se desvanece al ser reducido por antioxidantes. La disminución de absorbancia a 517 nm permite calcular el porcentaje de inhibición y la concentración efectiva (IC50) del extracto (Horizonte Médico, 2014).

Método ABTS: por su parte, genera un radical catiónico azul-verde que es sensible a una amplia gama de antioxidantes, incluyendo compuestos hidrofílicos y lipofílicos. La absorbancia se mide a 734 nm y se expresa como capacidad antioxidante equivalente a ácido ascórbico o Trolox (Ruiz Benítez, 2020).

En estudios realizados con extractos de orujo de uva en México, se ha observado que variedades como Syrah, Merlot y Pinot Noir presentan valores elevados de actividad antioxidante, correlacionados con su contenido de polifenoles totales y antocianinas. Estos resultados refuerzan el interés en aprovechar subproductos vitivinícolas como fuente de compuestos bioactivos (Reyes-Reyna *et al.*, 2023).

## CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

El análisis de los parámetros de laboratorio desarrollados en el proyecto se realizó en el laboratorio del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Por otra parte, la aplicación de fertilizantes foliares y fertirrigación se desarrolló en el Viñedo Amonites ubicado en General Cepeda, Coahuila, México.

### 3.1 Material

#### 3.1.1 Materia Vegetal

La materia vegetal que fue utilizada para determinar los parámetros postcosecha de uvas Malbec y Shiraz, cuyas características de cada una se describen a continuación en el cuadro 3.

***Cuadro 3 Comparación de las dos variedades  
(Virginia & Faustino, 2024)***

Aspecto	Malbec	Shiraz
Origen	Francia (Cahors), adaptada exitosamente en Argentina	Francia (Valle del Ródano), ampliamente cultivada en Australia y España
Hoja	Mediana, trilobulada o pentalobulada, forma de embudo,	Mediana, trilobulada, margen dentado, verde intenso, sin pubescencia marcada

	pubescente en envés	
Racimo	Mediano, cilíndrico, compacto	Mediano, cilíndrico-alargado, compacto, pedúnculo largo poco lignificado
Baya	Pequeña a mediana, piel azul oscura, jugosa, hollejo fino	Pequeña a mediana, piel negro-azulada, hollejo grueso, pulpa consistente
Pulpa	No pigmentada, muy jugosa	No pigmentada, jugosidad limitada, sabor peculiar
Cepa	Vigorosa, porte semierguido, sensible a heladas	Vigorosa, porte erguido, sensible a sequía y clorosis férrica
Adaptación climática	Prefiere climas templados con buena insolación	Se adapta a climas cálidos y secos, pero sensible a humedad excesiva
Resistencia	Moderada a enfermedades, sensible al frío	Sensible a mildiu, botritis y ácaros; tolerante a oídio en brotación temprana
Potencial enológico	Vinos frutales, suaves, con notas de ciruela, mora, tabaco y chocolate	Vinos intensos, tánicos, con notas de pimienta negra, cuero, frutos negros
Color del vino	Rojo púrpura intenso	Rojo violáceo profundo, muy estable en envejecimiento

Taninos	Suaves, redondos	Elevados, estructurados, con buena capacidad de guarda
Acidez	Moderada (2.9–3.2 g/L)	Relativamente alta, equilibrada por maduración lenta
Uso en vinificación	Monovarietales y cortes; excelente para crianza en roble	Monovarietales y coupages; ideal para vinos de guarda

### 3.1.2 Materiales de Vidrio y otros materiales

#### Campo

Tubo de medición de vidrio de 50 ml, cajas estándar negra 40x30x25 con capacidad de 20 kg, bolsas de plástico 30.5x50.8 cm, cubetas de plástico de 13.5 L, y tambo de 200 L color azul.

#### Laboratorio

Vasos de precipitado de 50, 250 y 1000 ml, matraces de aforación de 100 ml, matraz Erlenmeyer de 250 ml, pipetas graduadas y de vidrio de 10 ml, tubos de ensayo de 18 mm x 150 mm, probetas de vidrio de 500 ml y botellas de vidrio de 750 ml. También se usaron utensilios de cocina, papel filtro, escurridores de plástico, papel aluminio, bolsas ziploc y embudos de filtración.

### 3.3.3 Reactivos y Fertilizantes

#### Campo

Sulfato de Potasio ( $K_2SO$ ) (SQM ULTRASOL), Cloruro de Potasio (KCl) (SQM ULTRASOL), Nitrato de Potasio ( $KNO_3$ ) (SQM ULTRASOL), Fosfato Monopotásico ( $KH_2PO_4$ ) (SQM ULTRASOL), Adherente (Codadhex Pg), T19(SQM ULTRASOL), Calcinit (SQM ULTRASOL), Magnit (SQM ULTRASOL), NKs, Sulfato Fe ( $FeSO_4$ ) (SQM ULTRASOL) , Sulfato de Zn ( $ZnSO_4$ ) (SQM ULTRASOL), Sulfato de Cu ( $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ) (SQM ULTRASOL), Solubor (SQM ULTRASOL).

#### Laboratorio

Reactivo de Folin Ciocalteu (SIGMA), carbonato de sodio (JALMEK), ácido clorhídrico (JALMEK), reactivo férrico (JALMEK), peróxido de hidrógeno (JALMEK), metanol (JALMEK), solución amortiguadora de acetatos a pH 5 (JALMEK), reactivo DPPH (SIGMA-ALDRICH) y reactivo ABTS (SIGMA-ALDRICH).

### 3.3.4 Equipos e Instrumentos

#### Campo

Bascula uline 3000 g, Aspersores de mochila V-BLACK HOMFORT 10L, tijeras para podar  $\frac{3}{4}$  Pretul.

#### Laboratorio

Colorímetro Minolta CR 400, balanza analítica marca HR-250A, refractómetro digital marca Unbranded, espectrofotómetro VIS/UV marca

GENESYS 5, estufa marca Mabe, centrífuga marca DLAB, penetrómetro digital Force Gauge, ventilador casual y licuadora.

### **3.3.5 Tratamientos**

#### **Variedad de cepas:**

- Malbec
- Shiraz

#### **Fuentes de Potasio con concentración de 1500 ppm:**

- Sulfato de potasio
- Cloruro de potasio
- Nitrato de potasio
- Fosfato Mono potásico
- Testigo

### **3.3.6 Diseño experimental**

El diseño experimental del viñedo es sobre una superficie total de 2 hectáreas, dividida equitativamente en dos parcelas de 1 hectárea cada una, correspondientes a las variedades Malbec y Shiraz. Cada hectárea fue subdividida en dos bloques cuadrados, lo que permitió establecer un diseño experimental de tipo completamente aleatorizado con bloques, adecuado para evaluar el efecto de la fertilización potásica sobre parámetros bioquímicos y postcosecha de la uva.

Lo cual la distribución de parcelas y bloques fueron las siguientes:

- Parcela 1 (1 ha): variedad Malbec

Bloque A: filas 2, 4, 6, 10 (tratamientos)

Bloque B: fila 20 (testigo)

- Parcela 2 (1 ha): variedad Shiraz

Bloque A: filas 15, 16, 17, 18 (tratamientos)

Bloque B: fila 20 (testigo)

Cada tratamiento se aplicó sobre una fila completa y para la recolección de uvas para analizarse en laboratorio se tomaron de distintos puntos de la fila y distintas plantas, siendo un total de 500 g por tratamiento contando el testigo.

## **3.2 Metodología**

El procedimiento que se siguió para la evaluación de los parámetros de postcosecha de uvas Malbec y Shiraz con tratamientos en campo se describe a continuación.

### **3.2.1 Campo**

#### **3.2.1.2 Caracterización edáfica del sitio experimental (Estudio del suelo)**

Las muestras fueron analizadas según los lineamientos técnicos de fertilidad y salinidad del suelo (Medina-Morales *et al.*, 2012; NOM-021-SEMARNAT-2000, 2002). Se tomaron 5 (Fig. 24) muestras a dos niveles: 0–30 cm (horizonte superficial) y 30–60 cm (horizonte subsuperficial) y de manera zigzag en diferentes puntos del viñedo, las cuales fueron secadas al aire,

tamizadas a 2 mm y almacenadas en bolsas para enviarlas al laboratorio de Fertilab Celaya, Guanajuato, México.



**Figura 24. Toma de muestra del suelo**

### **3.2.1.3 Fertilización vía fertirrigación**

Los fertilizantes son disueltos en un tambo de 200L, lo cual es mezclado por 10 minutos y como recomendación hay que controlar el pH (5.5-6.5) y la conductividad eléctrica (CE) (1.2-2.5 dS/m) para garantizar una correcta aplicación y absorción por las plantas. La solución de fertilizantes se suministró por la red de riego mediante un Venturi en un tiempo de 40 minutos (Rodríguez, Camacho, Fernández, & Moreno, 2008).

En el cuadro 4 se muestran las dosis y el programa de las fertilizaciones por riego en el viñedo Amonites (2 hectáreas) en el ciclo 2025.

### **Cuadro 4. Fertilizaciones Amonites**

<b>Fertilizantes</b>	<b>Total(Kg)</b>	<b>1er Fertilización 5 de abril 2025</b>	<b>2da Fertilización 20 de abril 2025</b>	<b>3era Fertilización 5 de mayo 2025</b>	<b>4ta Fertilización 20 de mayo 2025</b>
T19	234.00	30 kg	30 kg	25 kg	25 kg
Calcinit	106.00	10 kg	10 kg	8 kg	8 kg
Magnit	334.00	25 kg	25 kg	30 kg	30 kg
NKs	416.00	15 kg	25 kg	30 kg	35 kg
Sulfato de Fe	3.40	300 g	300 g	300 g	300 g
Sulfato de Zn	1.50	150 g	150 g	150 g	150 g
Sulfato de Cu	0.83	100 g	100 g	100 g	100 g
Solubor	0.87	100 g	100 g	100 g	100 g

#### **3.2.1.4 Aplicación foliar de Fuentes de Potasio**

Durante el ciclo de fertilización foliar, se aplicaron distintos productos nutricionales a las variedades Shiraz y Malbec, distribuidos por fila según el diseño experimental. Cada producto fue preparado en una solución de 5 litros, con concentraciones específicas, y aplicado mediante aspersión manual en tres momentos fenológicos clave: prefloración, cuajado y envero.

En el cuadro 5 podemos ver cómo se llevó a cabo la fertilización folicular

### **Cuadro 5. Fertilización folicular Viñedo Amonites**

Producto	Variedad	Fila	% De producto	% Utilizado
Sulfato de potasio	Shiraz	16	20 g en 5 L	5 L de producto utilizado
Cloruro de potasio	Shiraz	18	12 g en 5 L	5 L de producto utilizado
Nitrato de potasio	Shiraz	15	21.5 g en 5 L	5 L de producto utilizado
Fosfato Mono potásico	Shiraz	17	30 g en 5 L	5 L de producto utilizado
Testigo	Shiraz	20		
Adherente	Shiraz	Todas menos la 20	2.5 ml en 5 L C/U	2.5 ml en 5L C/U
Sulfato de potasio	Malbec	4	20 g en 5 L	5 L de producto utilizado
Cloruro de potasio	Malbec	6	12 g en 5 L	5 L de producto utilizado
Nitrato de potasio	Malbec	2	21.5 g en 5 L	5 L de producto utilizado
Fosfato Mono potásico	Malbec	10	30 g en 5 L	5 L de producto utilizado
Testigo	Malbec	20		
Adherente	Malbec	Todas menos la 20	2.5 ml en 5 L C/U	2.5 ml en 5L C/U

Para la variedad Shiraz, se aplicó:

- Sulfato de potasio en la fila 16, a una concentración de 20 g en 5 L, aplicando los 5 L
- Cloruro de potasio en la fila 18, con 12 g en 5 L, aplicando los 5 L.
- Nitrato de potasio en la fila 15, con 21,5 g en 5 L, aplicando los 5 L.
- Fosfato monopotásico en la fila 17, con 30 g en 5 L, aplicando los 5 L.
- La fila 20 se mantuvo como testigo, sin aplicación de fertilizantes.
- El Adherente en las filas 16,18,15,17 se aplicó junto con el fertilizante, 2.5 ml en 5 L

Para la variedad Malbec, se aplicó:

- Sulfato de potasio en la fila 4, con 20 g en 5 L, aplicando los 5 L.
- Cloruro de potasio en la fila 6, con 12 g en 5 L, aplicando los 5 L.
- Nitrato de potasio en la fila 2, con 21.5 g en 5 L, aplicando los 5 L.
- Fosfato monopotásico en la fila 10, con 30 g en 5 L, aplicando los 5 L.
- La fila 20 se mantuvo como testigo, sin aplicación de fertilizantes.
- El Adherente en las filas 4,6,2,10 se aplicó junto con el fertilizante, 2.5 ml en 5 L

Todas las aplicaciones se realizaron en condiciones ambientales controladas (horas frescas de la mañana entre 7:00 y 9:00 h), evitando condiciones de viento, alta radiación solar o humedad excesiva, para asegurar una óptima absorción foliar y minimizar pérdidas por evaporación o escurrimiento, utilizando aspersores de mochila manual de presión previa con boquilla de niebla fina, asegurando cobertura uniforme en haz y envés de las hojas (Fig. 25)



**Figura 25. Proceso para Fertilización folicular**

### 3.2.2 Materia Prima

#### 3.2.2.3 Lavado y Preparación de la Fruta

Utilizando guantes de látex se tomaron los 500 gramos de uvas con todo y racimos por cada tratamiento y se lavaron con agua corriente y posteriormente se dejaron remojar por 2 minutos en una bandeja con hipoclorito de sodio (Fig. 26), después del tiempo en una bandeja durante 1 minutos dejar secar (Fig. 27), para posteriormente continuar con las primeras determinaciones (color y firmeza).



**Figura 26. Remojo para desinfección**



**Figura 27. Secado de racimos de uvas**

#### **3.2.2.4 Color (CIELab)**

Las características de color se determinaron con un colorímetro (Fig. 28) Minolta CR 400 (Minolta Corp., Ramsey, New Jersey, U.S.A.). El sistema proporciona los valores de tres componentes de color:  $L^*$  (componente negro-blanco, luminosidad) y coordenadas de cromaticidad,  $a^*$  (componente +rojo a -verde) y  $b^*$  (componente +amarillo a -azul). El colorímetro se calibró con una placa blanca estándar antes de realizar las lecturas de los componentes. Se realizaron tres lecturas al azar de las muestras y se calculó el promedio para cada componente siguiendo la metodología propuesta por Maftoonazad *et al.* (2007).



**Figura 28. Colorímetro**

### **3.2.2.5. Firmeza**

La firmeza de las muestras se realizó utilizando un penetrómetro digital Force Gauge (PCE-PTR 200, PCE group, Albacete, Castilla-La Mancha, España), equipado con una punta de 5 mm, en el ecuador del fruto para realizar la medición y los resultados fueron expresados en newtons (N). Se tomaron tres lecturas de cada fruto considerando 6 frutos por tratamiento (Hong *et al.*, 2012).

El resto de los frutos de cada tratamiento se desprendieron de los racimos y se colocaron en bolsas grandes tipo ziploc para congelar en el congelador a -18 °C posterior. Un día antes de realizar los análisis se dejaron descongelando las bolsas con los tratamientos. Una vez descongelados, se molieron cada tratamiento (sin contaminarlos o mezclarlos) se volvieron a

poner en la bolsa ziploc correspondiente. Pesar en bolsas tamaño para sándwich los gramos necesarios para cada determinación en este caso fueron 500 g por tratamiento.

### **3.3 Determinación de sólidos solubles totales (SST), Acidez titulable (TA), flavonoides, Polifenoles, Antocianinas, Taninos condensados y capacidad antioxidante**

#### **3.3.1 Sólidos solubles totales (TSS)**

De cada tratamiento se toma la cantidad necesaria para realizar estas determinaciones. El contenido de sólidos solubles totales (TSS) del néctar de uva se determinará por el método de AOAC (1984) utilizando un refractómetro (Fig. 29) ATAGO (ATAGO, U.S.A. Inc., Bellevue, WA, U.S.A.) (Fig. 32) a temperatura ambiente (22 °C). Una gota representativa del néctar se colocó en el prisma limpio y seco del refractómetro, y las lecturas se tomaron de manera directa. El contenido de TSS se expresó como porcentaje de la Escala de grados Brix.



**Figura 29. Refractómetro Grados Brix**

### **3.3.2 Determinación de Acidez titulable (AT)**

Del néctar obtenido de las muestras para determinar TSS se tomaron 2 ml (6 ml de cada tratamiento, ya que la determinación se hizo por triplicado) y se diluyeron en 30 ml de agua destilada (esto es por cada tratamiento y también por triplicado, ya que los 2 ml + los 30 ml de agua destilada son por muestra). La titulación de las muestras se realizó (Fig. 31) añadiendo 4 gotas de indicador azul de bromotimol, y se valorará con NaOH 0.01 N a pH 7 (color verde-azulado). Se tomaron tres lecturas de cada tratamiento, y el promedio de las lecturas expresadas como acidez total en g/L de ácido tartárico para el análisis estadístico (Fig. 32) (Maul *et al.*, 2000; Lu *et al.*, 2010). Para calcular el porcentaje de ácido presente en la muestra, se utilizó la siguiente fórmula (Fig. 30):

$$\text{Acidez total, g/L} = \frac{V \cdot N \cdot \text{Meq} \cdot 100}{\text{Alícuota valorada}}$$

**Figura 30. Formula**

V= Volumen de NaOH gastado en mL en la valoración

N= Normalidad del NaOH

Meq = miliequivalente del ácido que se encuentra en mayor proporción en la muestra: 0.064 para el ácido cítrico, 0.067 para el ácido málico y 0.075 para el ácido tartárico.

Alícuota valorada= Peso en g o volumen de la muestra en mL



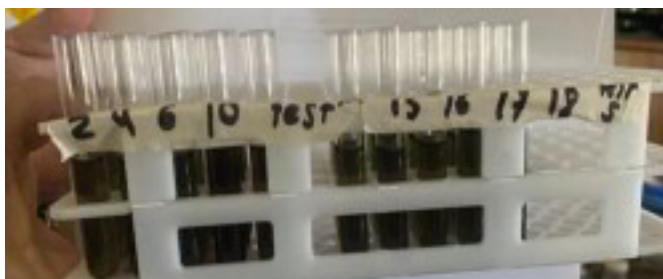
**Figura 31. Proceso de Acidez titulable al inicio**



**Figura 32. Proceso de Acidez titulable al final**

### **3.3.3 Determinación de flavonoides**

El contenido de flavonoides se determinó con el método de tricloruro de aluminio, utilizando como estándar la quercetina; los resultados son expresados como mg equivalentes a quercetina por gramo de muestra (Hamasaka *et al.*, 2004). La preparación de los reactivos y el procedimiento que se siguió fue de acuerdo con Hamasaka *et al.* (2004). A continuación, se añadirán 3.0 ml de muestra anterior en celdas para espectrofotómetro (Fig. 33) (esto por triplicado por cada tratamiento). Se dio lectura a una absorbancia a 420 nm (Fig. 34). Las lecturas obtenidas registrarlas en mg/g, en equivalentes de quercetina.



**Figura 33. Tubos de ensayo**



**Figura 34. Espectrofotómetro**

### **3.3.4 Determinación de Polifenoles hidrolizables por método Folin-Ciocalteu**

Se siguió el procedimiento de la técnica de acuerdo con Medina-Morales *et al.*, 2012). Posteriormente se dio lectura en espectrofotómetro (Fig. 35) a 725 nm, registrar cada lectura (Medina-Morales *et al.*, 2012).



**Figura 35. Materia para polifenoles**

### **3.3.5 Contenido de Antocianinas**

La preparación de reactivos y el procedimiento que se siguió fue de acuerdo con lo que Medina- Morales *et al.*, (2012) describen. Se dio lectura a una absorbancia a una longitud de onda de 525 nm y posteriormente se calculó el contenido de antocianinas (Medina-Morales *et al.*, 2012).

### **3.3.6 Determinación de Taninos Condensados**

Con esta técnica se determinará el contenido de taninos condensados en los tratamientos de las uvas. La preparación de reactivos y el procedimiento que se siguió fue de acuerdo con lo que Medina- Morales *et al.*, (2012) dentro del procedimiento se realizó la centrifugación de las muestras de cada tratamiento (Fig. 36). Las absorbancias se obtuvieron dando lectura a 460 nm en el espectrofotómetro. Las lecturas obtenidas, registrarlas en mg/g, en equivalentes de catequina (Medina-Morales *et al.*, 2012).



**Figura 36. Centrifugación de las muestras para el análisis.**

### **3.3.6 Determinación de actividad antioxidante (ABTS y DPPH)**

De esta preparación tomas muestras para la determinación con DPPH y ABTS. Tomar 10 g de la muestra por tratamiento y se homogeneizó con 100 mL de metanol al 85% (Burrell Scientific Wrist Action, modelo 75, Pittsburgh, Pennsylvania, USA) durante 30 minutos en ausencia de luz (usar papel aluminio para forrar vaso de precipitados, ponerle barra de magneto y poner en placa de agitación sin calentar). Posteriormente, se centrifugó (ThermoFisher Scientific, modelo Heraeus Primo R., USA) a 3,000 rpm, a 25 °C durante 20 minutos. El precipitado fue descartado y el sobrenadante es utilizado para cuantificar actividad antioxidante por DPPH y ABTS (Almirudis-Echeverria *et al.*, 2020).

### **3.3.6.1 Preparación del radical DPPH**

El espectrofotómetro (a una absorbancia de 517 nm) se calibra con el blanco (1.5 ml de metanol al 80%), como absorbancia control 1.5 ml de DPPH-MeOH, y hay que registrar la lectura en absorbancia ( $A_o$ ). A 0.05 ml (50  $\mu$ L) de cada extracto de la muestra de harinas o muestra fresca, se les adicionó 1.45 ml (1,450  $\mu$ L) de la solución de DPPH, se agitó vigorosamente y se mantuvo en obscuridad por 30 min. A continuación, se lee y registra la absorbancia a 517 nm, y después se registra otra lectura después de otros 30 minutos ( $A_f$ ). Los resultados se expresaron en  $\mu$ mol equivalentes de Trolox (ET)/g de muestra (Medina-Morales *et al.*, 2012).

### **3.3.6.2 Método ABTS**

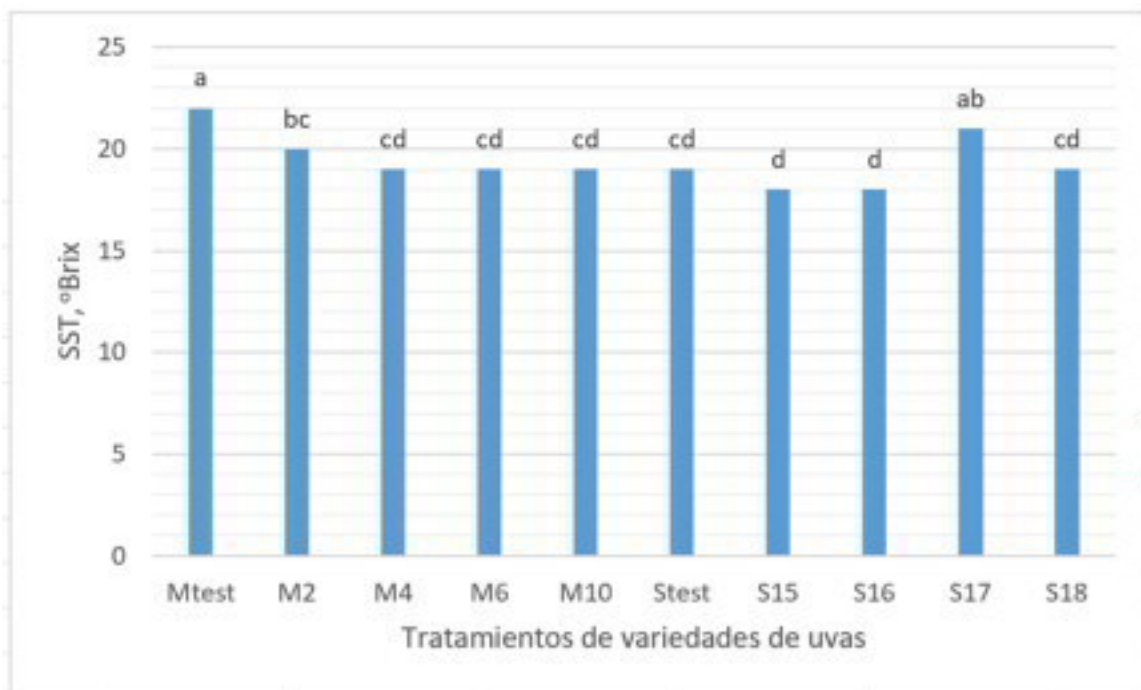
En el análisis se utilizaron: un blanco con 2 ml (2,000  $\mu$ L ) de buffer de acetato a pH 5, un control de absorbancia en una celda de espectrofotómetro añadir 2.2 ml (2,200  $\mu$ L) de agua destilada + 0.8 ml (800  $\mu$ L) solución radical ABTS-Buffer (frasco grande en el refrigerador), y las muestras con 0.2 ml (200  $\mu$ L) de la muestra (extracto) y 2,0 ml (2,000  $\mu$ L) de agua destilada + 0.8 ml (800  $\mu$ L) de la solución del radical ABTS-Buffer (recuerda agitar cada celda y limpiar con papel las huellas dactilares). Las mediciones se realizaron a una longitud de onda de 734 nm a los 3 min de reacción y a temperatura ambiente. Los resultados se expresaron mediante la construcción de una curva patrón usando como antioxidante Trolox (0-200  $\mu$ mol/L) (Medina-Morales *et al.*, 2012).

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Análisis fisicoquímico de la uva Malbec y Shiraz

#### 4.1.1 Sólidos solubles totales (SST, ° Brix)

En la Figura 37, los tratamientos mostraron diferencias significativas ( $p=0.0017$ ), con valores que oscilaron entre 18 y 22°Brix. El tratamiento Malbec fila 20 test (Mtest) presentó el mayor contenido (22°Brix), seguido por Shiraz fila 17 (S17) (21°Brix). Estos valores son indicativos de una maduración adecuada para la vinificación, especialmente en climas cálidos como el de General Cepeda.

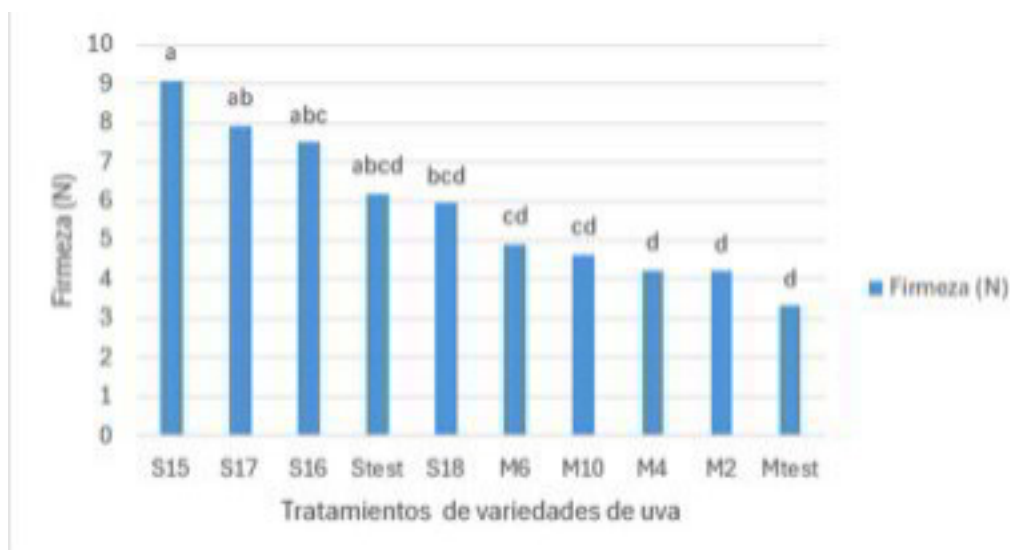


**Figura 37. Efecto de la fertilización potásica sobre el contenido De sólidos solubles totales (SST, °Brix).**

La fertilización potásica favorece la acumulación de azúcares en la baya al mejorar el transporte de carbohidratos desde la hoja hacia el fruto (Vidal & Vidal, 2024). En estudios previos, Malbec ha demostrado rangos óptimos de 20-23 °Brix (Martínez *et al.*, 2021), mientras que Shiraz se considera madura entre 18-21 °Brix (González-Royo *et al.*, 2015).

#### 4.1.2 Firmeza

En la Figura 38, se observaron diferencias significativas ( $p = 0.0032$ ), siendo Shiraz fila 15 (S15) el tratamiento con mayor firmeza (9.07 N), seguido por Shiraz fila 17 (S17) y Shiraz fila 16 (S16). La firmeza es un parámetro crítico en la postcosecha, ya que influye en la resistencia al transporte y en la calidad del prensado.



**Figura 38. Influencia de la fertilización potásica en la firmeza de las uvas.**

El potasio mejora la estructura celular y la síntesis de pectinas, lo que contribuye a una mayor firmeza del fruto (Ortega-Heras *et al.*, 2020). En Shiraz, esta propiedad es especialmente valorada por su impacto en la extracción de compuestos fenólicos durante la vinificación.

Menciona que valores superiores a 8 N son óptimos para evitar daños durante el transporte y mejorar la extracción de compuestos durante el prensado (Defilippi & Manríquez, 2021).

Los resultados obtenidos coinciden con los resultados obtenidos por Chambilla Choque (2012) y otros autores.

La fertilización potásica aplicada en S15, S17 y S16 pudo haber contribuido a la integridad celular, acumulación de calcio y mejorado la firmeza.

#### 4.1.4 Acidez titulable

En la Figura 39, no se observaron diferencias significativas ( $p = 0.2509$ ). Los valores oscilaron entre 0.003 y 0.01%, dentro del rango esperado para uvas destinadas a vinificación. La acidez es modulada por el potasio, que se puede neutralizar por ácidos orgánicos como el málico.



**Figura 39. Comportamiento de la acidez titulable de las uvas.**

Los valores de acidez titulable observados (0.003-0.01%) se encuentran dentro del rango esperado para uvas destinadas a vinificación, especialmente en condiciones de madurez avanzada y suelos con alta disponibilidad de potasio (Coombe, 1992).

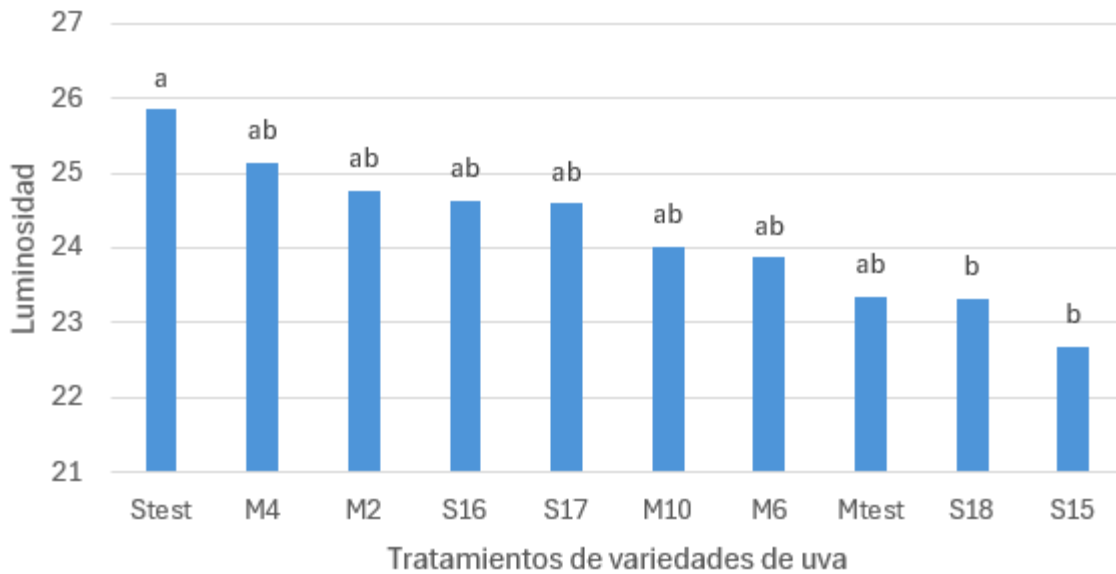
Estos resultados también coinciden con estudios previos que señalan que la fertilización foliar potásica tiene un impacto limitado sobre la acidez de la uva, ya que el parámetro está más influenciado por factores varietales, climáticos y de madurez que por el manejo nutricional. Un ejemplo claro, Almanza Aguilera *et al.* (2012) reportaron que la acidez total en vinos Malbec se mantuvo estable entre 0.45 y 0.65 g/100 mL, sin variaciones relacionadas con el manejo agronómico. Asimismo, Valdivia Bailón (2024) encontró que la acidez en los vinos elaborados con Shiraz y Malbec cultivados en Chihuahua no presento diferencias significativas entre tratamientos, lo que refuerza la idea de que el potasio aplicado, no modifica sustancialmente este atributo. Finalmente, el manual de fertilización foliar destaca que, en cultivos perennes como la vid, la respuesta a fertilizantes foliares potásicos se refleja más en parámetros como el peso del racimo o el contenido de azúcares, mientras que la acidez permanece relativamente constante.

#### **4.1.4 Color**

##### **4.1.4.1 Luminosidad (L)**

En la Figura 40, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ( $p = 0.3409$ ). Los valores oscilaron entre 22,67 y 25,85, lo que indica una variación leve en la luminosidad superficial de las bayas. El

tratamiento Shiraz fila 20 test (Stest) presentó un valor más alto (25.85), lo que sugiere una mayor reflectancia de luz.



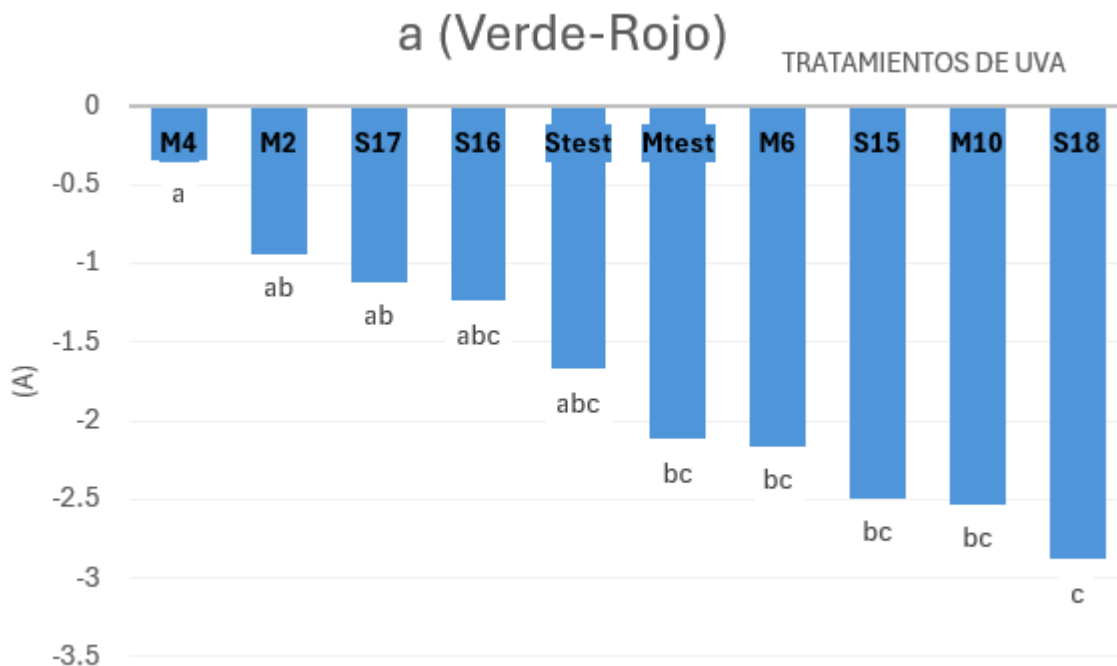
**Figura 40. Efecto de la fertilización potásica en la luminosidad.**

Los valores de luminosidad superficial obtenidos (22.67-25.85) se encuentran dentro del rango reportado por González-Agüero *et al.* (2011), quienes observaron entre 22.1 y 26.3 en función del sombreado de racimos. El tratamiento Stest presentó el valor más alto (25,85), lo que sugiere una mayor reflectancia de luz, posiblemente asociada a una menor concentración de pigmentos fenólicos, como antocianinas.

#### 4.1.4.2 Componente rojo-verde (a)

En la Figura 41, no hubieron diferencia estadísticamente significativas ( $p=0.0675$ ); observándose una tendencia negativa en la mayoría de los tratamientos, indicando una inclinación hacia tonalidades más verdosas. El

tratamiento Malbec fila 4 (M4) presentó el valor más alto (-0.34), mientras que Shiraz fila 18 (S18) mostró el más bajo (-2.88), lo que podría reflejar diferencias en la acumulación de antocianinas.



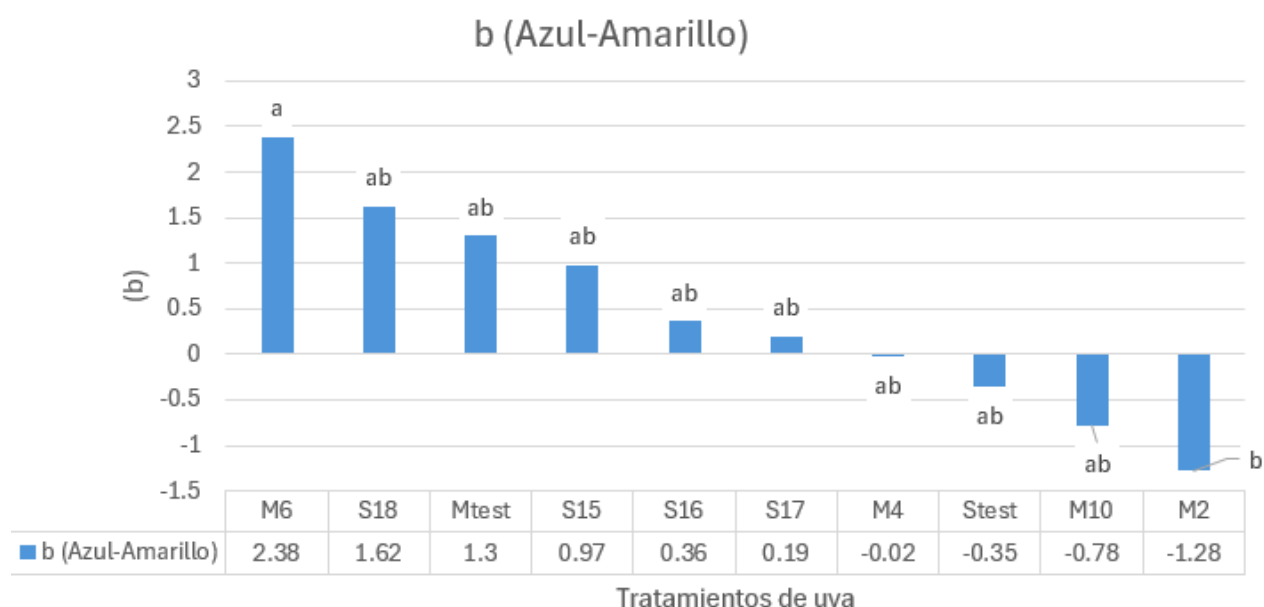
**Figura 41. Influencia de la fertilización potásica sobre el parámetro cromático a\*.**

Estos resultados coinciden con lo reportado por INTA (2020). En este manual se reportaron valores de (a) negativos en uvas blancas y tintas en estados inmaduros, con rangos entre -0.3 y 0.0 y se menciona que, valores cercanos a -3.0 reflejan tonalidades verdosas intensas, típicas de uvas con bajo contenido de antocianinas, pero también valores a 0.0 indican transición hacia tonalidad rojizas o neutras, como en el tratamiento Malbec fila 4 (M4) (-0.34). De acuerdo la Universidad de La Rioja (2015) nos comenta que bajo condiciones de sombreado o estrés hídrico, los valores

de (a) tienden a ser negativos como en el tratamiento de Shiraz fila 18 (S18) (-2.88).

#### 4.1.4.3 Componente amarillo-azul (b)

En la Figura 42, tampoco se observaron diferencias significativas ( $p=0.5821$ ). Los valores oscilaron entre -1.28 y 2.38, con Malbec fila 6 (M6) como el tratamiento más alto. Esta variabilidad puede estar relacionada con la proporción de flavonoides y carotenoides presentes en la piel de la uva.



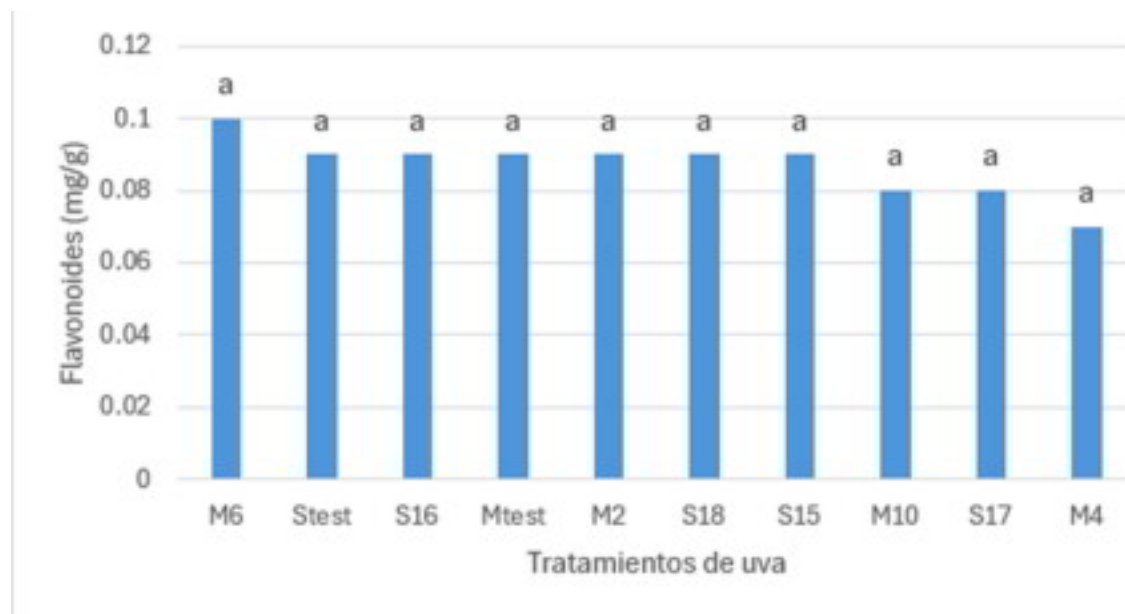
**Figura 42. Comportamiento del parámetro cromático  $b^*$  de acuerdo con el nivel de fertilización potásica.**

Estos resultados se encuentran dentro del rango reportado por estudios comparativos: Universidad de La Rioja (2015) señala valores de  $b^*$  entre -2.0 y +3.5 en vinos tintos y rosados, mientras que el Laboratorio Seyco (2025) reporta rangos entre -1.5 y +2.8 en uvas viníferas analizadas por espectrofotometría UV-Vis. Asimismo, el manual técnico de INTA (2020)

establece rangos similares (-2.2 a +3.0) en uvas blancas y tintas en estado de madurez intermedia.

#### 4.1.5 Flavonoides

En la Figura 43, no hubo diferencias significativas ( $p = 0.6002$ ). Los valores fueron homogéneos entre tratamientos, siendo el más bajo Malbec fila 4 (M4) con 0.07 mg/g y el más alto Malbec fila 6 (M6) con 0.10 mg/g.



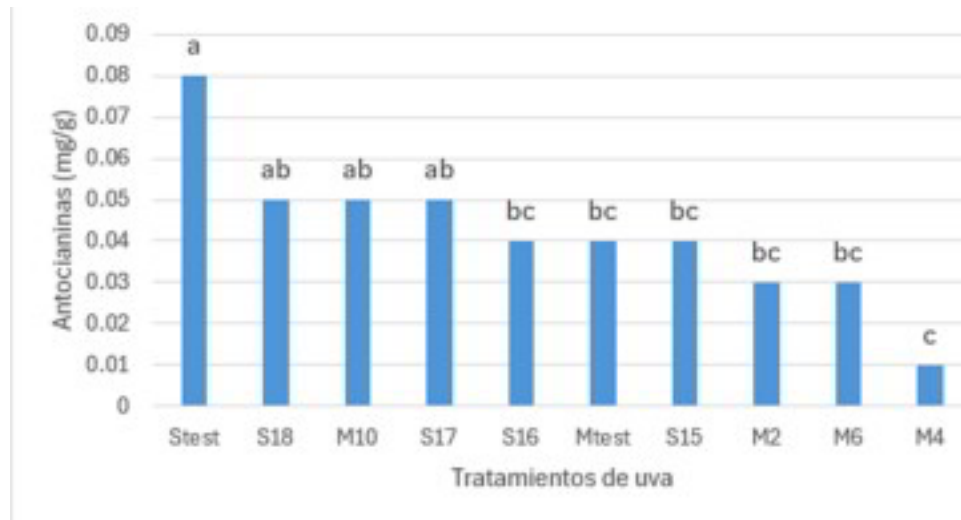
**Figura 43. Efecto de la fertilización potásica sobre el contenido de flavonoides.**

Estos resultados coinciden con lo reportado por Segovia *et al.* (2019) y Úbeda *et al.* (2002), quienes observaron concentraciones de flavonoides totales entre 0.06 y 0.12 mg/g en piel de uvas tintas para vinificación cultivadas en Argentina y Chile.

#### 4.1.6 Antocianinas

En la Figura 44, se observaron diferencias significativas ( $p = 0.0280$ ), con valores entre 0.01 y 0.08 mg/g. El tratamiento Shiraz fila 20 (Stest) presentó mayor contenido con 0.08 mg/g y Malbec fila 4 (M4) con 0.01 mg/g.

Las antocianinas son pigmentos clave en la calidad del vino. Su síntesis está favorecida por el potasio, que estimula la expresión de genes relacionados con la vía de los flavonoides (Castellarin *et al.*, 2007).



**Figura 44. Influencia de la fertilización potásica sobre el contenido de antocianinas.**

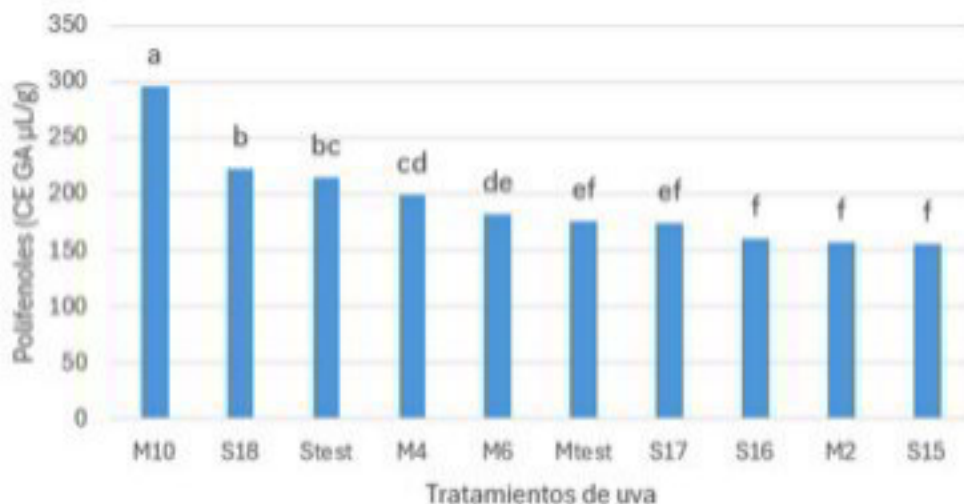
En el estudio citado por CIAD, se observa que Shiraz alcanza valores cercanos a 0.09 mg/g en etapas avanzadas de madurez, lo que coincide con el tratamiento Stest (0.08 mg/g). Por otro lado, Malbec en condiciones de bajas pigmentaciones puede presentar valores tan bajos como 0,01 mg/g, como en el tratamiento M4, especialmente si hay menos exposición solar o estrés hídrico.

Estos resultados también coinciden con lo reportado por Boss *et al.* (1996) y Fernández (2012), quienes documentan concentraciones de antocianinas entre 0.02 y 0.10 mg/g en piel de uvas Shiraz y otras variedades viníferas, dependiendo del estado de madurez y de las condiciones ambientales.

#### 4.1.7 Polifenoles Totales

Los polifenoles son indicadores de calidad enológica. La fertilización potásica incrementó su concentración, como lo reportan Conde *et al.* (2007), al mejorar la síntesis de compuestos secundarios.

En la figura 45, podemos ver diferencias altamente significativas ( $p < 0.0001$ ). Donde Malbec fila 10 (M10) presentó el mayor contenido (295.86 CE GA  $\mu\text{L/g}$ ).



**Figura 45. Contenido de polifenoles en las uvas tratadas con fertilización potásica.**

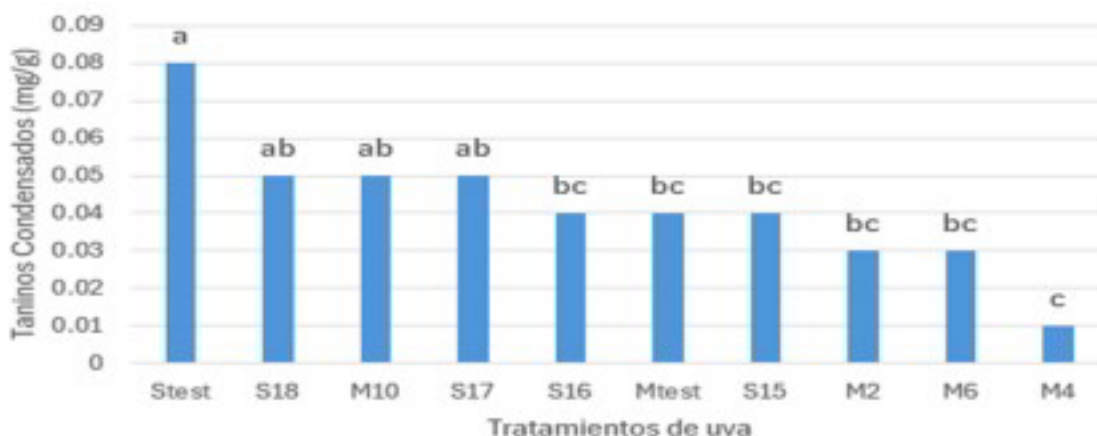
Estos valores coinciden con lo reportado por INIA (2021), INTA (2020) y Gonzalo Caballero (2012), quienes documentaron concentraciones entre 180 y 320 CE GA  $\mu\text{L/g}$  en variedades tintas bajo condiciones de madurez

avanzada y alta exposición solar. Lo que en Malbec fila 10 (M10) (295.86 CE GA  $\mu\text{L/g}$ ) se encuentra en el extremo superior del rango reportado, lo que sugiere una excelente acumulación de compuestos fenólicos.

#### 4.1.8 Taninos Condensados

Los taninos contribuyen a la estructura y al envejecimiento del vino. Su acumulación puede estar influenciada por el potasio, aunque también por factores varietales (Kennedy, 2006).

En la Figura 46, tenemos diferencias significativas ( $p = 0.0280$ ). Shiraz fila 20 (Stest) mostró el mayor contenido (0.08 mg/g) y Malbec fila 4 (M4) mostró el menor contenido (0.01 mg/g).



**Figura 46. Efecto de la fertilización potásica sobre el contenido de taninos condensados.**

Estos resultados coinciden con lo reportado por INIA (2021), INTA (2020) y Gonzales Caballero (2012), quienes obtuvieron valores entre 0.02 y 0.10 mg/g, son comunes en piel de uvas tintas, especialmente en climas cálidos y suelos calcáreos. Donde el resultado de Shiraz fila 20 (Stest) obtuvo (0.08

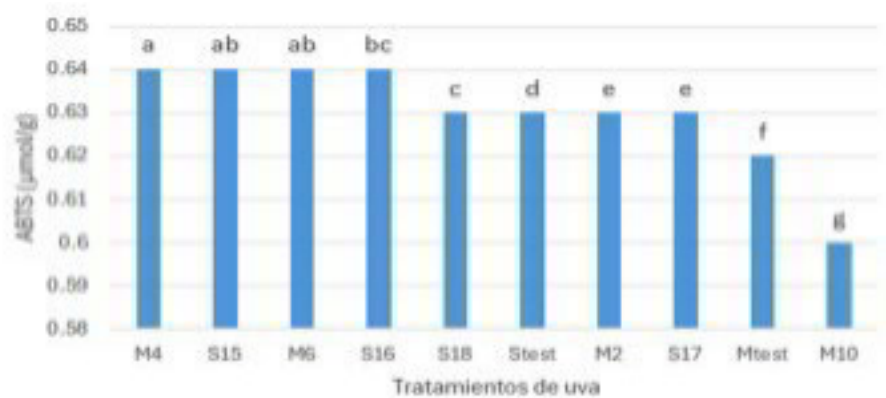
mg/g), lo que nos dice que tiene una buena acumulación de taninos condensados.

Según Sarneckis *et al.* (2006), la cuantificación de taninos mediante precipitación con metilcelulosa permite detectar diferencias significativas entre variedades y tratamientos, siendo Shiraz una de las variedades con mayor capacidad de síntesis de taninos condensados.

#### 4.1.9 Capacidad Antioxidante (ABTS y DPPH)

En las Figuras 47 y 48, ambos métodos mostraron diferencias significativas (ABTS  $p < 0.0001$ ; DPPH  $p = 0.0192$ ). Malbec fila 4 (M4) y Shiraz fila 15 (S15) destacaron en ABTS ( $0.64 \mu\text{mol/g}$ ), mientras Shiraz 17 (S17) lideró DPPH ( $1140.15 \mu\text{mol/g}$ ).

La capacidad antioxidante está estrechamente ligada a la concentración de polifenoles y antocianinas. La fertilización potásica parece potenciar esta propiedad, como lo indican Tomás-Barberán y Espín (2001).



**Figura 47. Influencia de la fertilización potásica sobre la capacidad antioxidante, determinada por el método ABTS.**



**Figura 48. Efecto de la fertilización potásica sobre la capacidad antioxidante por el método de DPPH.**

Estos valores coinciden con lo reportado por la Universidad de Concepción (2012), UNAM (2023) y UAEM (2021), quienes documentaron rangos entre 0.50 y 0.85 µmol/g para ABTS y entre 950 y 1350 µmol/g para DPPH en uvas viníferas y vinos tintos.

El resultado de Shiraz S17 en DPPH (1140.15 µmol/g) destaca como un valor alto, coherente con lo observado en Syrah y Cabernet Sauvignon en estudios chilenos. Asimismo, Malbec M4 y Shiraz S15 en ABTS (0.64 µmol/g) coinciden con los valores medios reportados en mostos y vinos tintos mexicanos y sudamericanos.

También en los estudios como el de Sarneckis *et al.* (2006) y la tesis de la Universidad de Concepción (2012) confirman que la capacidad antioxidante varía significativamente entre variedades tintas como Shiraz, Malbec y Cabernet Sauvignon, y que los valores tienden a ser más altos en el vino

que en el mosto, lo que sugiere una concentración progresiva durante la vinificación. Además, se ha demostrado que la fertilización foliar potásica puede modular la síntesis de metabolitos secundarios, aunque su efecto depende del estado fenológico y de la interacción con factores climáticos.

En particular, la tesis de la Universidad de Concepción evaluó la capacidad antioxidante en mostos y vinos mediante ABTS y DPPH, encontrando que Shiraz mostró una alta capacidad antioxidante en ambos métodos, lo que coincide con tus resultados para Shiraz. Por otro lado, Malbec también presentó valores elevados en ABTS, lo que refuerza su perfil como variedad rica en antocianos y taninos condensados.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

La aplicación de fertilización potásica en la *Vitis vinifera* L., especialmente en las variedades Malbec y Shiraz cultivadas en condiciones semiáridas del viñedo Amonites, demostró efectos diferenciados sobre parámetros fisicoquímicos postcosecha. Los tratamientos con fuentes potásicas generaron incrementos significativos en sólidos solubles, firmeza, contenido de polifenoles, antocianinas, taninos y capacidad antioxidante (ABTS y DPPH), lo que sugiere una mejora en la calidad funcional y enológica de la fruta.

El tratamiento Mtest presentó el mayor contenido de °Brix (22), lo que indica una mejor acumulación de azúcares, favoreciendo la calidad enológica de la uva. Esto coincide con estudios que vinculen el potasio con el transporte de carbohidratos y la maduración uniforme del fruto.

La firmeza fue superior en los tratamientos S15 y S17, lo que sugiere que la fertilización potásica también contribuye a la integridad estructural del fruto, aspecto clave para la resistencia al transporte y la vinificación.

Los tratamientos M10 y S18 destacaron en contenido de polifenoles y capacidad antioxidante, lo que refuerza el papel del potasio en la síntesis de compuestos fenólicos con beneficios funcionales y sensoriales.

No se observaron diferencias significativas en flavonoides ni en parámetros de color (L, a, b), lo que sugiere que estos atributos podrían estar más influenciados por factores genéticos o ambientales que por la fertilización potásica.

La variedad Shiraz mostró mayor respuesta en firmeza y antioxidantes, mientras que Malbec destacó en °Brix y polifenoles, lo que indica que la respuesta a la fertilización potásica puede ser varietalmente dependiente.

En conjunto, los resultados respaldan el uso de fertilización potásica como una herramienta agronómica para mejorar la calidad de la uva a vinificación en zonas áridas, contribuyendo al desarrollo de vinos con mayor funcionalidad y diferenciación regional.

## CAPÍTULO VI. REFERENCIAS

- Alleweldt, G., & Spiegel-Roy, P. (1991). Grapevine genetics and breeding. *Theoretical and Applied Genetics*, 81(1), 1–10. <https://doi.org/10.1007/BF00226109>.
- Almanza Aguilera, E., Martínez Rodríguez, A., & Rodríguez Hernández, A. (2012). Caracterización fisicoquímica de vinos tinto Malbec con diferente tiempo de añejamiento. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(7), 1401–1413. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342012000700005](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000700005)
- Almirudis-Echeverría, J., & López, D, Tovar del Río, J., (2020). Evaluación de la actividad antioxidante por los métodos DPPH y ABTS en extractos vegetales. Universidad Tecnológica de Pereira. Recuperado el 26 de agosto de 2025 del Repositorio de UTP. <https://repositorio.utp.edu.co/entities/publication/32d48e6c-0676-44c3-bde6-c827ea08f7dd>
- Álvarez, M. (2020). Historia del vino en México: de la colonia a la modernidad. Editorial Enológica Mexicana.
- Arbačiauskas, J., Vaišvila, Z. J., Staugaitis, G., Žičkienė, L., Masevičienė, A., & Šumskis, D. (2023). The influence of mineral NPK fertiliser rates on potassium dynamics in soil: Data from a long-term agricultural plant

fertilisation experiment. *Plants*, 12(21), 3700.  
<https://doi.org/10.3390/plants12213700>

BASF México. (2022). Cultivo de uva: Técnicas y recomendaciones. BASF. Recuperado el 11 de agosto de 2025, de <https://agriculture.basf.com/mx/es/proteccion-de-cultivos-y-semillas/cultivos/cultivo-de-uva>

Benito Acebes, S. (2014). Aclareo de racimos y régimen hídrico: efectos en la calidad del mosto y del vino de la variedad Verdejo [Trabajo de fin de grado, Universidad de Valladolid]. Recuperado el 18 de agosto de 2025. De UVaDoc. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/5798/TFG-L434.pdf>

Boss, P. K., Davies, C., & Robinson, S. P. (1996). Anthocyanin composition and gene expression in the skin of Shiraz grapes during ripening. Citado en: Castañeda-Vázquez, B. I. (2010). Identificación y cuantificación de antocianinas en uvas Flame Seedless tratadas con oligosacáridos. CIAD. Recuperado el 14 de octubre de 2025, de <https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/295/1/CASTA%C3%91EDA-VAZQUEZ-BI10.pdf>

Carvalho, M., Herrera, F., Manchester, S. R., Jaramillo, C., & Wing, S. L. (2024). Fossil evidence of Vitaceae reveals the ancient origin of grapes in the Neotropics. *Science Advances*, 10(27), eadk1234. <https://espanol.umich.edu/noticias/2024/07/02/17218/>

- Castellarin, S. D., *et al.* (2007). Influence of potassium on anthocyanin biosynthesis in grapes. *Plant Physiology*, 143(3), 1213–1226.
- Chambilla Choque, J. (2012). Efecto de la fertilización nitrogenada y potásica en el rendimiento del cultivo de vid (*Vitis vinífera L.*) Cv. Malbec. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Recuperado de <https://ia803400.us.archive.org/6/items/manualzilla-id-6213270/6213270.pdf>
- Cheyrier, V., Dueñas-Paton, M., Salas, E., Maury, C., Souquet, J. M., Sarni-Manchado, P., & Fulcrand, H. (2006). Structure and properties of wine pigments and tannins. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57(3), 298–305. <https://doi.org/10.5344/ajev.2006.57.3.298>
- Christensen, L. P., Beede, R. H., & Peacock, W. L. (1990). Fall foliar sprays prevent boron-deficiency symptoms in grapes. *California Agriculture*, 44(6), 13–15.
- Ciudad, C. B., & Valenzuela, J. B. (2002). Contenido de flavonoles en uvas para vino cultivadas en el Valle de Casablanca, Chile. *Agricultura Técnica*, 62(1), 3–10. [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0365-28072002000100008](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072002000100008)
- Conde, C., *et al.* (2007). Polyphenol metabolism in grape tissues. *Phytochemistry Reviews*, 6(2), 125–143.

Consejo Mexicano Vitivinícola. (2023). Informe anual de producción vitivinícola en México. Recuperado el 5 de agosto de 2025 de <https://cmv.org.mx/informe2023>

Consejo Mexicano Vitivinícola (CMV). (2025). Consumo y producción nacional de vino en México: Informe estadístico. Consejo Mexicano Vitivinícola. Recuperado el 17 de noviembre de 2025, de <https://cmv.org.mx>

Coombe, B. G. (1992). Research on development and ripening of the grape berry. *American Journal of Enology and Viticulture*, 43(1), 101–110.

Defilippi, B., & Manríquez, D. (2021). Sistemas de medición de firmeza en uva de mesa y cerezas. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Chile. Recuperado el 13 de octubre de 2025 de <https://biblioteca.inia.cl>

Del Valle Leguizamón, G., González León, A., & Báez Sañudo, R. (2005). Antocianinas en uva (*Vitis vinifera* L.) y su relación con el color. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 28(4), 359–368. Recuperado el 22 de agosto de 2025 de, <https://www.redalyc.org/pdf/610/61028408.pdf>

Del Valle Leguizamón, G., González León, A., & Báez Sañudo, R. (2015). Antocianinas en uva (*Vitis vinifera* L.) y su relación con el color. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 43(2), 207–216. Recuperado el 14 de octubre de 2025, de <https://www.redalyc.org/pdf/610/61028408.pdf>

DOP Pla i Llevant. (2023). *Morfología floral de la vid y procesos de fecundación*. Consejo Regulador de la Denominación de Origen Protegida Pla i Llevant. Recuperado el 17 de noviembre de 2025, de <https://www.plaillevant.org>

Dordas, C. (2006). Foliar boron application improves seed set, seed yield, and seed quality of alfalfa. *Agronomy Journal*, 98(4), 907–913. <https://doi.org/10.2134/agronj2005.0325>

Facultad de Ciencias Agropecuarias - UNJBG. (2012). Evaluación de niveles de fertilización nitrogenada y potásica en *Vitis vinífera* L. Cv. Malbec. Repositorio Institucional UNJBG. <https://repositorio.unjbg.edu.pe/server/api/core/bitstreams/4f76e448-bbe0-45a7-8512-ceaa539a99a2/content>

Fasoli, M., Dal Santo, S., Zenoni, S., Torielli, G. B., Farina, L., Zamboni, A., Porceddu, A., Venturini, L., Bicego, M., Murari, E., & Pezzotti, M. (2014). Comparative study of ripening among berries of the grape cluster. *Journal of Experimental Botany*, 65(20), 5889–5902. <https://doi.org/10.1093/jxb/eru342>

Faustino, & Faustino. (2023). Conoce la uva Shiraz y sus características: una joya del mundo vitivinícola. Bodegas Faustino Rivero Ulecia. Recuperado 2 de septiembre de 2025, de <https://faustinorivero.com/vino/uva-shiraz/>

Fernández, A. (2012). Extracción y cuantificación de antocianinas en uvas tintas. Tesis de licenciatura, Facultad de Química, UNAM. Recuperado el 14 de octubre de 2025, de

<https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000822629/3/0822629.pdf>

Fernández-Escobar, R., García-Novelo, J. M., & Benlloch, M. (2002). Foliar fertilization of olive trees. *Journal of Plant Nutrition*, 25(4), 769–782. <https://doi.org/10.1081/PLN-120003383>

Fernández-Pachón, M. S., Villaño, D., Troncoso, A. M., & García-Parrilla, M. C. (2006). Revisión de los métodos de evaluación de la actividad antioxidante in vitro del vino y valoración de sus efectos in vivo. Recuperado 22 de agosto de 2025, de [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222006000200002](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222006000200002)

Fernández, V., & Brown, P. H. (2013). Foliar fertilization: Scientific principles and field practices. *International Fertilizer Industry Association (IFA)*. <https://www.fertilizer.org>

Fertilizantes Tepeyac. (2025). Ultrasol Magnit - Fertilizantes Tepeyac. Recuperado 20 de agosto de 2025, de <https://www.ftepeyac.com.mx/producto/ultrasol-magnit/>

Fuentes-Lara, L.O., (2020). Manual de Practicas de Laboratorio del Curso de Alimentos Funcionales. Departamento de Nutrición Animal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. P. 18.

Fundación Española de la Nutrición. (2013). La alimentación española: características nutricionales de los principales alimentos de nuestra dieta. MAPA-FEN. Recuperado el 18 de agosto del 2025 de, <https://www.fen.org.es/publicacion/mercado-saludable-de-los-alimentos-fen>

García-Mina, J. M. (1996). Eficacia de la fertilización foliar en cultivos hortícolas: estudio fisiológico y agronómico [Tesis doctoral, Universidad Pública de Navarra].

González Caballero, V. (2012). Determinación no destructiva de parámetros de calidad en uvas mediante espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano. Tesis doctoral, Universidad de Córdoba. Recuperado el 14 de octubre de 2025, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=69311>

González Miranda, T. (2021). Sinopsis botánica del Orden Vitales. Familias Vitáceas. En especial el género *Vitis* y la especie *V. vinifera* L. [Trabajo de Fin de Grado, Universidad de Sevilla]. Repositorio IDUS. <https://idus.us.es/handle/11441/123732>

González-Royo, E., *et al.* (2015). Influence of ripening and variety on grape composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(2), 276–284. <https://doi.org/10.1021/jf504638x>

Hamasaka, T., Kumazawa, S., & Nakayama, T. (2004). Antioxidant activity of Japanese propolis and its chemical constituents. *Food Chemistry*, 84(3),

329–339. Recuperado el 26 de agosto de 2025 de, [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00245-0](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00245-0)

Harbertson, J. F., & Spayd, S. (2006). Measuring phenolics in the winery. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57(3), 280–288.

Havlin, J. L., Tisdale, S. L., Nelson, W. L., & Beaton, J. D. (2014). *Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management* (8th Ed.). Pearson.

Havlin, J. L., Tisdale, S. L., Nelson, W. L., & Beaton, J. D. (2014). *Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management* (8th Ed.). Pearson.

Hong, K., Liu, J., Zhang, Y., Chen, Q., & Yang, H. (2012). Effect of chitosan coating on postharvest life and quality of mango (*Mangifera indica* L. cv. Tainong). *International Journal of Food Science & Technology*, 47(11), 2221–2229. Recuperado el 26 de agosto de 2025 de, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03088.x>

Havlin, J. L., Tisdale, S. L., Nelson, W. L., & Beaton, J. D. (2014). *Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management* (8th Ed.). Pearson.

Iland, P., Dry, P., Proffitt, T., & Tyerman, S. (2011). *The Grapevine: From the Science to the Practice of Growing Vines for Wine*. Winetitles.

Informes de Expertos. (2025). *Mercado del vino en México: Perspectivas y crecimiento 2025–2034*. Informes de Expertos. Recuperado el 17 de

noviembre de 2025, de  
<https://www.informesdeexpertos.com/informes/mercado-del-vino-en-mexico>

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). (2020). Manual de técnicas analíticas para la evaluación de compuestos fenólicos en uvas. INTA Mendoza-San Juan. Recuperado el 14 de octubre de 2025, de <https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/6665>

Jackson, R. S. (2014). *Wine Science: Principles and Applications* (4th ed.). Academic Press. Capítulo 6: Chemical Constituents of Grapes and Wine, Páginas 347–426. Recuperado el 18 de agosto de 2025.

Jackson, R. S. (2020). *Wine Science: Principles and Applications* (5th ed.). Academic Press.

Jiménez Jumbo, J., Cando, J., & Grefa, M. (2022). Determinación de la acidez titulable en cítricos amazónicos: correlación con la madurez y la susceptibilidad a la pudrición. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria*, 6(3), 4567–4580. Recuperado de, [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v6i3.9481](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i3.9481)

Keller, M. (2010). Managing grapevines to optimise fruit development in a challenging environment: A climate change perspective. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 16(1), 56–69. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2009.00074.x>

- Keller, M. (2015). *The Science of Grapevines: Anatomy and Physiology* (2nd Ed.). Academic Press.
- Kennedy, J. A. (2006). Grape and wine tannins: An overview. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57(3), 239–247.
- Kennedy, J. A., Saucier, C., & Glories, Y. (2006). Grape and wine phenolics: History and perspective. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57(3), 239–248.
- Laboratorio Seyco. (2025). Medición del color del vino con espectrofotometría UV-Vis. Recuperado el 14 de octubre de 2025, de <https://www.laboratorioseyco.com/color-del-vino/>
- Lu, R., Ariana, D. P., & Guyer, D. E. (2010). Comparison of hyperspectral imaging and fluorescence spectroscopy for detecting internal defects in pickling cucumbers. *Postharvest Biology and Technology*, 56(1), 1–6. Recuperado el 26 de agosto de 2025 de, <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2009.09.002>
- Maftoonazad, N., Ramaswamy, H. S., Moalemiyan, M., & Kushalappa, A. C. (2007). Effect of pectin-based edible emulsion coating on changes in quality of avocado exposed to *Lasiodiplodia theobromae* infection. *Carbohydrate Polymers*, 68(2), 341–349. Recuperado el 26 de agosto de 2025 de, <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2006.11.022>

- Marschner, H. (2012). *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants* (3rd ed.). Academic Press.
- Martínez, A., *et al.* (2021). Composición química de uvas Malbec en condiciones áridas. *Revista de Viticultura Mexicana*, 12(1), 45–52.
- Martínez de Toda, F., & Sancha, J. C. (1997). Characterization of grapevine cultivars by morphological and agronomic traits. *Vitis*, 36(1), 7–14.
- Maul, F., Sanz, C., & Pérez, A. G. (2000). Effect of storage conditions on the quality of minimally processed strawberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(12), 5955–5961. Recuperado el 26 de agosto de 2025 de, <https://doi.org/10.1021/jf000574d>
- McGovern, P. E. (2003). *Ancient wine: The search for the origins of viniculture*. Princeton University Press.
- Medina-Morales, M.A., Rojas-Molina, R., Rodríguez-Herrera, R. & Aguilar, C.N. (2012). *Manual de Métodos de Laboratorio del Departamento de Investigación en Alimentos de la Universidad Autónoma de la Universidad Autónoma de Coahuila. DIA-UAdeC, Vol. 1. Saltillo, Coahuila, México. P. 73.*
- Medina-Morales, S., Rodríguez-Méndez, A., & Martínez-González, J. (2012). Evaluación de compuestos fenólicos y actividad antioxidante en extractos vegetales mediante el método de Folin-Ciocalteu. *Universidad Autónoma*

de Coahuila. Recuperado el 26 de agosto de 2025, de <https://ceteca.net/wp-content/uploads/2023/09/10-Polifenoles-totales.pdf>

Medina-Morales, S. (2012). Evaluación de parámetros edáficos en sistemas agrícolas. Universidad Autónoma de Coahuila.

Mex-Álvarez, R. M. de J., Guillen-Morales, M. M., & Ceh-Ac, C. A. (2022). Microtitulación para la determinación de la acidez titulable de tés (*Camellia sinensis*). *RIDE. Revista Iberoamericana de Investigación y Desarrollo Educativo*, 12(24), 1–20. Recuperado de, <https://doi.org/10.23913/ride.v12i24.1138>

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). (2004). Importancia del potasio en la fertirrigación de la vid. *Revista Vida Rural*, 185, 44–47. Recuperado de [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf\\_vrural/vrural\\_2004\\_185\\_44\\_47.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_vrural/vrural_2004_185_44_47.pdf)

Monteiro, A. I., Malheiro, A. C., & Bacelar, E. A. (2021). Morphology, physiology and analysis techniques of grapevine bud fruitfulness: A review. *Agriculture*, 11(2), 127. <https://doi.org/10.3390/agriculture11020127>  
tesxto referencia

Morales-Eraza, M., Rodríguez-Restrepo, A., & Rodríguez-Restrepo, J. (2019). Técnicas de titulación ácido-base: consideraciones metrológicas. *Revista Colombiana de Química*, 48(1), 5–12. Recuperado el 11 de noviembre del 2025 de,

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-28042019000100026](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28042019000100026)

Ortega-Heras, M., *et al.* (2020). Efecto de la nutrición potásica en la textura de la uva. *Food Chemistry*, 310, 125–132.

Peña-Neira, Á. (2021). Los taninos y su importancia. Universidad de Chile. Recuperado el 22 de agosto de 2025, de <https://www.uchile.cl/>

Perea, D. (2024). Uva Syrah, una uva francesa estelar dentro de los vinos. *Gourmet de México: Vive el placer de la gastronomía*. Recuperado 11 de agosto de 2025, de <https://gourmetdemexico.com.mx/bebidas/uva-syrah-uva-francesa-estrella-de-vinos/>

Pouget, R. (1981). Action de la température sur la différenciation des bourgeons de la vigne cultivée (*Vitis vinifera* L.). *Vitis*, 20(2), 136–146.

Pratt, C. (1974). Reproductive anatomy of *Vitis*. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 61(1), 116–132. <https://doi.org/10.2307/2395023>

Puerto Guerrero, O., Mejía de Tafur, S., Menjivar Flores, J. C., & Puentes Páramo, Y. J. (2014). Influencia del potasio en el cultivo de la vid (*Vitis labrusca*) cv. Isabella. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado el 20 de agosto del 2025 de, <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/5129564.pdf>

Ramírez Capia, C. A. (2019). Determinación de sólidos solubles en uva. Recuperado el 20 de agosto de 2025 de, <https://pdfcookie.com/documents/determinacion-de-solidos-solubles-en-uva-3lkzpk9mzqlk>.

Reyes-Reyna, R. M., Segura-Ceniceros, E. P., Iliná, A., Ascacio-Valdés, J. A., Rodríguez-Herrera, R., Vargas-Segura, A., Ruelas-Chacón, X., & Flores-Gallegos, A. C. (2023). Determinación del contenido polifenólico en orujo de uva de diferentes variedades procedentes de la región de Coahuila. Universidad Autónoma de Coahuila. Recuperado el 22 de agosto de 2025 de <https://www.uadec.mx/>

Ribéreau-Gayon, P., Glories, Y., Maujean, A., & Dubourdieu, D. (2006). Handbook of Enology: Volume 2. The Chemistry of Wine and Stabilization and Treatments. Wiley. Parte I: Wine Chemistry, Páginas 1–280. Recuperado el 18 de agosto de 2025.

Rodríguez, F., Camacho, E., Fernández, J., & Moreno, M. A. (2008). Modeling fertigation in horticultural crops: Application to tomato. *Agricultural Water Management*, 96(3), 462–474. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.09.013>

Robinson, J., Harding, J., & Vouillamoz, J. (2012). *Wine Grapes: A Complete Guide to 1,368 Vine Varieties, Including Their Origins and Flavours*. HarperCollins.

Robles Calderón, R., Muñoz, O. F., & Chirre Flores, J. H. (2016). Estudio del consumo de azúcares reductores durante la fermentación alcohólica del mosto de uva Italia para la obtención de vino blanco. *Industrial Data*, 19(2), 104–110. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. <https://doi.org/10.15381/idata.v19i2.12842>

Rubio Cano, J. A. (2002). Riego y aclareo de racimos: efectos en la actividad fisiológica, en el control del rendimiento y en la calidad de la uva del cv. Tempranillo (*Vitis vinifera* L.) [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid]. Recuperado el 18 de agosto de 2025. <https://oa.upm.es/828/1/02200221.pdf>

Ruiz Benítez, M. L. (2020). Guía de laboratorio: determinación de la actividad antioxidante. Universidad Simón Bolívar. Recuperado el 22 de agosto de 2025 de Unisimon.

Sarneckis, C. J., Dambergs, R. G., Jones, P., Mercurio, M., Herderich, M. J., & Smith, P. A. (2006). Cuantificación de los taninos condensados mediante precipitación con metil-celulosa: puesta a punto de un análisis para uvas y vino. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 12(1), 39–49. <https://www.infowine.com/es/cuantificacion-de-los-taninos-condensados-mediante-precipitacion-con-metil-celulosa-puesta-a-punto-de-un-analisis-para-uvas-y-vino/>

Segovia, A. F., Gómez, P. E., Lorenzo, M. E., Olivera, L. G., & Delgado, A. V. (2019). Determinación de polifenoles totales y actividad antioxidante en

orujo de vid de las variedades Malbec y Torrontés Riojano. Revista del Cizas, Universidad Nacional de Catamarca. Recuperado el 14 de octubre de 2025, de <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/175243>

Sentís, J., Martín, I., Eymar, E., Rodríguez, A. M., Argueta, M., & Marín, J. (2004). Importancia del potasio en la fertirrigación de la vid. *Revista Vida Rural*, (185), 44–47. Recuperado el 20 de agosto de 2025 de, [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf\\_vrural/vrural\\_2004\\_185\\_44\\_47.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_vrural/vrural_2004_185_44_47.pdf)

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2022). Producción de uva en México. Gobierno de México. Recuperado el 19 de agosto del 2025 de, [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/771603/Produccion\\_Uva\\_en\\_Mexico.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/771603/Produccion_Uva_en_Mexico.pdf)

Silvetti, F. (2024). ¿Qué son la vid y el sarmiento? Descubre sus diferencias | Blog BordeRío. BordeRío. Recuperado 12 de agosto de 2025, de <https://blog.borderio.com/diferencia-entre-pampano-y-sarmiento/>

Sima, C. (2024). El vino mexicano: de la colonia a la actualidad - CIVyL. CIVyL. Recuperado el 5 de agosto de 2025, de <https://www.civyl.com.mx/el-vino-mexicano/>.

Steemit. (2020). La uva, su composición química y fitoquímicos que producen efectos promotores en la salud. Recuperado el 18 de agosto del 2025 de,

<https://steemit.com/steemstem/@capp/la-uva-su-composici--1583440117>

Hydro Environment. (2023). Sulfato de Cobre para Plantas 1 kg. Recuperado el 11 de noviembre de 2025, de <https://hydroenv.com.mx/producto/153-kilogramo-de-sulfato-de-cobre-soluble/>

This, P., Lacombe, T., & Thomas, M. R. (2006). Historical origins and genetic diversity of wine grapes. *Trends in Genetics*, 22(9), 511–519. <https://doi.org/10.1016/j.tig.2006.07.008>

Top Vinum. (2020). *Tipos de uva para vino que más se utilizan en el mundo*. Recuperado el 11 de noviembre de 2025, de <https://www.topvinum.com/blogs/noticias/tipo-de-uvas-para-vino-mas-usados-en-el-mundo>

Tomás-Barberán, F. A., & Espín, J. C. (2001). Phenolic compounds and antioxidant activity in grapes and wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(3), 1189–1196.

Ubeda, C., Peña-Neira, Á., & Jofré, V. (2002). Contenido de flavonoles en uvas para vino cultivadas en el Valle de Casablanca, Chile. *Ciencia e Investigación Agraria*, 29(1), 3–12. Recuperado el 14 de octubre de 2025, de [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0365-28072002000100008](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072002000100008)

Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM). (2021). Caracterización antioxidante de vinos tintos artesanales mediante HPLC. Centro de Investigación en Alimentos. Recuperado el 14 de octubre de 2025, de <https://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/3064/RECMSR05T.pdf?sequence=1>

Universidad Complutense de Madrid. (2019). Enología – Morfología de la vid. Yemas y sus tipos. Studocu. Recuperado el 13 de agosto de 2025 de, <https://www.studocu.com/es/document/universidad-complutense-de-madrid/bromatologia/enologia/75450206>

Universidad de Concepción. (2012). Evaluación de la capacidad antioxidante en vinos tintos y sus respectivos mostos. Tesis de pregrado, Facultad de Ingeniería Agrícola. Recuperado el 14 de octubre de 2025, de <https://repositorio.udec.cl/items/a70b62bb-53b7-498c-a146-566119631195>

Universidad de La Rioja. (2015). Capítulo 6: Método oficial de determinación del color del vino. Recuperado el 14 de octubre de 2025, de [https://www.unirioja.es/cu/fede/color\\_de\\_vino/capitulo06.pdf](https://www.unirioja.es/cu/fede/color_de_vino/capitulo06.pdf)

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). (2023). Desarrollo de métodos espectrofotométricos para la detección de la capacidad antioxidante en uvas. Facultad de Química. Recuperado el 14 de octubre de 2025, de <https://ru.dgb.unam.mx/bitstreams/869dfac7-201b-440b-a36e-253750d5fb44/download>

Universidad Politécnica de Madrid. (1984). Morfología de la planta de vid (*Vitis vinifera* L.). Moodle UPM. Recuperado el 12 de agosto de 2025, de [https://moodle.upm.es/en-abierto/pluginfile.php/858/mod\\_label/intro/tema1morfologia.pdf](https://moodle.upm.es/en-abierto/pluginfile.php/858/mod_label/intro/tema1morfologia.pdf)

Valdivia Bailón, J. R. (2024). Perfil sensorial de vino de las variedades Syrah y Malbec del estado de Chihuahua [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio UNAM. <https://ru.dgb.unam.mx/bitstreams/c452f269-68e4-4922-b3fb-4dc1faf35f5a/download>

Van Leeuwen, C., Destrac-Irvine, A., Dubernet, M., Duchêne, E., Gowdy, M., Marguerit, E., Pieri, P., Parker, A., de Rességuier, L., & Ollat, N. (2019). An update on the impact of climate change on viticulture and potential adaptations. *Agronomy*, 9(9), 514. <https://doi.org/10.3390/agronomy9090514>

Variedades de Uva Más Cultivadas en el Mundo Vinícola – Jesús Diez. (2021). Recuperado 19 de agosto de 2025, de <https://www.vinicultura.com.mx/articulos/variedades-uva-mas-cultivadas-mundo-vinicola/>

Vidal, J., & Vidal, M. (2024). Manual de nutrición en viticultura. Ediciones Enológicas. Recuperado el 13 de octubre de 2025.

Vidal, V. B., & Vidal, V. B. (2024). Abonado: el potasio (K) en la fertilización de la viña. VitiViniCultura.net. Recuperado 5 de agosto de 2025, de <https://www.vitivinicultura.net/abonado-de-la-vid-potasio.html>

Vidal, V. B., & Vidal, V. B. (2024). Abonado Viña: Zinc (Zn). Efecto, carencia, exceso. VitiViniCultura.net. Recuperado 20 de agosto de 2025, de <https://www.vitivinicultura.net/abonado-vina-zinc-zn.html>

Vinetur. (2017). Anatomía de la vid. Vinetur. Recuperado el 12 de agosto de 2025, de <https://www.vinetur.com/2020032459800/anatomia-de-la-vid.html>

Vinetur. (2017). Las sorprendentes propiedades de los flavonoides del vino. Vinetur. Recuperado el 22 de agosto de 2025 de, <https://www.vinetur.com/2017070628800/las-sorprendentes-propiedades-de-los-flavonoides-del-vino.html>

Vinetur. (2018). ¿Qué son los antocianos de la uva y qué aportan al vino? Vinatur. Recuperado el 22 de agosto de 2025 de, <https://www.vinetur.com/2018032146614/que-son-los-antocianos-de-la-uva-y-que-aportan-al-vino.html>

Vinetur. (2023). Fertirrigación en la vid: en qué consiste y sus ventajas. Vinetur. Recuperado el 20 de agosto de 2025 de, <https://www.vinetur.com/2023051573370/fertirrigacion-en-la-vid-en-que-consiste-y-sus-ventajas.html>

Virginia. (2024). Características de la uva Malbec: lo que necesitas saber. heywinelovers.com. Recuperado 2 de septiembre de 2025, de <https://heywinelovers.com/caracteristicas-de-la-uva-malbec/>

*Vitis vinifera ssp. Vinifera cv.* (2021). Identificación de plantas. Recuperado 11 de agosto de 2025, de <https://plantasflores.com/vitis-vinifera-ssp-vinifera-cv/>

Vitivinicultura.net. (2011). Clorosis férrica en vid: síntomas, daños y control. Recuperado el 20 de agosto de 2025, de <https://www.vitivinicultura.net/hierro-fe-fertilizacion-del-vinedo.html>

Waterhouse, A. L., Sacks, G. L., & Jeffery, D. W. (2016). Understanding Wine Chemistry. Wiley. Capítulo 2: Wine Components, Páginas 38–188. Recuperado el 18 de agosto del 2025

Wikifarmer Editorial Team. (2025). Gestión de fertilizantes para la vid. Wikifarmer. Recuperado el 19 de agosto de 2025, de <https://wikifarmer.com/library/es/article/fertilizante-para-uva-fertilizacion-en-uva-de-mesa-programa-de-fertilizacion-para-vinedo>

YaraTera CALCINIT | YaRA México. (2021, 23 de noviembre). Yara México. Recuperado 20 de agosto de 2025, de <https://www.yara.com.mx/nutricion-vegetal/productos/yaratera/yaratera-calcinit/>

Zebec, V., Lisjak, M., Jović, J., Kujundžić, T., Rastija, D., & Lončarić, Z. (2021). Vineyard fertilization management for iron deficiency and chlorosis prevention on carbonate soil. *Horticulturae*, 7(9), 285. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7090285>

Zhou, T., Zhang, T., Liu, W., & Zhao, G. (2011). Physicochemical characteristics and functional properties of grape (*Vitis vinifera* L.) seed protein. *International Journal of Food Science and Technology*, 46(3), 635–641. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02532.x>

# ANEXOS

**Anexo 1.** ANOVA de los grados Brix de las variedades Malbec y Shiraz con tratamientos de la fertilización potásica.

## Analysis of variance

Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	CV
Grados Brix	30	0.68	0.54	5.15

## Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	43.20	9	4.80	4.80	0.0017
Tratamientos	43.20	9	4.80	4.80	0.0017
Error	20.00	20	1.00		
Total	63.20	29			

## Test: Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=1.70318

Error: 1.0000 df: 20

Tratamientos	Means	n	S.E.	
Mtest	22.00	3	0.58	A
S17	21.00	3	0.58	A B
M2	20.00	3	0.58	B C
Stest	19.00	3	0.58	C D
S18	19.00	3	0.58	C D
M4	19.00	3	0.58	C D
M6	19.00	3	0.58	C D
M10	19.00	3	0.58	C D
S16	18.00	3	0.58	D
S15	18.00	3	0.58	D

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

**Anexo 2.** ANOVA de la firmeza de las variedades Malbec y Shiraz con tratamientos de la fertilización potásica.

Analysis of variance

Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	CV
Firmeza, N	60	0.37	0.26	43.70

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	189.67	9	21.07	3.30	0.0032
Tratamientos	189.67	9	21.07	3.30	0.0032
Error	319.64	50	6.39		
Total	509.30	59			

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=2.93202

Error: 6.3927 df: 50

Tratamientos	Means	n	S.E.
S15	9.07	6	1.03 A
S17	7.91	6	1.03 A B
S16	7.50	6	1.03 A B C
S test	6.18	6	1.03 A B C D
S18	5.94	6	1.03 B C D
M6	4.90	6	1.03 C D
M10	4.63	6	1.03 C D
M4	4.23	6	1.03 D
M2	4.20	6	1.03 D
Mtest	3.31	6	1.03 D

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

**Anexo 3.** ANOVA de color de las variedades Malbec y Shiraz con tratamientos de la fertilización potásica.

Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	CV
L	60	0.17	0.02	8.98

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	49.30	9	5.48	1.16	0.3409
Tratamiento	49.30	9	5.48	1.16	0.3409
Error	236.22	50	4.72		
Total	285.52	59			

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=2.52055

Error: 4.7244 df: 50

Tratamiento	Means	n	S.E.
STEST	25.85	6	0.89 A
M4	25.13	6	0.89 A B
M2	24.76	6	0.89 A B
S16	24.62	6	0.89 A B
S17	24.59	6	0.89 A B
M10	24.01	6	0.89 A B
M6	23.87	6	0.89 A B
MTEST	23.34	6	0.89 A B
S18	23.32	6	0.89 B
S15	22.67	6	0.89 B

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	CV
a	60	0.26	0.13	82.21

**Analysis of variance table (Partial SS)**

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	36.07	9	4.01	1.94	0.0675
Tratamiento	36.07	9	4.01	1.94	0.0675
Error	103.38	50	2.07		
Total	139.45	59			

**Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=1.66746**

Error: 2.0676 df: 50

Tratamiento	Means	n	S.E.	
M4	-0.34	6	0.59	A
M2	-0.94	6	0.59	A B
S17	-1.12	6	0.59	A B
S16	-1.24	6	0.59	A B C
STEST	-1.67	6	0.59	A B C
MTEST	-2.12	6	0.59	B C
M6	-2.16	6	0.59	B C
S15	-2.49	6	0.59	B C
M10	-2.53	6	0.59	B C
S18	-2.88	6	0.59	C

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	CV
b	60	0.13	0.00	689.10

**Analysis of variance table (Partial SS)**

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	69.08	9	7.68	0.84	0.5821
Tratamiento	69.08	9	7.68	0.84	0.5821
Error	456.15	50	9.12		
Total	525.23	59			

**Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=3.50261**

Error: 9.1229 df: 50

Tratamiento	Means	n	S.E.	
M6	2.38	6	1.23	A
S18	1.62	6	1.23	A B
MTEST	1.30	6	1.23	A B
S15	0.97	6	1.23	A B
S16	0.36	6	1.23	A B
S17	0.19	6	1.23	A B
M4	-0.02	6	1.23	A B
STEST	-0.35	6	1.23	A B
M10	-0.78	6	1.23	A B
M2	-1.28	6	1.23	B

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

**Anexo 4.** ANOVA de acidez titulable de las variedades Malbec y Shiraz con tratamientos de la fertilización potásica.

Analysis of variance

Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	CV
Acidez titulable, %	30	0.39	0.11	31.97

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	2.3E-05	9	2.5E-06	1.40	0.2509
Tratamiento	2.3E-05	9	2.5E-06	1.40	0.2509
Error	3.6E-05	20	1.8E-06		
Total	5.8E-05	29			

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=0.00227

Error: 0.0000 df: 20

Tratamiento	Means	n	S.E.
S TEST	0.01	3	7.7E-04 A
S17	0.01	3	7.7E-04 A B
M10	4.8E-03	3	7.7E-04 A B
S15	4.8E-03	3	7.7E-04 A B
S18	4.3E-03	3	7.7E-04 A B
S16	4.0E-03	3	7.7E-04 A B
M6	4.0E-03	3	7.7E-04 A B
M TEST	3.3E-03	3	7.7E-04 B
M4	3.0E-03	3	7.7E-04 B
M2	3.0E-03	3	7.7E-04 B

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

**Anexo 5.** ANOVA de flavonoides de las variedades Malbec y Shiraz con tratamientos de la fertilización potásica.

Analysis of variance

Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	CV
Flavonoides, mg/g	30	0.27	0.00	15.69

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	1.4E-03	9	1.6E-04	0.83	0.6002
Tratamiento	1.4E-03	9	1.6E-04	0.83	0.6002
Error	3.8E-03	20	1.9E-04		
Total	0.01	29			

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=0.02337

Error: 0.0002 df: 20

Tratamiento	Means	n	S.E.
M6	0.10	3	0.01 A
S TEST	0.09	3	0.01 A
S16	0.09	3	0.01 A
M TEST	0.09	3	0.01 A
M2	0.09	3	0.01 A
S18	0.09	3	0.01 A
S15	0.09	3	0.01 A
M10	0.08	3	0.01 A
S17	0.08	3	0.01 A
M4	0.07	3	0.01 A

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

**Anexo 6.** ANOVA de polifenoles de las variedades Malbec y Shiraz con tratamientos de la fertilización potásica.

Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	CV
Polifenoles CE GA uL/g	30	0.94	0.91	6.46

**Analysis of variance table (Partial SS)**

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	49441.52	9	5493.50	35.04	<0.0001
Tratamiento	49441.52	9	5493.50	35.04	<0.0001
Error	3135.69	20	156.78		
Total	52577.22	29			

**Test: Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=21.32616**

Error: 156.7847 df: 20

Tratamiento	Means	n	S.E.			
M10	295.86	3	7.23	A		
S18	222.59	3	7.23		B	
S TEST	215.18	3	7.23		B	C
M4	199.19	3	7.23		C	D
M6	181.84	3	7.23		D	E
M TEST	176.20	3	7.23		E	F
S17	174.22	3	7.23		E	F
S16	159.73	3	7.23			F
M2	157.63	3	7.23			F
S15	155.79	3	7.23			F

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

**Anexo 7.** ANOVA de taninos condensados de las variedades Malbec y Shiraz con tratamientos de la fertilización potásica.

Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	CV
Taninos mg/g	30	0.55	0.35	43.46

**Analysis of variance table (Partial SS)**

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	0.01	9	9.6E-04	2.76	0.0280
Tratamiento	0.01	9	9.6E-04	2.76	0.0280
Error	0.01	20	3.5E-04		
Total	0.02	29			

**Test: Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=0.03180**

Error: 0.0003 df: 20

Tratamiento	Means	n	S.E.			
S TEST	0.08	3	0.01	A		
S18	0.05	3	0.01	A	B	
M10	0.05	3	0.01	A	B	
S17	0.05	3	0.01	A	B	
S16	0.04	3	0.01		B	C
M TEST	0.04	3	0.01		B	C
S15	0.04	3	0.01		B	C
M2	0.03	3	0.01		B	C
M6	0.03	3	0.01		B	C
M4	0.01	3	0.01			C

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

**Anexo 8.** ANOVA de antocianinas de las variedades Malbec y Shiraz con tratamientos de la fertilización potásica.

Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	CV
Antocianinas mg/g	30	0.55	0.35	43.46

**Analysis of variance table (Partial SS)**

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	0.01	9	9.6E-04	2.76	0.0280
Tratamiento	0.01	9	9.6E-04	2.76	0.0280
Error	0.01	20	3.5E-04		
Total	0.02	29			

**Test: Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=0.03180**

Error: 0.0003 df: 20

Tratamiento	Means	n	S.E.		
S TEST	0.08	3	0.01	A	
S18	0.05	3	0.01	A	B
M10	0.05	3	0.01	A	B
S17	0.05	3	0.01	A	B
S16	0.04	3	0.01	B	C
M TEST	0.04	3	0.01	B	C
S15	0.04	3	0.01	B	C
M2	0.03	3	0.01	B	C
M6	0.03	3	0.01	B	C
M4	0.01	3	0.01	C	

Means with a common letter are not significantly different ( $p > 0.05$ )

**Anexo 9.** ANOVA de la capacidad antioxidante (DPPH) de las variedades Malbec y Shiraz con tratamientos de la fertilización potásica.

Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	CV
DPPH, CE de Trolox $\mu\text{mol/g}$	30	0.58	0.38	18.07

**Analysis of variance table (Partial SS)**

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	812710.64	9	90301.18	3.01	0.0192
Tratamiento	812710.64	9	90301.18	3.01	0.0192
Error	599507.61	20	29975.38		
Total	1412218.25	29			

**Test: Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=294.87863**

Error: 29975.3803 df: 20

Tratamiento	Means	n	S.E.		
S17	1140.15	3	99.96	A	
S18	1120.84	3	99.96	A	B
S15	1091.00	3	99.96	A	B
S TEST	1048.87	3	99.96	A	B
M10	1017.28	3	99.96	A	B C
S16	1008.50	3	99.96	A	B C
M4	966.38	3	99.96	A	B C
M2	827.71	3	99.96	B	C D
M6	738.20	3	99.96	C	D
M TEST	620.60	3	99.96	D	

Means with a common letter are not significantly different ( $p > 0.05$ )

**Anexo 10.** ANOVA de la capacidad antioxidante (ABTS) de las variedades Malbec y Shiraz con tratamientos de fertilización potásica.

Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	CV
ABTS, CE Trolox $\mu\text{mol/g}$	30	0.99	0.98	0.24

**Analysis of variance table (Partial SS)**

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	3.8E-03	9	4.3E-04	190.02	<0.0001
Tratamiento	3.8E-03	9	4.3E-04	190.02	<0.0001
Error	4.5E-05	20	2.3E-06		
Total	3.9E-03	29			

**Test: Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=0.00256**

Error: 0.0000 df: 20

Tratamiento	Means	n	S.E.			
M4	0.64	3	8.7E-04	A		
S15	0.64	3	8.7E-04	A	B	
M6	0.64	3	8.7E-04	A	B	
S16	0.64	3	8.7E-04		B	C
S18	0.63	3	8.7E-04			C
S TEST	0.63	3	8.7E-04			D
M2	0.63	3	8.7E-04			E
S17	0.63	3	8.7E-04			E
M TEST	0.62	3	8.7E-04			F
M10	0.60	3	8.7E-04			G

Means with a common letter are not significantly different ( $p > 0.05$ )