



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica
y del Medio Natural

EFFECTOS DEL CAOLÍN SOBRE LA CALIDAD DE VINOS
OBTENIDOS DE LAS VARIEDADES TEMPRANILLO Y
MARSELAN

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Enología

AUTOR/A: Pinto Gonzales, Carolina Ruth

Tutor/a: Lizama Abad, Victoria

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	
1. Viticultura en España	1
2. Desarrollo y Maduración de la uva	1
3. Adaptación de la viticultura al cambio climático	3
JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	
2.1. Justificación.....	6
2.2 Objetivos	7
2.3 Objetivos de desarrollo sostenible (ODS).	7
MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1 Zona de estudio.....	8
3.2 Variedades de vid.....	8
3.2.1 Variedad Tempranillo	8
3.2.2 Variedad Marselan	9
3.3 Plan de trabajo	9
3.3.1. Vinificación:.....	10
3.4 Análisis general de vinos.....	12
3.4.1 Medición de pH	12
3.4.2 Acidez Total	12
3.4.3 Acidez volátil.	12
3.4.4 Grado Alcohólico Método de BARUS.....	12
3.5 Análisis de polifenoles en vino	12
3.5.1 Intensidad colorante (IC) y Tonalidad (T).....	13
3.5.2 Índice de polifenoles totales (IPT).....	13
3.5.3 Taninos condensados Totales	13
3.5.4 Antocianos Totales.....	14
3.5.5 Índice PVPP	14
3.5.6 Índice de DMACH:	14
3.5.7 Índice de Gelatina	15
3.5.8 Determinación de Catequinas	15
3.5.9 Análisis de antocianos, método de HPLC.	15
3.6 Análisis estadístico.....	16

RESULTADOS Y DISCUSIONES	
4.1 Análisis de componentes generales de los vinos	17
4.1.1 Grado alcohólico	18
4.1.2 Acidez volátil.	18
4.1.3 Acidez Total y pH	19
4.2 Análisis de polifenoles	19
4.2.1 Intensidad colorante	20
4.2.2 Tonalidad	21
4.2.3 Índice de polifenoles totales (IPT)	22
4.2.4 Taninos	23
4.2.5 Índice de gelatina	24
4.2.6 Índice de DMACH	25
4.2.7 Catequinas	26
4.2.8 Índice de PVPP	26
4.2.9 Antocianos totales	27
4.2.10 Antocianos por el método HPLC	28
CONCLUSIONES	
5.1 Conclusiones	32
BIBLIOGRAFÍA	
6.1 Bibliografía	33



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIERÍA AGRONÓMICA Y DEL
MEDIO AMBIENTE

Ficha resumen del trabajo
de Fin de máster.

Datos personales

Nombre y apellidos: Carolina Ruth Pinto Gonzales

Datos del trabajo de fin de Máster

Título del TFM: Efectos del caolín sobre la calidad de vinos obtenidos de las variedades Tempranillo y Marselan

Lugar de realización: Universidad Politécnica de Valencia Fecha entrega:

Titulación: Máster en Enología

Director/a: Victoria Lizama Abad

Resumen

En los últimos años el sector vitivinícola se ha visto afectado por el cambio climático y sus efectos sobre los cultivos. En la zona del mediterráneo este cambio se ha manifestado con un incremento en las temperaturas y la escasez de lluvias, lo que obliga a los viticultores a plantearse técnicas para mitigar el efecto del cambio climático sobre la calidad de los vinos.

Una de las técnicas empleadas para reducir la evapotranspiración de la viña es la aplicación de caolín, que es una arcilla blanca, no tóxica, empleada en muchos otros cultivos frutales y que han dado excelentes resultados.

Este trabajo analiza el efecto que tiene la aplicación de caolín en solución, sobre los viñedos de las variedades de Tempranillo y Marselan. Se analizaron los componentes generales del vino concluyendo que el Caolín sí afecta al grado alcohólico y la acidez, volátil pero que no tiene efecto sobre el pH y la acidez total del vino. En el análisis de polifenoles el Caolín en ambas variedades no influye en la IC, Taninos, índice de DMACH, PVPP y los antocianos Totales. En cambio para la Tonalidad, el índice de polifenoles totales (IPT), índice de Gelatina y la concentración de Catequinas, el comportamiento de cada variedad es diferente después del tratamiento con Caolín.

En general el efecto que ejerce el tratamiento con Caolín sobre las muestras es más favorable en la variedad Marselan, en cambio en la variedad Tempranillo la aplicación de caolín no causa efectos significativos.

Palabras clave

Caolín, viñedo, Marselan, Tempranillo, vino, análisis, polifenoles.

Abstract

In recent years the wine sector has been affected by climate change and its effects on crops. In the Mediterranean area, this change has manifested itself with an increase in temperatures and a lack of rain, which forces winegrowers to consider techniques to mitigate the effect of climate change on the quality of wines.

One of the techniques used to reduce evapotranspiration in the vineyard is the application of kaolin, which is white, non-toxic clay, used in many other fruit crops and which has given excellent results.

This work analyzes the effect that the application of kaolin in solution has on the vineyards of the Tempranillo and Marselan varieties. The general components of the wine were analyzed, concluding that Kaolin does affect the alcoholic level and acidity, and is volatile but has no effect on the pH and total acidity of the wine. In the analysis of polyphenols, Kaolin in both varieties does not influence the IC, Tannins, DMACH index, PVPP and Total anthocyanins. On the other hand, for Tonality, the total polyphenol index (TPI), Gelatin index and the concentration of Catechins, the behavior of each variety is different after treatment with Kaolin.

In general, the effect that Kaolin treatment has on the samples is more favorable in the Marselan variety; however in the Tempranillo variety the application of kaolin does not cause significant effects.

Key words

Kaolin, vineyard, Marselan, Tempranillo, wine, analysis, polyphenols.

INTRODUCCIÓN

1. Viticultura en España

La viticultura en España viene desarrollándose desde los fenicios en el año 1100 a. C y se ha extendido por todo el territorio nacional hasta llegar a ser el segundo país con las mayores extensiones de cultivo de viña a nivel mundial (924.444 ha en el 2022), destinando 5.608.932 Tn de uva anuales para la producción de vino (Mapa, 2023). En los últimos años la producción mundial ha sufrido un descenso del 0.5%, como consecuencia del cambio climático y de las enfermedades fúngicas (Oiv, 2024).

En España se produce anualmente 36.420.000 hL de vino de los cuales una gran parte está destinada a la exportación siendo los principales consumidores Estados Unidos, Francia, Italia, Alemania etc. (Oiv, 2024).

En la Comunidad Valenciana se cultivan 56.773 hectáreas de viñedo, que suponen el 6.3% del total de la producción de España y solo Valencia concentra el 80.6% de esta superficie de producción. En este último año la superficie de viñedo apoyado por riego ascendió a 23.473 hectáreas, lo que representa el 41.3% de la superficie total de viñedo en la Comunidad Valenciana y el 8.2% de la superficie total de España, así también se producen aproximadamente 2 millones de hectolitros de vino que supone el 5.5% de la producción total de España. La Comunidad Valenciana tiene la mayor superficie de cultivo dedica a la agricultura ecológica representando el 11.3% (17.379 hectáreas) del total de la superficie de cultivo dedicada a la agricultura ecológica en España (153.179 hectáreas) (Gva, 2023).

2. Desarrollo y Maduración de la uva

La vid es una planta adaptada a los climas templados, con veranos cortos e inviernos severos a templados. Durante la época invernal pasa por un periodo de reposo que comienza con la caída de las hojas en otoño y finaliza con la brotación de las primeras yemas o desborre en primavera (López, 2010).

El ciclo vegetativo anual de la vid figura 1 consta de cinco fases: la primera el lloro que da inicio a la movilidad de reservas. La Segunda el desborre etapa donde se hinchan las yemas y se da la separación gradual de las escamas protectoras. El tercer es el crecimiento en esta etapa se desarrolla la planta y se forma el racimo, en esta etapa se da inicio con la floración y se distinguen dos sub etapas el herbáceo (hasta el envero) y la Maduración (desde el envero hasta la maduración completa del fruto). La cuarta es el agostamiento periodo en el que se forma y acumula reservas. La quinta el reposo que da inicio con la caída de hojas (López, (2010); Lluch, (2013)).

Las Temperaturas óptimas para el cultivo de la vid son variadas en función cada etapa necesitando en la apertura de yemas (9-10 °C), Floración (18-22 °C), desfloración y cambio de color de las hojas (22-26°C), cambio de color a la maduración (20-24 °C) y durante la vendimia (18-22 °C). La temperatura media óptima durante la época de crecimiento es

distinta según la variedad, por ejemplo en el caso de Tempranillo es 17,5°C. Sin embargo si en verano, las temperaturas son demasiado altas y van acompañados de aire seco, provoca el quemado de hojas y racimos, la desecación del suelo y la parada del crecimiento de frutos, anticipándose la maduración, produciendo altas concentraciones de azúcar y por tanto, tras la fermentación, vinos de alta graduación alcohólica y baja acidez, al aumentar el potasio y disminuir el ácido tartárico en uvas y vinos (García., 2018)

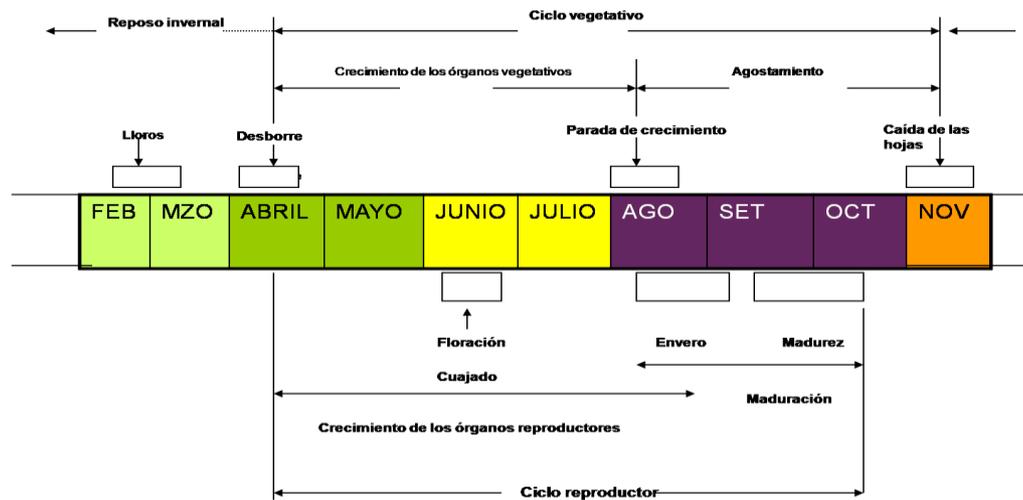


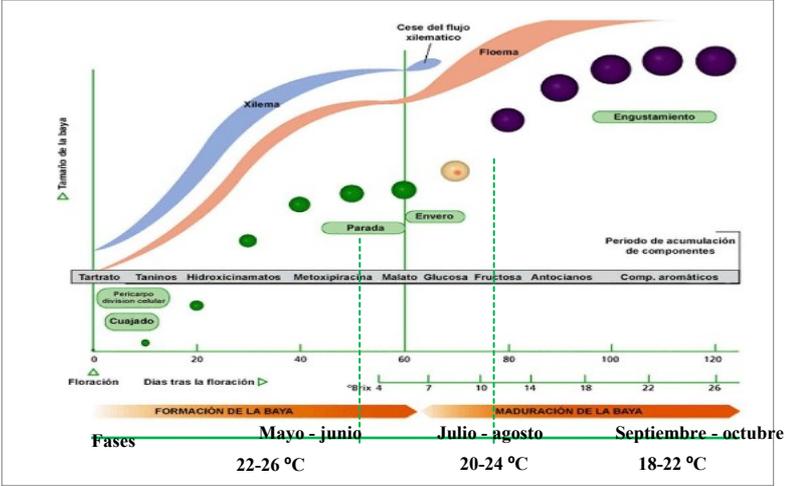
Figura 1: Ciclo vegetativo de la Vid indicando las diferentes etapas por meses. Fuente (Lluch, 2013)

En la maduración de la uva es posible distinguir tres etapas figura 2, La primera y la segunda es el periodo herbáceo o de crecimiento durante el cual la baya está provisto de clorofila y termina en el envero cuando la baya empieza a pintar de color en las tinta o cristalizar en las blancas y la tercera es el periodo de maduración donde la baya alcanza el peso y volumen máximo produciéndose al mismo tiempo importantes cambios de consistencia, hormonales, de actividad enzimática y en su composición química referente al tamaño y peso, a la, acumulación de azúcares, degradación de ácidos, síntesis de polifenoles, formación de aromas, aumento de vitaminas, variación en la composición y contenido de compuestos nitrogenados y minerales, etc. (Pszczólkowski *et. al.*, 2011).

Los factores ambientales son de vital importancia en el desarrollo del viñedo, en particular la exposición a altas temperaturas durante la floración, esta puede inhibir significativamente la formación de bayas, reduciendo el rendimiento, (Greer *et. al.*, 2010). Después del cuajado las altas temperaturas no son favorables para la calidad organoléptica del vino, debido a la disminución de metabolitos primarios y secundarios, como ácidos orgánicos los compuestos fenólicos o aromas, así como la acumulación de azúcar dando como consecuencia vinos con mayor grado alcohólico (Pillet *et. al.*, 2012). Por otro lado si las altas temperaturas se dan durante el envero, en la mitad de la etapa de maduración, las bayas dejan de expandirse y el contenido de azúcar deja de aumentar (Greer *et. al.*, 2010). Así también Yin *et. a.l.*, (2024), estudio los efectos de las altas temperaturas cuando las

bayas están a la mitad de la maduración en diferentes variedades, resaltando sus efectos en la acumulación de azúcar, la reducción o mayor concentración de ATP y la relación K/Na entre los cultivos.

Figura 2: Etapa de maduración de la uva y desarrollo (Fuente: Ilustración de Jordán Koutroumanidis,



Winwitles)

3. Adaptación de la viticultura al cambio climático

La viticultura hoy en día se enfrenta a desafíos emergentes no sólo por efecto del cambio climático, sino también por la demanda social de una gestión agrícola respetuosa con el medio ambiente y que a la vez mantenga el rendimiento, los estándares de calidad y la tipicidad de las variedades (Marín *et. al.*, 2021). Recientemente nuevas técnicas vitivinícolas ayudan a modular la maduración tecnológica, reduciendo la acumulación de azúcar y la degradación de los ácidos orgánicos entre estas técnicas se encuentra el uso de antitranspirantes naturales como el Caolín (Frioni *et. al.*, 2019).

Hacemos mención en que el Caolín es una arcilla blanca de gran pureza procedente de la descomposición de las rocas de feldespato, siendo un silicato de aluminio hidratado. Su fórmula química es $(Al_4Si_4O_{10}(OH)_8)$, su peso específico es de 2,6 g/cm³ y su dureza en la escala de Mohs es 2.

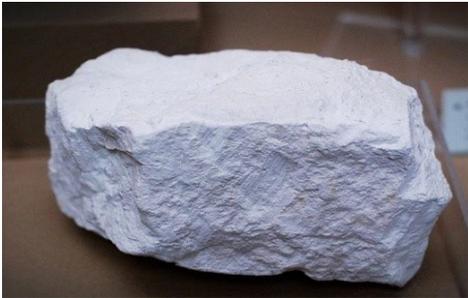


Foto 1: Muestra de roca de “Caolín” (Imagen: Beatrice Much).

El Caolín dispone de importantes cualidades higroscópicas (absorbe agua), plásticas y extrusables. Resulta aislante a la electricidad, altamente refractario a la luz y difícilmente fusible. Toda ello le da al caolín un gran poder de cubrimiento, absorción y aislamiento, convirtiéndolo así en un elemento precioso para múltiples y varios aprovechamientos. En la agroquímica se emplea como componente de insecticidas y pesticidas, por sus cualidades antisépticas y capacidad de absorción, se utiliza también en la fabricación de aprestos (para almidonar), en medicamentos y cosméticos, así como muchos usos industriales e incluso alimentarios (Barcena, 2018).

A nivel mundial los mayores productores de "Caolín" son Brasil, China y Estados Unidos. En España las zonas más importantes de producción de caolín son la Comunidad Valenciana, Castilla la Mancha, Aragón, Asturias y Galicia. En Castilla y León también se encontraron yacimientos, así como en Zamora, Burgos y Soria (Barcena, 2018).

El hecho de ser tan accesible y debido a sus múltiples cualidades hacen del Caolín un producto ideal para combatir los efectos del cambio climático como lo menciona (Rogiers *et. al.*, 2020), que hace referencia a las propiedades reflectantes del Caolín que siendo una arcilla inorgánica puede reducir la temperatura Foliar de la vid y de la fruta.

Así también (Ruiz-García, 2018) menciona que según las proyecciones realizadas para el clima en Europa y España, las regiones del sur de Europa y España, serían las regiones que necesitan mayor esfuerzo para adaptarse al cambio climático. Entre las medidas tomadas para esta adaptación tenemos la selección de material vegetal, el uso de microorganismos, el uso de cubiertas vegetales y el uso de elicitores que activen los mecanismos de defensa y síntesis de fenoles.

Como menciona Rogiers *et. al.*, (2020) y cita Maha *et. al.*, (2019) entre las medidas tomadas para la adaptación de los viñedos al cambio climático, se encuentran los estudios que indican que el caolín es un mineral no tóxico, que reduce la temperatura de la hoja a través del aumento de la reflectancia, lo que disminuye la tasa de transpiración, y no afecta a la fotosíntesis de estas plantas que crecen con altos niveles de radiación solar. Estos estudios utilizan aplicaciones foliares sobre la superficie de las plantas como antitranspirante, para mejorar la tolerancia a la sequía dando como resultado un aumento en los pigmentos fotosintéticos bajo diferentes niveles de agua.

A su vez (Brito *et. al.*, 2019) describe que el mecanismo más eficiente de aplicación del caolín, es una suspensión sobre la superficie de la hoja, que ayuda a la evaporación del agua y la posterior formación de una capa fina de caolín, sobre la superficie de la planta, dejando una película protectora de partículas, que aumentan el reflejo del exceso de radiación, incluida la radiación fotosintéticamente activa, ultravioleta e infrarroja lo que reduce el riesgo de daños en las hojas y frutos debido a la acumulación de carga de calor y daño solar. Las partículas de caolín deben cumplir ciertas condiciones como tener un diámetro $< 2\mu\text{m}$, debe estar formulada para extenderse y crear una película uniforme, debe transferir la radiación fotosintéticamente activa, pero excluir hasta cierto punto la radiación

ultravioleta e infrarrojo, no debe interferir con el intercambio de gases de los órganos de la planta, debe alterar el comportamiento de los insecto/patógeno en la planta y debe poder eliminarse de los productos de cosecha. El caolín debe aplicarse antes de la aparición de plagas o altas temperaturas y debe volver a aplicarse para proteger durante el crecimiento o después de una fuerte lluvia.

En Portugal en la región demarcada del Duero se demostró que la aspersion con caolín sobre la superficie foliar de la vid, da como resultado un descenso de la temperatura, en comparación con las plantas no tratadas, para ello se realizó una aspersion de caolín al 5% y se determinó por medio de imágenes infrarrojas térmicas (TIR) la temperatura de los viñedos, el estrés hídrico y la conductancia estomática, también, analizaron los parámetros de intercambio gaseoso de las hojas de forma individual y el rendimiento de la vid. Demostrando un índice de estrés hídrico más bajo y una conductancia más alta mejorando el rendimiento del viñedo (Padua *et. al.*, 2022).

Por otro lado, en dos regiones vitivinícolas portuguesas (Duero y Alentejo) plantearon el efecto de la aplicación de caolín sobre la superficie foliar de la vid, demostrando que hay una influencia de la región de cultivo y la variedad. Pero a su vez demuestra que la aplicación de caolín tiene un efecto protector contra el estrés por calor y mejora el rendimiento del viñedo (Bernardo *et. al.*, 2021). Así también (Zamora., 2020) demuestra que el efecto de la aplicación por pulverización de arcilla blanca en viñedos de Monastrell, en diferentes dosis durante la maduración de la uva, mejora los diferentes parámetros de los vinos, debido a sus propiedades antioxidantes. Similares resultados mostraron (Brillante *et. al.*, 2016) en vinos de Cabernet Sauvignon mejorando el contenido de antocianos, polifenoles en aquellas viñas tratadas con caolín, confirmando que es un tratamiento eficiente para obtener vinos de calidad con bajo contenido alcohólico.

Los estudios consultados nos dan una idea del efecto positivo que tiene la aplicación de caolín sobre el viñedo, pero nos plantea la incógnita del efecto que este puede tener sobre las vinificaciones, en especial en las variedades tintas.

JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

2.1. Justificación

El estudio se realizó en la Bodega Enguera, como parte del proyecto aplicación de un protector solar para el viñedo como medida de adaptación al cambio climático, en colaboración con la universidad politécnica de Valencia.

La zona de Enguera siempre se caracterizó por tener temperaturas entre 3-33 °C, en los últimos años se ha observado cambios en las temperaturas y un adelanto en los periodos de calor, así como un periodo prolongado de altas temperatura y de estrés hídrico.

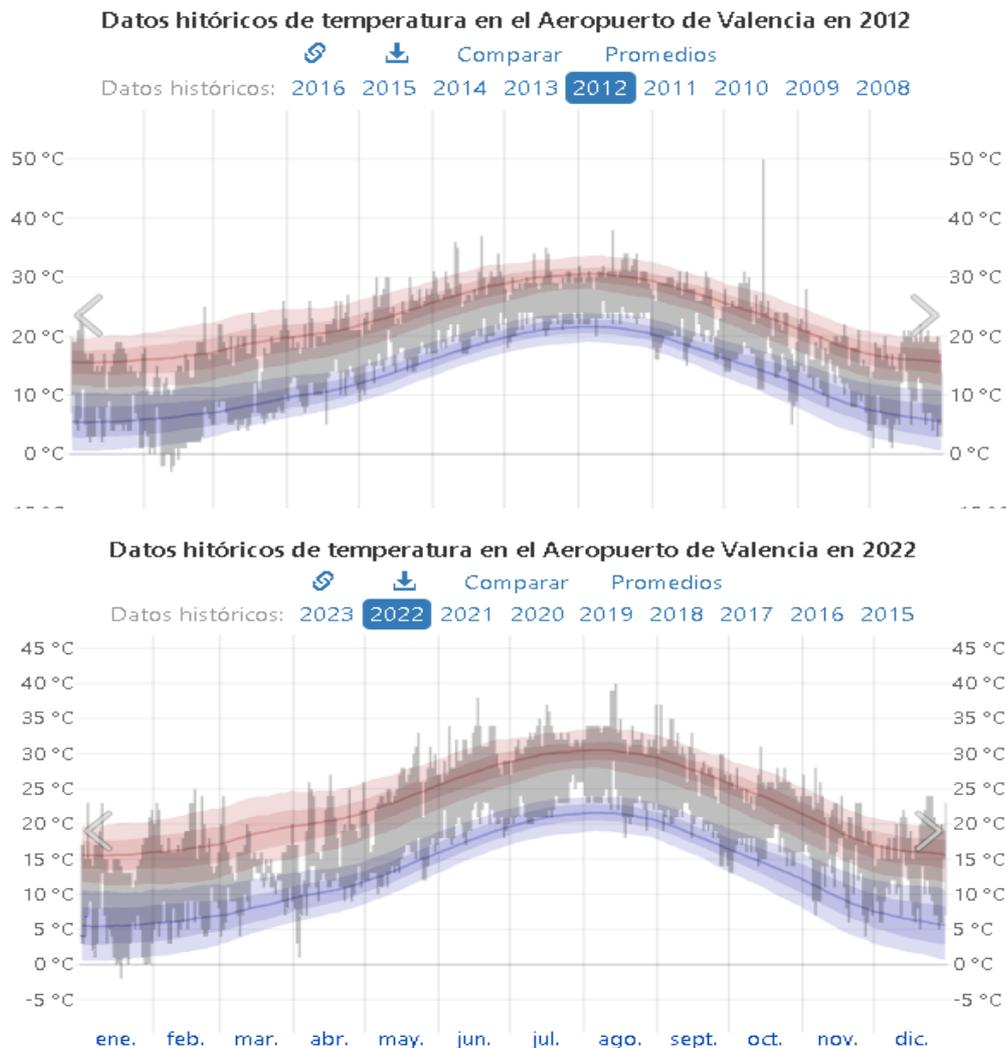


Figura 3: Datos hídricos de temperaturas y su comparación en 10 años.

En la figura 3 se muestra como la temperatura han variado en los últimos 10 años, observando un adelanto de las temperaturas altas y un retraso en las temperaturas de invierno.

2.2 Objetivos

Este trabajo estudia los cambios que presentan los vinos, elaborados a partir de viñedos previamente tratados con un protector como el Caolín y comparados con viñedos no tratados o control.

Por tanto, los objetivos específicos de este trabajo son los siguientes:

1. Determinar el efecto del caolín en los parámetros generales del vino.
2. Conocer la influencia del caolín sobre la concentración polifenólica de los vinos.
3. Determinar el efecto del caolín en las variedades de Tempranillo y Marselan.
4. Comparar si el efecto del caolín es coincidente en las dos variedades ensayadas.

2.3 Objetivos de desarrollo sostenible (ODS).

Los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), fueron adoptadas por las Naciones Unidas en 2015 como llamamiento universal para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que para el 2030 todas las personas disfruten de paz y prosperidad.

Son 17 las directrices señaladas como objetivos de desarrollo sostenible, de los cuales este trabajo está relacionada con el objetivo de desarrollo sostenible 12: Producción y consumo responsables y la 13: Acción por el clima.

- **12: Producción y consumo responsable**, este trabajo está enmarcado en la producción, dado que el proyecto emplea un material de origen natural, inocuo y aptos para la viticultura ecológica. El caolín, es un producto que se encuentra en la naturaleza y que en diversos estudios realizados en todo tipo de cultivos ha demostrado cualidades beneficiosas, sin dañar el medio ambiente su entorno y sin afectar a la planta o al individuo.
- **13: Acción por el clima**, el trabajo está fuertemente relacionado con esta directriz, ya que el principal objetivo del proyecto es la adaptación de los viñedos al cambio climático y la sequía. Esto se logra reduciendo la temperatura en la vid gracias a las propiedades que tiene el caolín, entre ellas el de reducir el estrés hídrico de la vid, conservando de esta forma las propiedades de la planta que luego serán transferidas al producto final como ser el vino.

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Zona de estudio

El estudio se realizó en la bodega Enguera, con la colaboración de la Universidad Politécnica de Valencia, en parcelas de Tempranillo y Marselan localizados en el término municipal Enguera foto 2.

La Villa de Enguera se encuentra situada a 318 metros sobre el nivel del mar, con una superficie de 241,7 km² y una población de 4770 habitantes (2022). Los pilares básicos de su economía son la agricultura y en menor medida la industria y los servicios.

Actualmente las temperaturas en Enguera han cambiado, con días calurosos y noches más frías, lo que se verá reflejado en el comportamiento de la viña.

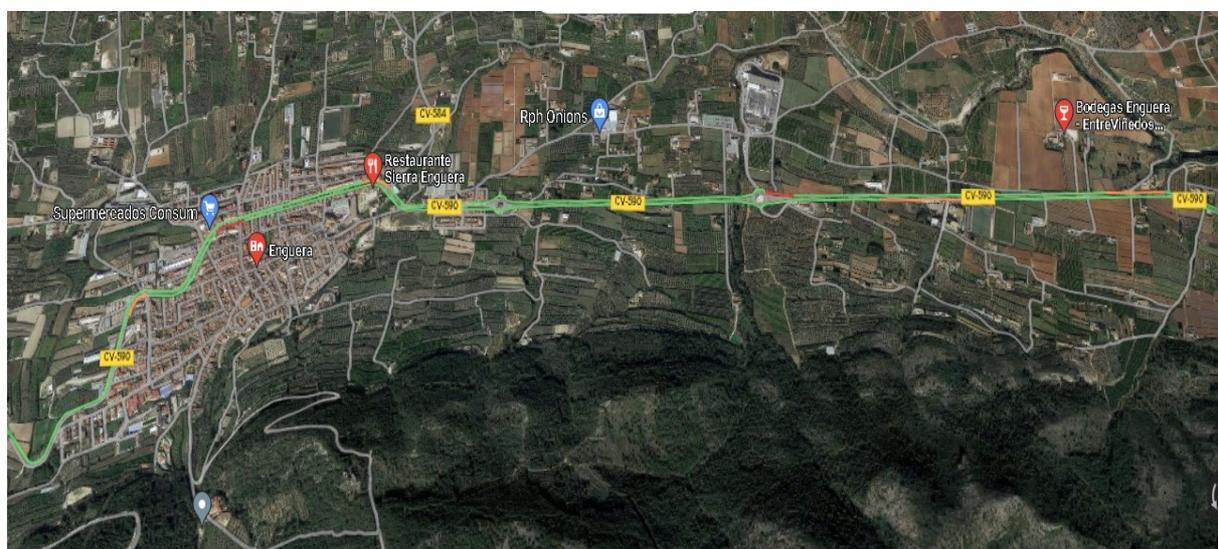


Foto 2: Ubicación de Bodegas Enguera Ref. Google maps.

3.2 Variedades de vid

La comunidad valenciana tiene una rica tradición enológica y se refleja en la diversidad de uvas cultivadas en la región entre ellas tenemos la Tempranillo, Monastrell, Garnacha tinta, Bobal, Macabeo, Moscatel, Merseguera entre otros. Las variedades empleadas para el estudio son las siguientes.

3.2.1 Variedad Tempranillo

Es una variedad originaria de la Rioja (Foto 3) y cultivada en numerosos viñedos experimentales de todo el mundo, es una variedad que se caracteriza por su maduración precoz, está ampliamente difundida, cultivada también en Portugal, el sur de Francia, Argentina, EEUU, Australia, Marruecos, Brasil, Venezuela, Uruguay, México, Tailandia. Conocida con varios nombres como, tinta del país, Tinto de Toro, Tinta Fina, Cencibel, Tinto de Madrid, Ull de Llebre, Ojo de Liebre, además de Aragonés y Tinta Roiz en Portugal. La variedad Tempranillo es una cepa vigorosa y de porte erguido. Se adopta a todo tipo de suelos y climas, prefiriendo suelos bien orientados y climas secos. Además, se adapta bien

a condiciones de cultivo tropical. Los racimos son grandes con hombros marcados, las bayas de color azul-negra y tamaño pequeño. La variedad proporciona vinos de color intenso y estable, adecuado para el envejecimiento en barricas, con un elevado grado alcohólico, acidez media y ligeramente baja, aromáticamente bien equilibrada (Vivai, 2013).

Foto 3: Racimo de Tempranillo (<https://www.mapa.gob.es>)



3.2.2 Variedad Marselan

Es un cruce entre Cabernet-Sauvignon y Garnacha Tinta (foto 4). Fue creado en 1961 por los investigadores del INRA. Es una cepa de buen vigor con porte de la vegetación erguido y sarmientos de entrenudo largo, con racimo grande, piramidal, de baya redonda y pequeña. Se adapta bien a varios ambientes, pero prefiere climas cálidos y suelos de mediana fertilidad y también ligeramente calcáreos, variedad de maduración media – tardía. La variedad Marselan da un vino colorido con un tono cerezo negro, rico en taninos y aromático. Se puede conservar por varios años. Este vino puede mezclarse con otras variedades de uva en varios viñedos en el valle del Ródano para hacer vinos tintos y rosados, pero no puede representar más del 10% de las variedades de uva (Vivai, 2013).



Foto 4: Variedad Marselan (Fuente: <https://www.vitivinicultura.net/marselan.html>)

3.3 Plan de trabajo

La parcela estudiada se divide en filas y columnas, que a su vez se subdividen en secciones, a cada una de estas se aplica el tratamiento con una suspensión de caolín (Surround WG de BASF) al 4%, empleando un aspersor “octopus”, cada tratamiento se

realiza tras el envero y otro casi un mes antes de recolectar. Las secciones se clasifican como Control y Caolín, para cada variedad estudiada figura 4.

La explotación vitícola, es propiedad de Bodegas Enguera, el viñedo está plantado en espaldera, la parte aérea de la planta se conduce por medio de doble cordón ROYAT, no hay implantado riego por goteo y se realiza un manejo del cultivo en ecológico.

El momento de la vendimia se estableció a priori para que la concentración de azúcar sea de 24 - 26 °Brix, medido con un refractómetro de campo.

La vendimia se separa por variedades Tempranillo, Marselan y en grupos de control (sin caolín) y tratadas con caolín.

Una vez realizada la vendimia las uvas se transportaron a la bodega del campus de Vera de la Universidad Politécnica de Valencia, el proceso de vinificación se realiza por separado tomando en cuenta, la variedad y el tratamiento.

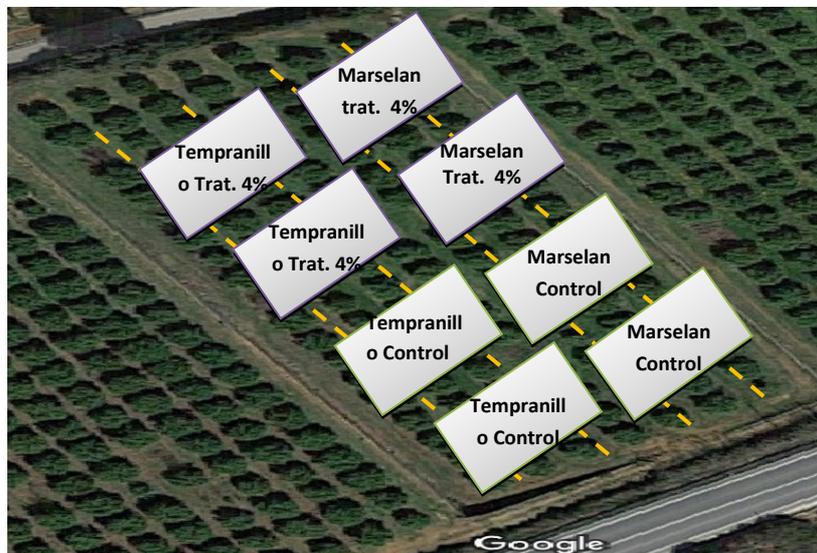


Figura 4: Distribución del viñedo por secciones y tratamiento.

3.3.1. Vinificación:

Cada una de las variedades se pesaron y homogeneizaron, posteriormente se llevaron a la despalladora y estrujadora, se colocó la pasta en depósitos siempre llenos de acero inoxidable de 50L, donde se llevaron a cabo las vinificaciones. En total se realizaron 12 vinificaciones, 3 controles por variedad (control 1, control 2 y control 3) y 3 tratamientos con Caolín por variedad (Caolín 1, Caolín 2 y Caolín 3).

De cada depósito, se tomaron muestras, para realizar un análisis general de mostos, se añade anhídrido sulfuroso en una dosis de 5 g/hL y se sembró la levadura de *Saccharomyces cerevisiae* Meyer ex E.C. Hansen (Red Fruit de Enartis) a dosis de 30 g/hL, previa hidratación con agua tibia y mosto. Una vez iniciada la fermentación alcohólica se realizó el seguimiento diario de la fermentación tomando la temperatura y la densidad. Además, de realizar bazuqueos diariamente durante el periodo de maceración (11-12 días), asegurando el máximo contacto entre el mosto y el sombrero. Cuando se ha alcanzado una densidad de 990 g/L se comprobó la ausencia de azúcares fermentables y se dio por finalizada la fermentación alcohólica, posteriormente se inoculó bacterias lácticas (*Oenococcus oeni* de Lallemam) iniciando la fermentación maloláctica, tras la cual se sulfito el vino, embotello y reservo para posteriores análisis, todo el proceso se describe en la ilustración 1.

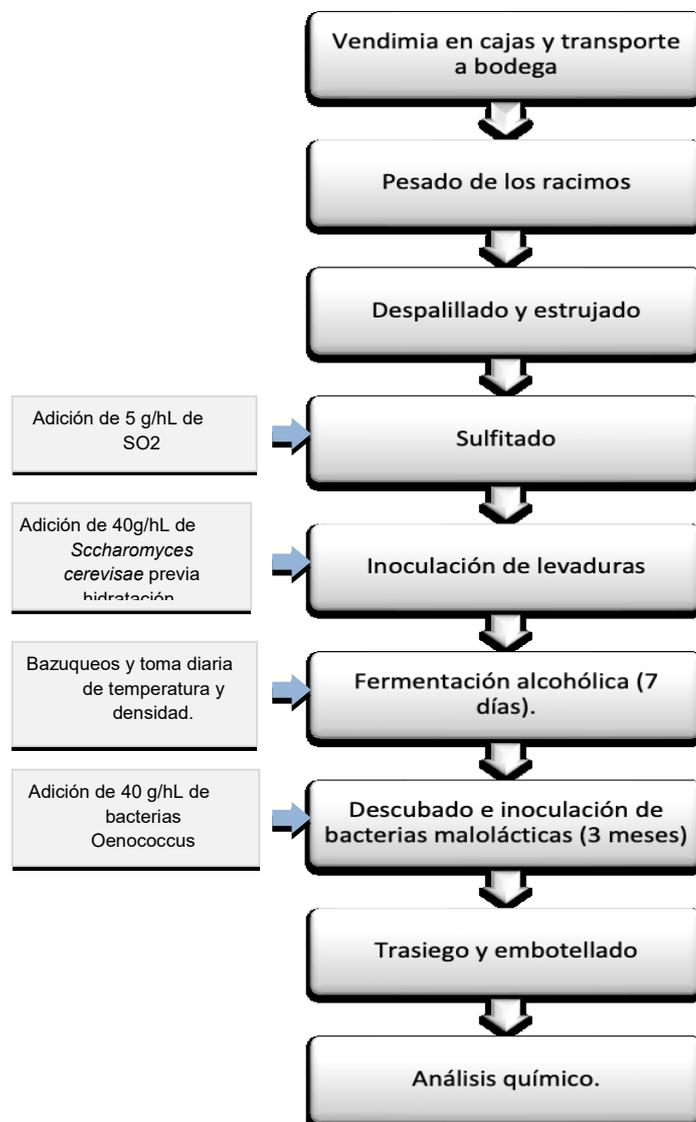


Ilustración 1: Diagrama de elaboración del vino

3.4 Análisis general de vinos

El análisis se realizó por triplicado para cada vinificación los parámetros iniciales son: pH, acidez total, acidez volátil y grado alcohólico.

3.4.1 Medición de pH

Con ayuda de un pH-metro marca Mettler Toledo, InLab Expert Pro-ISM, se mide directamente en el vino. El pH-metro permite efectuar mediciones con una aproximación de 0.05 unidades, (Reglamento (CEE) N° 2676/90., 2003).

3.4.2 Acidez Total

Se determina empleando el pH-metro marca Mettler Toledo, InLab Pro-ISM, una bureta de marca VQI-tremix, y un agitador magnético marca VWR, La valoración del vino se realiza con una solución titulada de hidróxido de sodio 0.1N hasta que vire a pH 7 (Reglamento (CEE) N° 2676/90., 2003).

$$\text{Acidez total} = 0.75 \times V_{\text{NaOH}}$$

3.4.3 Acidez volátil.

Se determinó por el método García-Tena que consiste en destilar el vino directamente y posteriormente se valora con NaOH (1/49 N) en presencia de fenolftaleína.

Este método permite la separación completa del ácido acético, ya que este tiene un punto de ebullición superior al agua (118°C). El método consiste en destilar 11 mL de vino y se recogen dos volúmenes por separado del destilado, el primero de 5.1 mL se desecha y el segundo de 3.2 mL se titula con NaOH 0.02M en presencia de dos gotas de fenolftaleína como indicador. La acidez volátil se calcula con el volumen de NaOH gastado (Colomer *et. al.*, 2005).

$$\text{Acidez volátil (g/L ac. Acético)} = 0.366 \times V$$

3.4.4 Grado Alcohólico Método de BARUS

El método Barus se basa en determinar el punto de ebullición del agua y del vino (etanol). Como las condiciones atmosféricas influyen en el punto de ebullición de las sustancias, es necesario determinar inicialmente la temperatura de ebullición del agua a la presión atmosférica del momento y a continuación el punto de ebullición de los vinos.

3.5 Análisis de polifenoles en vino

En los vinos embotellados y reposados se realiza el análisis de polifenoles.

Para el análisis de polifenoles se empleó un espectrofotómetro marca Jasco V-730.

3.5.1 Intensidad colorante (IC) y Tonalidad (T)

El color del vino es un atributo fundamental en la caracterización, apreciación y calidad. La intensidad colorante es la suma de las longitudes de onda a 420 nm (amarillo), 520 nm (rojo) y 620 nm (azul) medidas en cubetas vidrio o cuarzo con relación al agua destilada, después de ser centrifugada la muestra.

$$IC = A_{420} + A_{520} + A_{620}$$

La Tonalidad, indica la importancia relativa del amarillo sobre el rojo, será el cociente entre A_{420} y A_{520} , expresado en tanto por ciento (Reglamento (CEE) N° 2676/90., 2003).

$$\text{Tonalidad (T)} = (A_{420}/A_{520}) \times 100$$

3.5.2 Índice de polifenoles totales (IPT)

El IPT valora la totalidad de los compuestos polifenólicos y se mide la absorbancia a la longitud de onda en la cual se separan los grupos fenol. La metodología consiste en diluir el vino por un factor de 100, medir la absorbancia del vino a 280 nm (UV), en una cubeta de cuarzo con un paso óptico de 1cm, empleando como blanco agua. El núcleo bencénico característico de los compuestos polifenólicos tiene su máximo de absorbancia a esta longitud de onda.

$$\text{IPT de la solución} = A_{280} \times \text{Factor de dilución (100)}$$

Si se desea expresar los polifenoles totales en concentración, se multiplica el IPT por 0.08 o 80, que es el factor de corrección para expresar los resultados en g/L o mg/L de ácido gálico (Colomer *et. al.*, 2005).

3.5.3 Taninos condensados Totales (Ribéreau-Gayon, 1979)

Taninos son compuestos fenólicos que se caracterizan por precipitar con las proteínas en solución y que realizan o inhiben las acciones enzimáticas por combinación directa con su fracción proteica.

La metodología consiste en diluir el vino 1/50 con agua destilada. En el **Tubo 1** (por duplicado) colocar: 1 mL de vino diluido, 0.5 mL de agua destilada y 3 mL de HCl 35%. Una vez preparado se mete en el Heater a 100°C durante 30 minutos, posteriormente, enfriar con agua y hielo. Una vez frío se añade 0.5 mL de etanol ó 1 mL de etanol, según se hayan o no duplicado los volúmenes. El duplicado **Tubo 2** se deja reaccionar durante 30 minutos a temperatura ambiente y una vez transcurrido el tiempo se añade 0.5 mL de etanol ó 1 mL de etanol, según se haya o no duplicado. Realizar las lecturas a 550 nm en cubeta de vidrio de 10 mm, utilizando como blanco agua destilada.

$$\text{Taninos Condensados Totales (g/L)} = (A_1 - A_2) \times 19.33$$

Donde: A1= Absorción Tubo 1, A2= Absorción Tubo 2, el coeficiente de 19.33 corresponde al coeficiente de extinción molar de la Cianidina obtenida por la hidrólisis ácida de los taninos condensados, corregido para dar directamente el resultado en g/L (Riberau-Gayón *et. al.*, 1979).

3.5.4 Antocianos Totales (Riberau-Gayon y Stonestreet, 1965; Riberau-Gayon, 1979).

Los antocianos se encuentran en el vino libre y combinados con otros compuestos, principalmente taninos. La metodología consiste en tomar 0.2 mL de vino y se coloca en un tubo de 10 mm de campo óptico. Se le añade 3.8 mL de una solución de HCl 1M. Dejar reposar durante 3 horas, la lectura debe efectuarse antes de las 24 horas (Riberau-Gayón *et. al.*, 1979). A continuación medir la absorbancia a 520 nm frente a un blanco de HCl 1M.

$$\text{Antocianos (mg/L)} = A_{520} \times 20 \times 20 \text{ (dilución)}$$

3.5.5 Índice PVPP (fijación sobre polivinilpirrolidona) (Blouin, 1977; Mitjavila)

El PVPP indica el porcentaje de antocianos combinados con los taninos. A mayor concentración de Tanino-Antociano justifica mayor concentración de color. El análisis se realiza por triplicado, centrifuga el vino por 15 minutos a 4000 rpm.

Primero.- Se determina el IPT este valor se toma de determinaciones anteriores este es DO_0 .

Segundo.- En un tubo de ensayo mantenido a 0 °C se introduce: 1 mL de vino diluido 1/5 con agua destilada. Se le añaden 1mL de PVPP 0.6%. Se agita y se deja en reposo durante 1 minutos. A continuación se añade 3 mL de TCA al 20%, se agita y se deja reposar durante otros 10 minutos.

Tercero.- Esta disolución se centrifuga durante 8 minutos a 4000 rpm.

Cuarto.- Se lee a 280 nm en cubeta de 10 mm con un blanco de TCA al 6% obteniéndose de esta forma DO_1 (Blouin, 1977).

El índice de Polivinilpirrolidona se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$\text{IPVPP (\%)} = [(DO_0 - DO_1)/DO_0] \times 100$$

3.5.6 Índice de DMACH:

El proceso se basa en la estimación del grado de polimerización de los taninos de la uva.

El método consiste en diluir el vino con metanol a 1/20. En un tubo de ensayo colocar 0.55 mL de vino diluido y 2.5 mL de reactivo de DMACH, agita y al cabo de 10 minutos, leer

la absorbancia de la muestra a 640 nm, esta lectura será D_m . Para el testigo colocar en un tubo de ensayo 0.5 mL de vino diluido y 2.5 mL de metanol, agitar, al cabo de 10 minutos y leer la absorbancia a 640 nm, esta lectura será D_t . El blanco se hace con metanol. Leer en cubeta de vidrio o cuarzo. Si se utiliza cubeta de 2 mm la absorbancia se multiplica por 5 (Vivas *et. al.*, 1994). La lectura de DMACH viene definida por la fórmula siguiente:

$$\text{D.O. DMACH} = (D_m - D_t)$$

A partir del valor de los taninos condensados calcularemos el índice de polimerización:

$$\text{Índice DMACH (\%)} = (\text{D.O. DMACH} / [\text{Taninos}]) \times 100$$

3.5.7 Índice de Gelatina (Glories, 1978)

El índice de gelatina nos va a proporcionar el porcentaje de taninos capaces de reaccionar con las proteínas (taninos astringentes). Se introducen en un tubo de plástico 5 mL de vino + 1 mL de solución de gelatina. Estos tubos se guardan en la nevera a 4 °C durante 3 días. Pasado los 3 días centrifugar los tubos durante 15 minutos a 4000 rpm y se determinan los taninos del sobrenadante. Con el sobrenadante se sigue el mismo procedimiento que con los taninos condensados (Glories, 1978).

3.5.8 Determinación de Catequinas (Pompei y Peri, 1971)

Las catequinas son compuestos fenolicos (flavan-3-ol o flavonoles). Se diluye el vino 1/10 con agua destilada. En el **Tubo A** (por duplicado): 0.5 mL de vino diluido, 1 mL de HCl 35%, 0.5 mL de vainillina 1% en metanol y 0.5 mL de metanol. Tapar los tubos de vidrio tapados con papel de aluminio para que estén en oscuridad. Dejar reaccionar 15 minutos y posteriormente leer a 500 nm con cubeta de vidrio (amarillo) de 10 mm (A_a). En el **Tubo B** (por duplicado): 0.5 mL de vino diluido, 1 mL de HCl 35% y 1 mL de etanol. Dejar reaccionar 15 minutos y posteriormente leer a 500 nm con cubeta de vidrio (amarillo) de 10 mm (A_b).

$$\text{Absorbancia catequina} = A_a - A_b$$

Relación Catequinas/Taninos: si se divide la absorbancia Catequina por la absorbancia obtenida por el método de taninos, se obtienen valores decrecientes cuanto más elevado sea el grado de polimerización (Pompei *et. al.*, 1971).

Si no se hace la recta de calibrado, un cálculo aproximado seria:

$$Y = 531.35 X - 1.1033$$

3.5.9 Análisis de antocianos, método de HPLC.

En la determinación de antocianos, se centrifugan las muestras a 4000 rpm por 15 minutos, colocar el sobrenadante en los viales color ámbar las lecturas se realizan en el equipo de HPLC. La fase móvil está formada por dos eluyentes A: Agua miliQ / ácido fórmico (95:5 v/v) y eluyente B: metanol / ácido fórmico (9:5 v/v), el volumen de inyección es de 100 µl de muestra previamente centrifugada y filtrada (Heier *et. al.*, 2002).

Los antocianos que se determinaron por cromatografía líquida de alta resolución asociado a un detector de matriz de fotodiodos (Dyode Array). Los compuestos analizados fueron los siguientes: delfinidina-3-o-glucósido (D3D), cianidina-3-O-glucósido (Cy3G), petunidina-3-O-glucósido (Pt3G). Peonidina-3 -O-glucósido (Pn3G), Malvidina-3-O-glucósido (M3G), áetil. Malvidina, cum. Malvidina.

3.6 Análisis estadístico

El tratamiento estadístico de los datos se ha llevado a cabo con el programa informático "Statgraphics centurión XVI", en el que se realiza el análisis de varianza (ANOVA simple) para poder conservar las diferencias entre las medias de los grupos de datos estadísticos. Se utiliza el contraste de hipótesis, con un nivel de confianza de 95%. Se realiza el ANOVA multifactorial para obtener las interacciones entre parámetros estudiados, variedad y tratamiento.

En cada parámetro se estudiará la existencia o no de diferencias significativas entre las variedades de uva y el tratamiento aplicado de caolín, y si este es beneficioso para los diferentes parámetros a analizar del vino.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Análisis de componentes generales de los vinos

Una vez concluida la fermentación, se analizaron los vinos procedentes de los distintos tratamientos. En la tabla 1 observamos los valores medios de los componentes generales del vino, en el ANOVA lo primero que realiza es un análisis de varianza de múltiples rangos para cada variedad (Tempranillo y Marselan), se determina el nivel de significancia al 95% de confianza entre los tratamientos (Control y Caolín) otorgándole la letra (a) al de mayor significancia y (b) al de menor, así también obtenemos el valor-p que indica la probabilidad de que el tratamiento tenga un efecto significativo o no sobre el parámetro estudiado. En la parte inferior de la tabla 1 se muestra la interacción entre las variedades y el tratamiento, identificando en un solo valor numérico el efecto significativo o no del tratamiento con Caolín sobre los parámetros estudiados y si las variedades se comportan de la misma forma bajo los efectos del tratamiento con Caolín.

Tabla 1. Resultados de componentes generales en los vinos de Tempranillo y Marselan control y tratados con caolín (4 %).

Análisis de componentes generales del vino				
Variedad	Tempranillo			
Parámetro	Control	Caolín 4%	⁽¹⁾ Razón-F	⁽¹⁾ Valor -P
Grado Alcohólico	12,77 ± 0,66a	12,74 ± 0,31a	0,01	0,928
Acidez Volátil (g/L)	0,54 ± 0,04a	0,56 ± 0,04a	0,43	0,522
Acidez Total	4,63 ± 0,27a	4,73 ± 0,64a	0,22	0,643
pH	3,76 ± 0,07a	3,75 ± 0,03a	0,28	0,603
Variedad	Marselan			
Parámetro	Control	Caolín 4%	⁽¹⁾ Razón-F	⁽¹⁾ Valor -P
Grado Alcohólico	14,91 ± 0,69b	13,87 ± 0,16a	19,4	0,0004
Acidez Volátil (g/L)	0,70 ± 0,10b	0,61 ± 0,04a	5,89	0,0274
Acidez Total	5,56 ± 0,48a	5,2 ± 0,17a	4,16	0,0581
pH	3,38 ± 0,08a	3,46 ± 0,11a	3,22	0,0914
⁽²⁾ Interacción	Variedad x Tratamiento			
Parámetro	Variedad	Tratamiento	Razón-F	Valor-P
Grado Alcohólico	Tempranillo x Marselan	Control x Caolín 4%	9,1	0,005
Acidez Volátil (g/L)			5,9	0,020
Acidez Total			2,48	0,126
pH			3,2	0,078

Letras distintas indican diferencias significativas al 95%. (1) comparación entre tratamientos (Control y Caolín). (2) interacción variedad X tratamiento.

4.1.1 Grado alcohólico

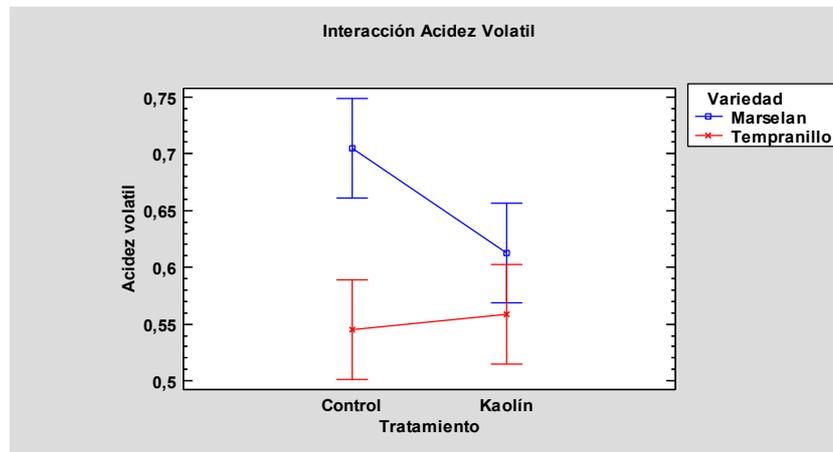
El grado alcohólico es un factor que depende directamente de la concentración de azúcar que varía según factores como el clima y el grado de madurez de la uva, la tabla 1 muestra el grado alcohólico, de los vinos Control y tratados con Caolín, demostrando que en la variedad Tempranillo no se observan diferencias significativas ($p > 0.05$), en cambio en la variedad Marselan el grado alcohólico se reduce siendo el tratamiento un factor significativo ($p < 0.05$) lo que explica que el tratamiento con Caolín sí tiene efectos sobre el grado de madurez de la uva y por lo tanto sobre la concentración de azúcar obtenida al momento de la vendimia en el caso de la variedad Marselan. Comparando las interacciones obtenidas en el análisis ANOVA, se demuestra que el tratamiento y la variedad son significativos ($p < 0.05$) para el grado alcohólico con un 95% de confianza. Concordando con los resultados obtenidos por Dinis *et. al.*, (2020) donde demuestran que el uso del Caolín reduce el contenido de azúcar y por lo tanto el grado alcohólico en uvas de la variedad Cerceal. En cambio, Zamora (2020) demuestra que no existe diferencias significativas entre las muestras control y las tratadas con Caolín en la variedad Monastrell. Demostrando que la variedad es un factor importante en la respuesta ante el tratamiento con Caolín.

4.1.2 Acidez volátil.

La acidez volátil, está relacionada con la presencia de ácido acético en el vino, que se forma como subproducto de la fermentación alcohólica, el cual conviene que su concentración sea la menor posible. En la tabla 1 se reflejan los valores de la acidez volátil para las variedades Tempranillo y Marselan, observando que en la variedad Tempranillo la aplicación de Caolín no ejerce un efecto significativo ($p > 0.05$), en cambio en la variedad Marselan el tratamiento con Caolín es significativo ($p < 0.05$). La presencia de acidez volátil, no es debida al tratamiento de caolín y aunque la variedad Marselan tratada tiene los valores más altos, sigue estando dentro de los límites permitidos por la legislación (Magrama, 2012).

La gráfica 1 muestra la interacción que tiene el tratamiento y la variedad sobre la acidez volátil de los vinos obtenidos, señalando que la variedad y el tratamiento presentan diferencias significativas ($p < 0.05$) sobre la acidez volátil, obtenida después de la fermentación, esto también lo exponen Wang *et. al.*, (2020); Jiangiang *et. al.*, (2012) en los estudios que realizan en los frutos de uva de las diferentes variedades tratadas con Caolín que presentan el mismo comportamiento que las muestras control. Algo que discrepa de los resultados obtenidos por Ferrari *et. al.*, (2017) que afirman la existencia de diferencias significativas especialmente en el grado alcohólico y el pH.

Por otro lado, la interacción entre variedad y tratamiento indica que cada variedad se comporta de forma diferente según al tratamiento que recibe. En esta misma línea Yin Liu *et. al.*, (2024) sostiene que dependiendo de la variedad de uva, la respuesta al tratamiento tiene un efecto positivo o ningún efecto sobre los componentes generales del vino.



Gráfica 1: Interacción del efecto que tiene la variedad y el tratamiento con Caolín.

4.1.3 Acidez Total y pH

La acidez total y el pH se reflejan en la tabla 1, se observa que ambos factores no tienen efectos estadísticamente significativos ($p > 0.05$), sobre estas determinaciones, se puede observar, que la variedad Tempranillo es menos ácida que la Marselan debido a la presencia de potasio (Hidalgo, 2011).

4.2 Análisis de polifenoles

Los compuestos fenólicos tienen gran importancia en el vino y son los principales responsables del color, sabor dividiéndose en dos grupos como son los antocianos y taninos (Aleixandre, 2003). En la Tabla 2 se reflejan los valores medios obtenidos y el tratamiento estadístico de los principales polifenoles del vino, comparando los resultados de las muestras (Control, Caolín), así también se muestra la interacción o el efecto que tienen el tratamiento y la variedad de uva sobre los compuestos fenólicos del vino.

El color del vino es el atributo fundamental en la caracterización de un vino, este facilita información sobre su edad y cuerpo, así también su estado de conservación y evolución tomando en cuenta la uva utilizada e incluso las condiciones en las que ha sido conservado (Sánchez-Lafuente, 2023).

Tabla 2: Resultados análisis de polifenoles de los vinos de la variedad Tempranillo y Marselan control y tratadas con caolín (4%).

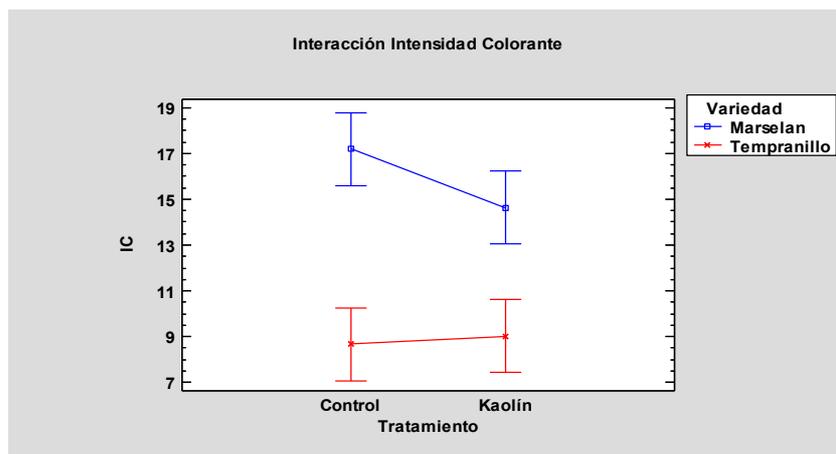
Análisis de Polifenoles del Vino				
Variedad	Tempranillo			
Parámetro	⁽¹⁾ Control	⁽¹⁾ Caolín 4%	⁽²⁾ Razón-F	⁽²⁾ Valor -P
IC	8,68 ± 0,77a	9.03 ± 0,50a	0,86	0,375
Tonalidad	0,85 ± 0,03a	0,74 ± 0,09a	1,83	0,206
IPT (g/L)	44,64 ± 3,27a	44,50 ± 0,60a	0,02	0,896
Taninos (mg/L)	1,56 ± 0,12a	1,69 ± 0,08a	4,96	0,050
Índice de Gelatina	39,70 ± 3,30a	39,30 ± 4,64a	0,03	0,868
DMACH	62,17 ± 3,04b	52,09 ± 2,39a	40,8	0,0001
Catequinas	200,17 ± 27,21a	222,96 ± 49,60a	1,46	0,245
PVPP	97,26 ± 0,51a	97,12 ± 0,15a	0,59	0,455
Antocianos (mg/L)	305,83 ± 35,21a	304,91 ± 3,9a	0,01	0,939
Variedad	Marselan			
Parámetro	⁽¹⁾ Control	⁽¹⁾ Caolín 4%	⁽²⁾ Razón-F	⁽²⁾ Valor -P
IC	17,20 ± 3,06a	14,64 ± 1,96a	2,98	0,115
Tonalidad	0,74 ± 0,05a	0,82 ± 0,02b	12,41	0,005
IPT (g/L)	86,40 ± 10,80b	76,13 ± 4,08a	7,13	0,017
Taninos (mg/L)	2,94 ± 0,53a	2,65 ± 0,17a	1,64	0,229
Índice de Gelatina	73,54 ± 5,58b	61,72 ± 3,07a	20,69	0,001
DMACH	73,65 ± 6,44a	70,59 ± 6,61a	0,66	0,435
Catequinas	329,38 ± 19,72a	422,31 ± 80,77b	11,25	0,004
PVPP	97,23 ± 0,12a	97,41 ± 0,12a	10,31	0,055
Antocianos (mg/L)	438,83 ± 49,68a	422,05 ± 34,80a	0,69	0,419
⁽³⁾ Interacción	Variedad x Tratamiento			
Parámetro	Variedad	Tratamiento	Razón-F	Valor-P
IC	Tempranillo Marselan	Control Caolín 4%	3,61	0,072
Tonalidad			8,58	0,008
IPT (g/L)			6,4	0,017
Taninos (mg/L)			3,22	0,088
Índice de Gelatina			10,73	0,004
DMACH			2,95	0,101
Catequinas			4,38	0,044
PVPP			2,92	0,097
Antocianos (mg/L)			0,46	0,503

Letras distintas indican diferencias significativas al 95%. (1) parámetros relacionados con el color (Control y Caolín). (2) razón y valor -p de la comparación entre tratamientos. (3) Interacción variedad X tratamiento.

4.2.1 Intensidad colorante

La intensidad colorante es un método de aproximación para conocer la cantidad de antocianos de un vino y su capacidad de envejecimiento. En la tabla 2 se observa los valores medios de la intensidad colorante para las variedades de Tempranillo y Marselan. El análisis estadístico que compara ambas muestras, refleja que en la variedad Tempranillo el tratamiento con Caolín no es significativo ($p=0.375$) aunque el valor de la IC se incrementa ligeramente y en la variedad Marselan el tratamiento con Caolín no es significativo

($p=0.115$), pero a diferencia de la otra variedad se muestra un descenso de la IC. Este resultado discrepa con los obtenidos por Valentini *et. al.*, (2021) y Zamora, (2020) que atribuyen el incremento en la intensidad colorante a la concentración de Caolín aplicado sobre los viñedos, lo que también apoyan Martínez, (2019) y Dinis *et. al.*, (2016).



Gráfica 2: Interacción del efecto que tiene la variedad y el tratamiento con Caolín Sobre la Intensidad Colorante.

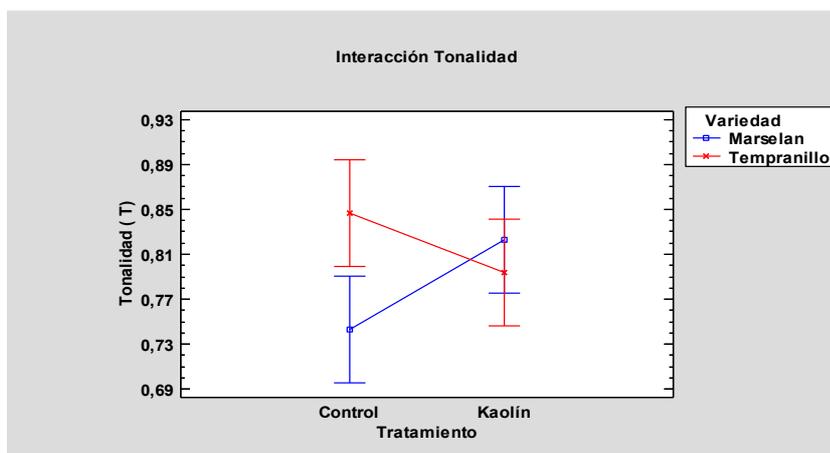
La gráfica 2 muestra la interacción del tratamiento con caolín para los vinos procedentes de las variedades (Tempranillo y Marselan). Los resultados obtenidos señalan que ni la variedad ni el tratamiento tienen efectos significativos ($p=0.072$) sobre la IC de los vinos obtenidos. Pero en la variedad Marselan se observa un ligero descenso en la IC después del tratamiento con Caolín, lo que podría deberse al retraso en la madurez de la uva. En general ambas variedades se comportan de forma diferente después de ser tratadas con Caolín. Estos cambios podrían deberse a que el caolín contribuye a la concentración de flavanoles, antocianos (Dinis *et. al.*, 2020). Así como también la respuesta al tratamiento con Caolín es independiente para cada variedad como lo señalo (Yin Liu *et. al.*, 2024).

4.2.2 Tonalidad

La tonalidad es un indicador importante de la edad del vino, es decir, indica oxidación cuando los valores son altos. En la tabla 2 se reflejan los valores de la tonalidad que señalan un vino joven, prensado y del año, ya que el color rojo del vino disminuye con el envejecimiento y afecta directamente a su color, aumentando el color amarillo y que valores por encima de 1,2 unidades señalarían el desarrollo del color hacia el naranja, que se incrementa a lo largo del envejecimiento (Ljiljana *et. al.*, 2016).

En la Tabla 2 se muestra que para la variedad Tempranillo el efecto del tratamiento con caolín sobre la tonalidad no es significativo ($p=0.206$), en cambio en la variedad Marselan el efecto del tratamiento con caolín sobre la tonalidad sí es significativa ($p=0.005$), pero lo más destacable es que se produce una interacción entre variedad y tratamiento (Gráfica 3), provocando una disminución de los valores de tonalidad en el caso de Tempranillo y un incremento en el caso de Marselan, pudiendo estar relacionado con la concentración de

antocianos, que afecta tanto a la intensidad colorante como al tono. Este resultado resulta algo contrario a lo señalado por Dinis *et. al.*, (2024) que refiere un descenso en la tonalidad de los vinos tratados con Caolín respecto al control, esta reducción en los vinos tratados con Caolín corresponde a un ligero incremento del color rojo intenso. Así también, Martínez, (2019); Zamora, (2020) señalan que la tonalidad puede verse afectada por la concentración de Caolín que se aplica sobre el viñedo.



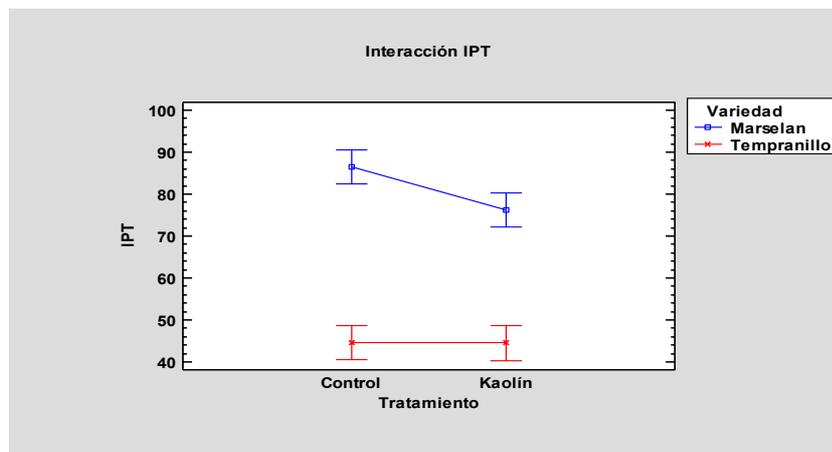
Gráfica 3: Interacción del efecto que tiene la variedad y el tratamiento con Caolín Sobre la Tonalidad.

En la interacción de la gráfica 3 se muestra que al tratamiento con caolín el efecto es diferente según la variedad empleada y que ambos factores son significativos ($p=0.008$) sobre la tonalidad de los vinos estudiados, el solapamiento que se observa en la gráfica en ambas variedades podría deberse como dice (Zamora., 2020) a la concentración de caolín aplicado.

4.2.3 Índice de polifenoles totales (IPT)

El índice de polifenoles totales IPT es el primer indicador de la calidad del vino, en la tabla 2 se muestran los valores medios de IPT para los vinos de ambas variedades, estos valores están dentro del rango normal (40-120) correspondiente a un vino tinto joven. El IPT en la variedad Tempranillo refleja que el tratamiento con Caolín no es significativo ($p=0.896$) y no presenta cambios sobre la concentración de IPT, en cambio, en la variedad Marselan sí resulta significativo ($p=0.017$) provocando un descenso de la concentración de IPT, por lo que se ha conseguido uno de los objetivos perseguidos por este tratamiento, es decir, el retraso de la madurez polifenólica y tecnológica. Estos resultados obtenidos difieren de los encontrados por Dinis *et. al.*, (2024), que demuestran un incremento de los fenoles totales en las muestras tratadas con Caolín, lo mismo afirma Luzío *et. al.*, (2021) explicando que el incremento significativo del IPT depende de la variedad. Así también Conde *et. al.*, (2016); Dinis *et. al.*, (2016) argumentan que el incremento de IPT podría deberse a que la película de Caolín reduce la cantidad de radiación que llega al tejido de la planta, lo que se refleja en una disminución de la temperatura y por tanto un alivio del estrés por calor contribuyendo

así a una mayor concentración de fenoles y antocianinas, este hecho no se ha cumplido en la variedad Marselan objeto de estudio.



Gráfica 4: Interacción del efecto que tiene la variedad y el tratamiento con Caolín Sobre el índice de polifenoles totales IPT.

En la gráfica 4 se observa que existe una ligera interacción ($p = 0.017$) entre el tratamiento con Caolín y las variedades sobre la concentración del IPT, manteniendo una concentración de IPT similar en Tempranillo y una disminución en Marselan, por lo que dependiendo de la variedad sobre la que se aplica el tratamiento con Caolín la concentración de IPT varía. Estos resultados están respaldados parcialmente por Dinís *et al.*, (2014) que en su estudio afirma que el efecto del tratamiento con Caolín depende de la variedad de uva provocando una mayor concentración de IPT en raspones y semillas.

4.2.4 Taninos

La importancia de los taninos en el vino radica en la capacidad de interactuar con los antocianos para estabilizar el color del vino, favoreciendo un color más estable por más tiempo. En la tabla 2 se recoge los resultados de la concentración de taninos del vino. Para la variedad Tempranillo, Marselan, los taninos obtenidos en las muestras se encuentran dentro de los valores normales (1–4 g/L) para el vino tinto y aunque los valores están dentro de los parámetros esperados, el comportamiento por variedad es diferente. En ninguna de las variedades el efecto del caolín resulta significativo ($p=0.05$) y ($p=0.229$), a pesar de que el tratamiento con Caolín reduce la temperatura de la viña, retrasando un posible incremento de los taninos como lo señala Martínez (2019), ya que los taninos pueden verse incrementados por la radiación solar excesiva (Santos *et al.*, 2020).

En la gráfica 5 se muestra que no existe interacción entre el tratamiento y la respuesta de la variedad a la aplicación del tratamiento de caolín ($p=0.088$) sobre la concentración de taninos. Estos resultados no coinciden con los obtenidos por Luzío *et al.*, (2021) que observa un incremento en la concentración de taninos en las semillas de la uva, pero señala que este puede ocurrir o no dependiendo de la variedad. Así también Bernardo *et al.*, (2021) en el estudio que realiza sobre el equilibrio hormonal de diferentes variedades de

viña, observa que la acumulación de taninos se incrementó pero que esta no fue constante en los periodos de estudio.

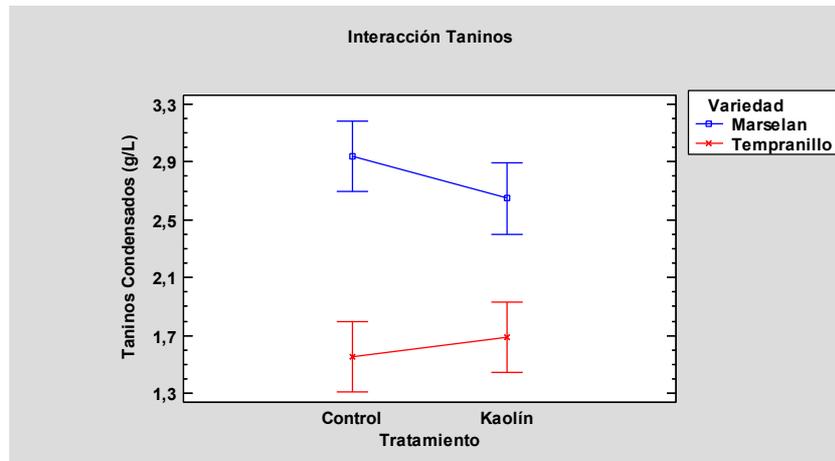


Gráfico 5: Interacción del efecto que tiene la variedad y el tratamiento con Caolín Sobre la concentración de Taninos.

4.2.5 Índice de gelatina

El índice de gelatina es una medida que evalúa la cantidad de taninos de la uva que es capaz de reaccionar con las proteínas de la gelatina, este índice es una indicación de la concentración de taninos astringentes. En la tabla 2 observamos el comportamiento de las muestras tratadas con Caolín al 4%, sobre el índice de gelatina para los vinos de la variedad Tempranillo y Marselan. Los valores del índice de gelatina para la variedad Tempranillo muestran que el tratamiento con Caolín al 4% no es significativo ($p=0.868$), en cambio para la variedad Marselan el tratamiento con Caolín sí lo es ($p=0.001$). Los valores encontrados en ambas variedades son superiores a 30, lo que sugiere que es un vino con un alto contenido tánico indicativo de un vino astringente pero que es ideal para el envejecimiento.

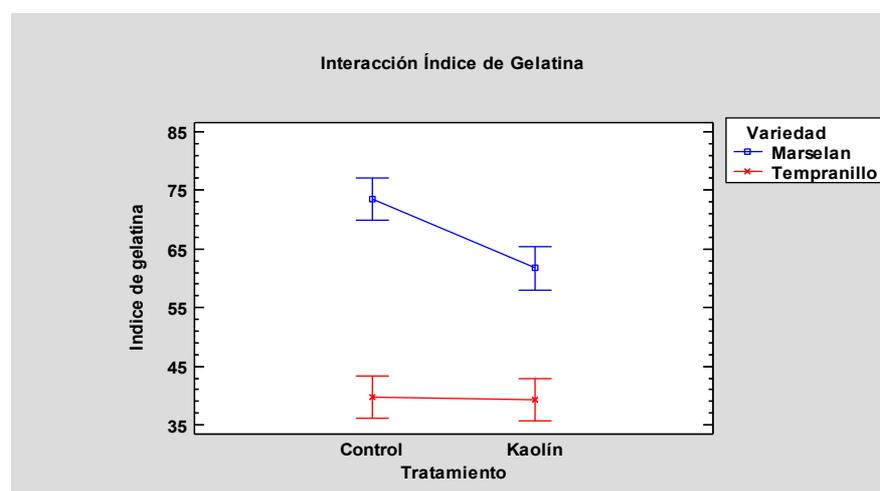


Gráfico 6: Interacción del efecto que tiene la variedad y el tratamiento con Caolín Sobre el índice de gelatina.

Por otra parte la gráfica 6 muestra las interacciones realizadas entre el tratamiento y las variedades (Tempranillo y Marselan), concluyendo que ambos factores son significativos ($p=0.004$) sobre el índice de gelatina con un 95% de nivel de confianza. Aunque no hay estudios directamente relacionados con el efecto del Caolín sobre los taninos astringentes del vino, Casassa *et. al.*, (2015) señalan que la astringencia del vino es mayor cuando hay un déficit hídrico. Por lo tanto, en vista de los resultados obtenidos, se puede pensar que la película de partículas de Caolín al 4%, tendría un efecto sobre el déficit hídrico provocando una mejora en la astringencia de los taninos.

4.2.6 Índice de DMACH

El índice de DMACH este parámetro permitirá evaluar el grado de polimerización de los taninos. Dicho índice tiene una lectura inversa, es decir valores altos, indican que el tanino está poco polimerizado y puede ser más astringente. En la tabla 2 están reflejados los valores del índice de DMACH para los vinos provenientes de las variedades de Tempranillo y Marselan, en ambas variedades el índice de DMACH se reduce después del tratamiento con Caolín. Los resultados reflejan como el tratamiento con Caolín tiene un efecto sobre el grado de polimerización de los taninos. Para la variedad Tempranillo el tratamiento con Caolín tiene un efecto significativo ($p=0.000$) sobre el índice de DMACH, provocando el incremento del grado de polimerización de los taninos y en cambio para la variedad Marselan el tratamiento con Caolín no resulta significativo ($p=0.435$).

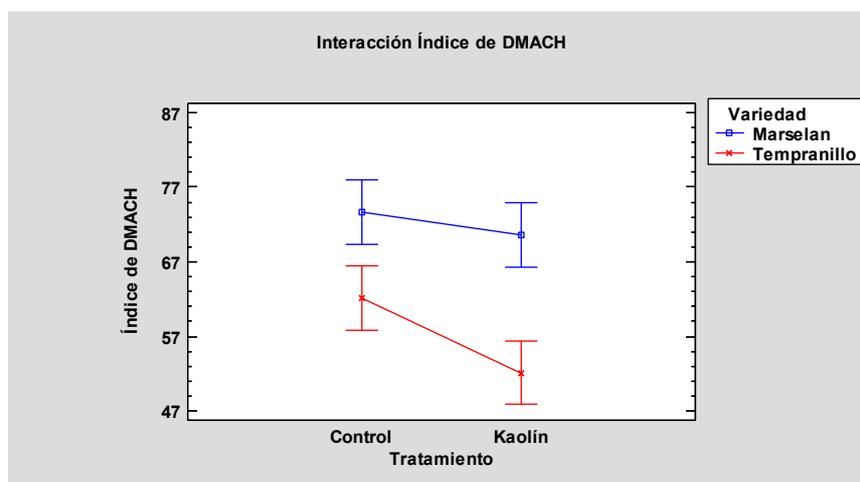


Gráfico 7: Interacción del efecto que tiene la variedad y el tratamiento con Caolín Sobre el índice de DMACH

La gráfica 7 muestra la interacción entre la variedad (Tempranillo y Marselan) y Tratamiento (Control y Caolín) y su efecto sobre los valores del índice de DMACH o grado de polimerización de los taninos, señalando que la interacción entre la variedad y el tratamiento no son significativos ($p=0.101$). Esto significa que cada variedad se comporta de forma similar al tratamiento con Caolín. En general la variedad Tempranillo es la que más diferencias muestra entre el Control y Caolín, en esta variedad, el tratamiento de caolín ha provocado un incremento de la concentración de taninos, y esos taninos son más polimerizados (Zamora, 2020).

4.2.7 Catequinas

Las catequinas son compuestos fenolicos, que poseen propiedades antioxidantes, la concentración de catequinas dependen de la variedad de uva, el clima, el tipo de vinificación y el tiempo de envejecimiento. En la tabla 2 se encuentran reflejados los valores de la concentración de catequinas para las variedades de Tempranillo y Marselan. Haciendo el análisis de varianza para cada variedad observamos que las variedades se comportan de forma diferente al ser tratadas con Caolín al 4%, tal es así que en la variedad Tempranillo el tratamiento no es significativo ($p=0.245$), en cambio en la variedad Marselan el tratamiento con Caolín es significativo ($p=0.004$) sobre la concentración de catequinas. En ambos casos los valores de la concentración se incrementan después del tratamiento con Caolín, pero lo hace con más intensidad en la variedad Marselan que en Tempranillo.

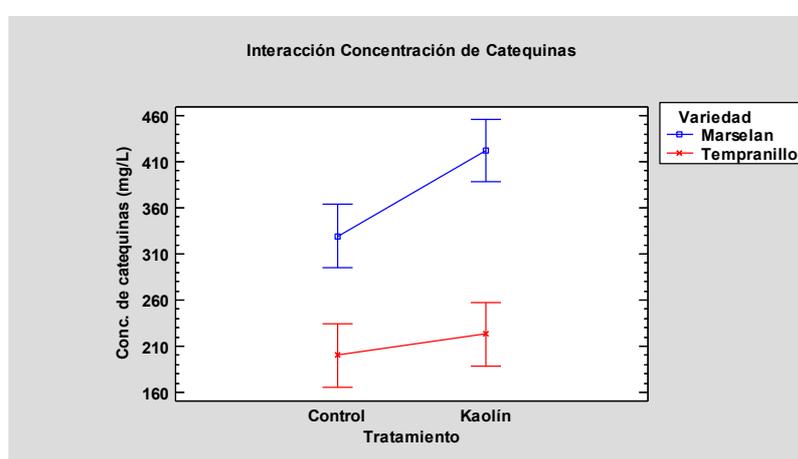


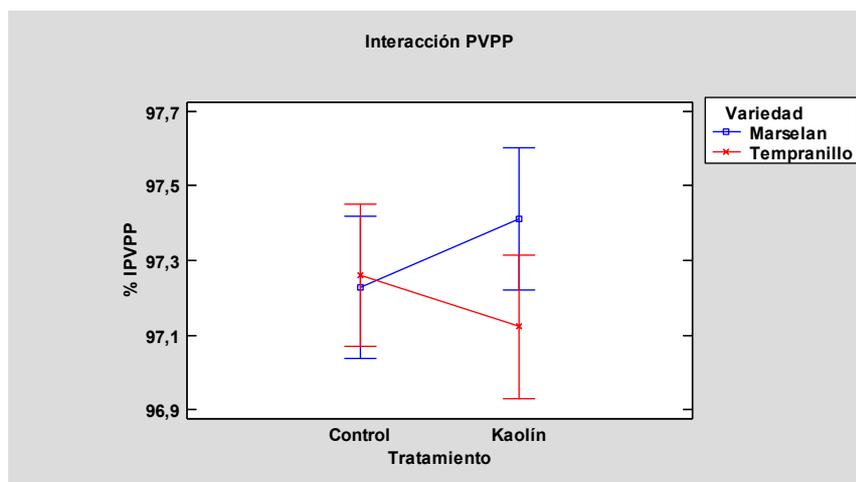
Gráfico 8: Interacción del efecto que tiene la variedad y el tratamiento con Caolín Sobre la concentración de Catequinas.

Así mismo en la gráfica 8 se muestra la interacción entre las variedades y los tratamientos, reflejando como estos factores afectan la concentración de catequinas. La interacción del análisis de varianza realizado para la concentración de catequinas prueba que tanto la variedad como el tratamiento tienen un efecto significativo ($p=0.044$) sobre la concentración de catequinas con un 95% de confianza. Concordando con Martínez (2019), que señala una mayor concentración de catequinas en muestras tratadas con Caolín, esto se explica por la cualidad que tiene el Caolín de reducir la temperatura durante la maduración lo que favorece la concentración de antocianidinas como lo mencionan (Kliwer *et. al.*, (1972); Keller (2010); Ryu *et. al.*, (2021)), aunque no se ha apreciado con tanta claridad en la variedad Tempranillo, en el presente estudio.

4.2.8 Índice de PVPP

El índice de PVPP indica el porcentaje de antocianos combinados con taninos y permite evaluar la estabilidad del color y la calidad del vino. En la tabla 2 se reflejan los valores del porcentaje de PVPP para cada variedad en función del tratamiento recibido, señalando que ni en la variedad Tempranillo ni en la variedad Marselan el tratamiento con caolín es

significativo ($p=0.455$) y ($p=0.055$), respectivamente. Algo que concuerda con los resultados obtenidos por (Zamora, 2020) que considera el tratamiento con Caolín, como un factor que no afecta al índice de PVPP.



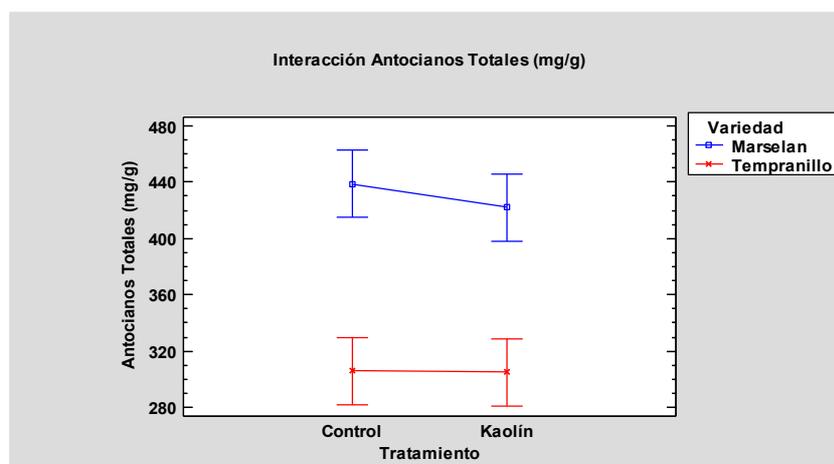
Gráfica 9: Interacción del efecto que tiene la variedad y el tratamiento con Caolín sobre el porcentaje de PVPP.

La gráfica 9 muestra que no existe la interacción entre el tratamiento y las variedades (Tempranillo, Marselan) sobre el índice de PVPP ($p=0.097$). Los vinos se analizaron a los 6 meses de su embotellado y es posible que las reacciones de estabilización e unión antociano-tanino, requieran más tiempo para ocasionar diferencias en el valor de Índice de PVPP (Zamora, 2020).

4.2.9 Antocianos totales

Los antocianos totales se refieren a la suma total de antocianos presentes en el vino, generalmente su concentración es un indicativo de calidad, color y las propiedades sensoriales del vino. En la tabla 2 se refleja el valor medio de la concentración de antocianos obtenidos de las muestras control y las tratadas con Caolín. En ambas variedades se observa que el tratamiento no presenta diferencias estadísticamente significativas ($p=0.939$) y ($p=0.419$) sobre la concentración de antocianos totales con un 95% de nivel de confianza. Estos valores corresponden a un vino joven que oscila entre los 200-800 mg/L este valor puede variar de acuerdo a la variedad de uva. En la gráfica 10 se representa la interacción entre las variedades y el tratamiento con Caolín sobre la concentración de antocianos totales, estos reflejan que el tratamiento de caolín es similar para ambas variedades estudiadas ($p=0.503$) y por tanto no tiene un efecto significativo sobre la concentración de antocianos. Los valores de la concentración de antocianos de las variedades Tempranillo y Marselan no son diferentes, algo que se contradice con los resultados obtenidos por Shellie *et. al.*, (2013) en el estudio que realiza aplicando una película de Caolín en la superficie foliar y observa que la concentración de antocianos se incrementa en las variedades estudiadas (Cabernet Sauvignon y Malbec). Así también Brillante *et. al.*, (2016) sostiene que

hay un incremento del contenido de antocianos de más del 35% en muestras tratadas con Caolín, considerando que el vino es más atractivo y ligeramente más apreciado.



Gráfica 10: Interacción del efecto que tiene la variedad y el tratamiento con Caolín sobre el concentración de antocianos.

Así también se puede explicar que las variaciones en la concentración de antocianos se debe principalmente a los cambios de temperatura durante la maduración de la viña como lo señalan (Gaiotti *et. al*, (2018); Yan *et. al.*, (2020)) en estudios realizados con diferentes variedades de uva, llegando a la conclusión de que el descenso de la temperatura en la viña favorece la acumulación de antocianos.

4.2.10 Antocianos por el método HPLC

La determinación de antocianos por el método HPLC es el más preciso empleado en enología. Como se menciona anteriormente los antocianos son pigmentos vegetales que se encuentran en la piel de las uvas y son responsables del color rojo, púrpura y azul, estos se encuentran en forma de antocianinas como Malvidina, Peonidina, Cianidina y derivados (Ljiljana,*et. al.*, 2016). Esta concentración de antocianinas se puede reducir gravemente por efecto del calor como lo indica (Lecourieux *et al.*, 2017).

Tabla 3: Resultados análisis de antocianos por el método HPLC, la variedad Tempranillo y Marselan control y tratadas con caolín (4%).

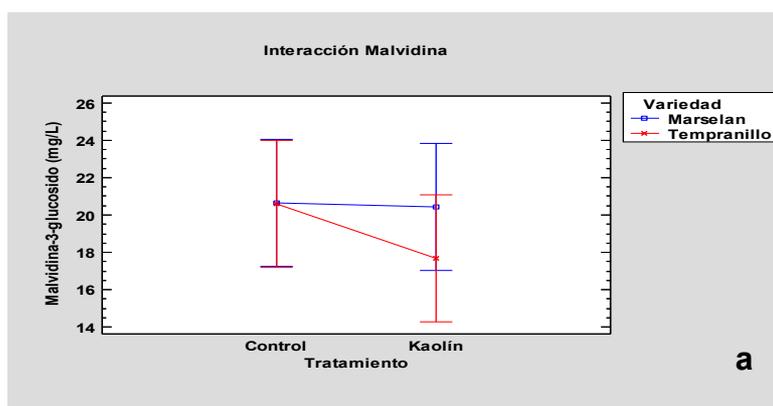
Parámetro	Tempranillo			⁽¹⁾ Valor - P
	Control	Caolín 4%	Razón-F	
Delfinidina-3-Glucosido (mg/L)	1,53 ± 0 a	1,62 ± 0 a	0,13	0,723
Cianidina-3-gluc (mg/L)	0,06 ± 0 a	0,72 ± 0 a	2,70	0,132
Petunidina-3-gluc (mg/L)	2,51 ± 0 a	1,74 ± 0 a	1,56	0,240
Peonidina -3-glucosido (mg/L)	0,55 ± 0 a	0,45 ± 0 a	0,90	0,336
Malvidina-3-glucosido (mg/L)	20,60 ± 0 a	17,69 ± 0 a	2,43	0,150

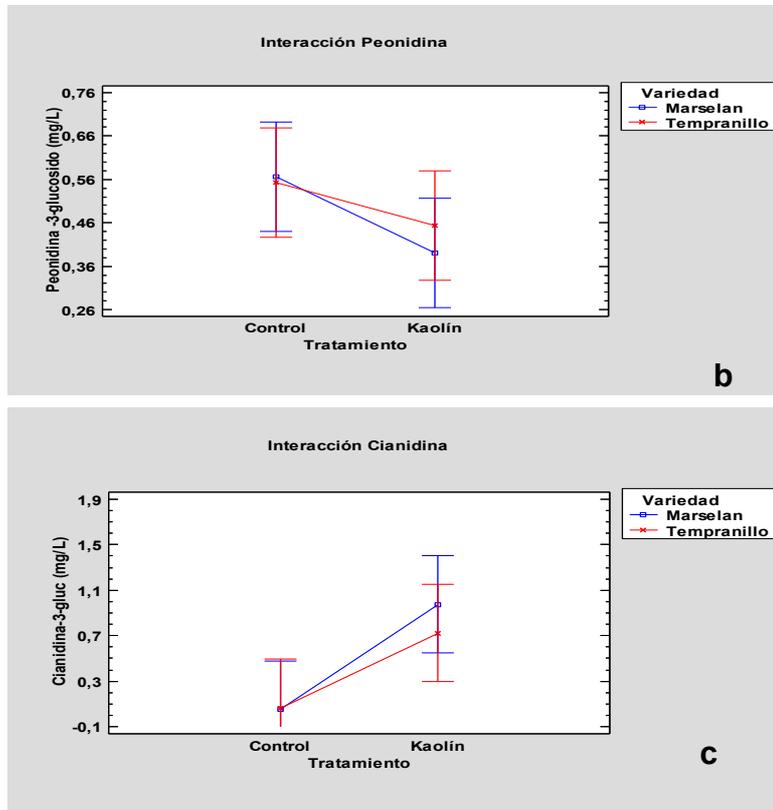
Marselan				
Parámetro	Control	Caolín 4%	Razón-F	⁽¹⁾ Valor - P
Delfinidina-3-Glucosido (mg/L)	0,51 ± 0 b	0,24 ± 0 a	18,98	0,001
Cianidina-3-gluc (mg/L)	0,05 ± 0 a	0,97 ± 0 b	137,79	0
Petunidina-3-gluc (mg/L)	1,38 ± 0 b	0,03 ± 0 a	72,76	0
Peonidina -3-glucosido (mg/L)	0,57 ± 0 b	0,39 ± 0 a	8,30	0,016
Malvidina-3-glucosido (mg/L)	20,63 ± 0 a	20,44 ± 0 a	0	0,947
Interacción Variedad x Tratamiento ⁽²⁾				
Parámetro	Variedad x Tratamiento		Razón-F	Valor - P
Delfinidina-3-Glucosido (mg/L)			2,01	0,171
Cianidina-3-gluc (mg/L)			0,41	0,531
Petunidina-3-gluc (mg/L)			0,65	0,429
Peonidina -3-glucosido (mg/L)			0,41	0,531
Malvidina-3-glucosido (mg/L)			0,70	0,413

Letras distintas indican diferencias significativas al 95%. (1) comparación entre tratamientos (Control y Caolín). (2) interacción variedad X tratamiento.

En la tabla 3 se muestra la concentración de antocianos obtenidos mediante la técnica de HPLC, tomando como referencia los principales antocianos monoglucósidos característicos de la *Vitis vinifera* como son la Malvidina, Cianidina, Peonidina, Delfinidina y Petunidina, siendo la malvidina la más abundante (Hidalgo, 2011).

El análisis ANOVA realizado, refleja los valores medios de la concentración de antocianos, señalando que los tratamientos no han provocado diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las muestras Control y las tratadas con Caolín. Algo contrario a lo observado por Kumar *et. al.*, (2020) que hace referencia a la concentración de antocianinas que cuyo incremento es dependiente de la variedad de uva estudiada. Algo que también demuestra (Wang *et. al.*, (2020); Mori *et. al.*, (2007)) señalando que las muestras tratadas con Caolín presentan un mayor incremento de Delfinidina, Cianidina y derivados por el efecto del calor.





Gráfica 11: Interacciones entre la variedad y el tratamiento con Caolín y su efecto sobre la concentración de antocianinas (a) Malvidina, (b) Peonidina, (c) Cianidina.

La gráfica 11 muestra de forma más clara la interacción entre los principales antocianos responsables del color, mostrando que los vinos obtenidos a partir de las uvas tratadas con Caolín, no sufren cambios respecto al color, no obstante el color es un factor que también varía según la variedad, en nuestro caso la interacción entre el tratamiento y la variedad no muestra diferencias significativas ($p > 0.05$) para las antocianinas (Delfinidina, Cianidina (c), Petunidina, Peonidina (b), Malvidina (a)). Estas variaciones ya fueron mencionadas por Kumar *et. al.*, (2020) y lo atribuyeron a la variedad de uva, por otro lado Wang *et. al.*, (2020) enuncia un incremento en las antocianinas en las muestras tratadas con Caolín. En la misma línea Ju *et. al.*, (2021) señala que la concentración de antocianinas es un factor que depende de variedad y del clon estudiado.

CONCLUSIONES

5.1 Conclusiones

Los resultados del análisis de los vinos obtenidos de las variedades Tempranillo y Marselan, separadas en muestras Control y Caolín nos permite llegar a las siguientes conclusiones:

1. En las muestras tratadas con Caolín, sí hay diferencias significativas en los parámetros relacionados con el grado alcohólico y la acidez volátil, en cambio el pH y la acidez total no presentan cambios significativos en ambas variedades.

2. El tratamiento con Caolín no influye en los polifenoles que se estudian al analizar la Intensidad Colorante, los taninos condensados, el índice de DMACH, PVPP y los antocianos Totales. En cambio para la Tonalidad, el índice de polifenoles totales (IPT), índice de Gelatina y la concentración de Catequinas, el comportamiento de cada variedad es diferente después del tratamiento con Caolín.

3. En general el efecto que ejerce el tratamiento con Caolín sobre las muestras es favorable en algunos parámetros para la variedad Marselan, en cambio en la variedad Tempranillo la aplicación de caolín no causa efectos significativos.

4. En general la variedad si es un factor que tiene mucha importancia en la respuesta ante el tratamiento con Caolín. Con los resultados obtenidos llegamos a la conclusión de que en la variedad Marselan si se cumple el objetivo de reducir el grado alcohólico y la acidez volátil de los vinos y no así en la variedad Tempranillo. Con respecto a los parámetros relacionados con el color y su estabilidad podemos decir que el tratamiento con Caolín no cambia las cualidades propias de cada una de las variedades estudiadas.

5. Se necesita en el futuro estudiar más el momento idóneo, así como la dosis de aplicación de caolín y adaptar éstos a cada variedad con el fin de retrasar la madurez tecnológica sin afectar a la composición polifenólica de las uvas.

BIBLIOGRAFÍA

6.1 Bibliografía

Aleixandre Benavent José Luis., Alvares Cano M. Inmaculada (2003) Tecnología Enológica., Editorial Síntesis S.A., Madrid-España

Barcena Plaza Jorge (2022) <https://jorgeplazabarcena.com/post/caolin-blanca-caderechas/>. - 5 de mayo de 2018. - 17 de Marzo de 2022. -

Bernardo Sara., Ana Luzio., Machado Nelson., Ferreira Helen., Vicente Vives-Peris., C. Malhei Aureliao., Carlos Correia., Aurelio Gómez-Cadenas., Dinis Lia-Tania., Moutinho-Pereira Jose (2021). Kaolin Application Modulates Grapevine Photochemistry and Defence Responses in Distinct Mediterranean-Type Cimate Vineyards., Agronomy.

Bernardo Sara., Dinis Lia-Tânia., Machado Nelson., Barros Ana., Pitarch-Bielsa Martha., Gómez-Cadenas Aurelio., Moutinho-Pereira José (2021). Kaolin impacts on hormonal balance, polyphenolic composition and oenological parameters in red grapevine berries during ripening., Journal of Berry Research., págs. vol.11, nº 3, Pag.465-479.

Blouin J. (1977) Manual pratique d'analyse des moûtes et des vins. Chamber d'Agriculture de la Gironde.

Blouin. J. (1992) Técnicas d'analyse des moûtes et des vins., Ed. Dujardin-Salleron.

Brillante Luca., Nicola Belfiore, Federica Gaiotti, Lorenzo Lovat, Luigi Sansone, Stefano Poni, Diego Tomas (2016). Comparing Kaolin and Pinolene to Improve Sustainable Grapevine Production during Drought.

Brito Catía., Lia-Tânia Dinis, José Moutinho-Pereira, Carlos Correia (2019). Kaolin an emerging tool to alleviate the effects of abiotic stresses on crop performance., Scientia Horticulturae., págs. 310-316.

Casassa Luis Federico., Keller Markus., Harbertson James F. (2015) El riego deficitario regulado altera las antocianinas, los taninos y las propiedades sensoriales de las uvas y los vinos Cabernet Sauvignon., MDPI., págs. 7820-7844.

Colomer J.A., García J., Esteve A. (2005) Técnicas usuales de Análisis en Enología., Técnicas usuales de Análisis en Enología., Panreac., Barcelona - España.

Conde Artur., Pimentel Diana., Neves Andreia., Dinis Lia-Tânia., Bernardo Sara., Correia Carlos M., Gerós Hernâni., Moutinho-Pereira Jose (2016). Kaolin Foliar Application Has a Stimulatory Effect on Phenylpropanoid and Flavonoid Pathways in Grape Berries., Frontiers, ciencia Vegetal., Volumen 7.

Destrac Irvine., Leeuwen Agnes Cornelis van (2017). Modified grape composition under climate change conditions requires adaptations in the vineyard., Vol. 51.

Dinis Lia Tânia., Pereira Sandra., Fraga Irene., Rocha Sílvia M., Costa Carina., Martins Cátia., Vilela Alice., Arrobas Margarida., Moutinho-Pereira José (2024). Kaolin foliar spray induces positive modifications in volatile compounds and fruit quality of Touriga-Nacional red wine., ives, oeno one vine & wine.Vol. 58, N° 2.

Dinis Lia-Tânia., Bernardo Sara., Costa Carina., Rocha Silvia., Correia Carlos., Luzio Ana., Moutinho-Pereira José (2020). Overview of Kaolin Outcomes from vine to wine: Cercel White Variety Case Study.

Dinis L-T., Bernardo S., Conde A., Pimentel D., Ferreira H., Félix L., Gerós H., Correia C.M., Moutinho-Pereira J. (2016). Kaolin exogenous application boosts antioxidant capacity and phenolic content in berries and leaves of grapevine under summer Stress., Journal of Plant Physiology., págs. 45-53.

Dinís L-T., Correia C.M., Ferreira H.F., Goncalves I., Coutinho J.F., Ferreira M.I., Malheiro A. C., Moutinho-Pereira J. (2014) Physiological and biochemical responses

of Semillon and Muscat Blanc à Petits Grains winegrapes grown under Mediterranean climate., *Scientia Horticulturae*.

Elejalde Caravaca Edurne (1999). Extracción y caracterización de antocianos y procianidinas de distintas variedades de uva empleadas en la elaboración del txakoli tinto de Bizkaia., View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk., págs. 67-82.

Ferrari V., Disegna E., Dellacassa E., Coniberti A.(2017). Influence of timing and intensity of fruit zone leaf removal and kaolin applications on bunch rot control and quality improvement of Sauvignon blanc grapes, and wine, in a temperature humid climate., Elsevier s.l., págs. 62-71.

Froni Tommaso., Tombesi Sergio., Luciani Elisa., Sabbatini Paolo., Barrios Julián G. y Palliotti Alberto (2019). Kaolin treatments on Pinot noir grapevines for the control of heat stress damages., BIO Web of Conferences 13.

Gaiotti Federica., Pastore Chiara, Filippetti Ilaria, Belfiore Nicola, Diego Tamasi (2018). Low night temperature at veraison enhances the accumulation of anthocyanins in Corvina grapes (*Vitis Vinifera L.*) *Scientific Reports*, págs. 1-13.

García Juan Antonio de Cara (2018). Características Agroclimáticas de la Vid (*Vitis Vinifera L. subsp. vinifera*), Servicio de Aplicaciones Agrícolas e Hidrológicas AEMet.

Glories Y. (1978). Recherches sur la matière colorante des vins rouges., Thèse a L'Universite de Bordeaux II.

González Neves Gustavo Favre Guzmán, Piccardo Diego, Ferrer Milka, Echeverría Gerardo (2015). Efecto de Técnicas alternativas de maceración sobre el color y composición de vinos tintos de seis variedades de uva., *Agrociencia*, págs. 57-68.

Greer Dennis H., Weston Chris (2010). Heat stress affects flowering, berry growth, sugar accumulation and photosynthesis of *Vitis vinifera* cv. Semillon grapevines grown in a controlled environment., *Functional Plant Bioogy*., págs. 206-214.

Generalitat Valenciana, Consilleria de Agricultura, Ganaderia y Pesca (GVA) (2023). El sector Vitivinícola Comunidad Valenciana. - Valencia

Heier A., Blaas W., Drob A., and Wittkowski R. (2002). Antocyanin analysis by HPLC/ESI-MS., *American Journal of Enology and Viticulture*, págs. 78-86.

Hidalgo Togores José (2011). Tratado de Enología., Madrid-Mexico., Ediciones Mundi-Prensa.

Iglesias Ana., Felipe Medina (2009). agecon search research in agricultural & applied economics., 30 de Marzo de 2023., <https://ageconsearch.umn.edu/record/168448?ln=en>.

Jiangiang Canción de., Shellie Krista C., Wang Hua., Qianb Michael (2012). Influence of deficit irrigation and kaolin particle film on grape composition and volatile compounds in Merlot grape (*Vitis vinifera L.*), Elsevier., págs. 841-850.

Ju Yanlum., Yang La., Yue Xiaofeng., He Rui., Deng Shenglin., Yang Xin., Fang Yulin (2021). Anthocyanin profiles and color properties of red wines made from *Vitis Davidii* and *Vitis Vinifera* grapes., *Food Science and Human Wellness*., págs. 335-344.

Keller M. (2010). Managing grapevines to optimise fruit development in a challenging environment: a climate change primer for viticulturists., *Australian Journal of grape and Research*., págs. 56-69.

Kentaro Mori., Nami Goto-yamamoto., Masahiko Kitayama y Katsumi Hashizume (2007). Perdida de antocianinas en uva de vino tinto bajo alta temperatura., *Revista de botánica experimental*., págs. 1935-1945.

Kliewer W.M., Torres Rodrigo E. (1972). Effects of Night Temperature at Veraison on Berry Skin Coloration of 'Kyoho' Grapevines., *AJEV American Journal of Enology and Viticulture.*, págs. 71-77.

Kumar Singh Rupesh., Alfonso Jessica., Nogueira Martha., Oliveira Ana A., Cosme Fernanda., Falco Virgilio (2020). Silicates of Potassium and Aluminium (Kaolin); Comparative Foliar Mitigation Treatments and Biochemical Insight on Grape Berry Quality in *Vitis vinifera* L. (cv. Tauringa National and Tauringa Franca)., *Biology MDPI.*

Lecourieux Fatma., Christian Kappel., Philippe Pieri., Justine Charon., Jérémy Pillet (2017). Dissecting the Biochemical and Transcriptomic Effects of a Locally Applied Heat Treatment on Developing Cabernet Sauvignon Grape Berries., *Frontiers in Plant Science.*

Ljiljana M. Babincev Dejan M. Guresie, Ranko M. Simonović (2016). Spectrophotometric Characterization of red wine color from the vineyard region of metohia., *Journal of Agricultural Sciences.*, págs. 281-290.

Lluch Lafuente María (2013). Análisis sensorial del vino., *Análisis sensorial del vino.*, Hotel escuela ECOTUR.

López Alejandro Manuel M^a (2010). Manual de viticultura enología y caa., España - Almuzaara.

López Compés Raú J., Ferrer Francesc Cervera (2018). La viticultura mediterránea en España frente al cambio climático., *Monografías cajamar caja rural.*, pág. 155.

Luzio A., Bernardo S., Correia C., Moutinho-Pereira J., Dinis L-T. (2021). Phytochemical screening and antioxidant activity on berry, skin, pulp and seed from seven red Mediterranean grapevine varieties (*Vitis vinifera* L.) treated with kaolin foliar sunscreen., *Scientia Horticulturae.*

Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente (MAGRAMA) Orden AAA/2127/2012., III. Otras Disposiciones. págs. 71773-71777.

Maha Mohamed Shater Abdallah., Hala Mohamed Safwat El-Bassiouny y Mohamed Aly AbouSeeda (2019). Potential role of kaolin or potassium sulfate as anti-transpirant on improving physiological, biochemical aspects and yield of wheat plants under different watering regimes., *Bulletin of the National Research Centre.*, págs. 1-12.

Ministerio de Agricultura pesca y alimentación (MAPA) (2023). Escudero Población Andrés, Mancheño Losa Sergio, López Pérez Juan José Anuario de Estadística., *Avance Anuario de Estadística 2023.*, España.

Marín J., Armengol J., Carbonell-Bejarano P., Escalona J.M., Granaje D. (2021). Challenges of viticulture adaptation to global change: tackling the issue from the roots., *Australian Journal of grape and wine Research.*, págs. 8-25.

Martínez Barberá Juan (2019). Incidencia de la aplicación de caolín en el viñedo en la composición de los vinos de la variedad Marselan., *Valencia-España.*

Mori Kentaro., Gto-Yamamoto Nami., Kitayama Masahiko., Hashizume Katsumi (2007). Loss of anthocyanins in red-wine grape under high temperature., *Journal of Experimental Botany.*, págs. 1935-1945.

OIV Press Conference, Jhon Barker (2024). State of the vine and wine sector., *Barker Jhon.*

Padua Luis., Bernardo Sara, Lis-Tania Dinis, Correa Carlos, Moutinho Pereira Jose (2022). Eficiencia de la aspersión foliar de caolín evaluada a través de imágenes infrarrojas térmicas basadas en UAV., *Colección de ciencias terrestres, atmosféricas y acuáticas.*

Pillet Jérémy., Egert Aurélie, Piere Philippe, Lecourieux Ftma, Kappel Christian, Caronte Justine, Gomes Eric, Keller Félix, Delrot Serge, Lecourieux David (2012). VvGOLS1 and VvHsfA2 are Involved in the Heat Stress Responses in Grapevine Berries., *Plant & cell physiology.*, págs. 1776-1792.

Pompei C., Peri C. (1971). Determination of catechins in wines., pag 312-316.

Pszczółkowski Phillippo., Ceppi de Lecco Consuelo (2011). Manual de vinificación Guía práctica para la elaboración de vinos., Santiago - Chile : Ediciones Universidad Católica de Chile.

Reglamento (CEE) N° 2676/90. Comisión de las comunidades europeas (2003). Reglamento (CEE) N° 2676/90 de la comisión de 17 de septiembre de 1990. Por el que se determina los métodos analíticos aplicables al sector del vino., págs. 83-122-164.

Riberau-Gayón J., Peynaud E., Sudraud J., Riberau - Gayón P. (1979). Ciencias y Técnica del vino. Analisis y control de los vinos. Tomo I., Editorial Interamericana.

Rodríguez Montealegra R., Romero Peces R., Chacón Vozmediano J.L., Martínez Gascueña J., García Romero E. (2006). Phenolic compounds in skins and seeds of ten grape *Vitis vinifera* varieties grown in a warm climate., *Journal of food compoditio and analysis.*, págs. 687-693.

Rogiers S.Y., Fahey D.J., Holzappel B.P. (2020). Mitigating sunburn, dehydration and smoke taint in the vineyard: is there a role for sunscreens, antitranspirants and film forming barriers?., *International Society for Horticultural Science.*

Ruiz-García Leonor., Romero Pascual., Tornel Manuel., Menéndez Menéndez Cristina., Cabello Félix., Martínez-Cutillas Adrián (2018). La viticultura frente al cambio climático: Adaptación y estrategias de mejora., *Consejo Superior de Investigaciones científicos.*, págs. 165-188.

Ryu Suhyun., Jung Gun Cho., Jae Hoon Jeong., Seul Ki Lee., Jeom Hwa Han (2021). Efectos de la temperatura nocturna en el envero sobre la coloración de la piel de las bayas de las vides 'Kyoho'.*, Journal of Bio-Environment Control.*, págs. 295-303.

Salazar Hernández Domingo M., Melgarejo Moreno Pablo (2005). Viticultura Técnicas de cultivo de la vid, calidad de la uva y atributos de los vinos., AMV Ediciones, Mundi-Prensa., Madrid-España.

Sánchez-Lafuente Antonio Caro (2023). Análisis sensorial de vinos., Análisis sensorial de vinos., IC editorial - Málaga.

Santos João A., Hélder Fraga., Aureeliano C., Malheiro y otros (2020). Una revisión de los impactos potenciales del cambio climático y las opciones de adaptación para la viticultura europea., *Ciencias Aplicadas.*

Shellie Krista C., King Bradley A. (2013). Kaolin Particle Film and Water Deficit Influence Red Winegrape Color under High Solar Radiation in an Arid Climate., *American Journal of Enology and Viticulture.*, págs. 214-222.

Valentini Gabriele., Pastore Chiara., Allegro Gianluca., Muzzi Enrico., Seghetti Leonardo., Filippetti Llaría (2021). Application of Kaolin and Italian Natural Chabasite-Rich Zeolite to Mitigate the Effect of Global Warming in *Vitis vinifera* L. cv. Sangiovese., *MDPI agronomy.*

Vivai Cooperativi Rauscedo sca. (2013). Catálogo General de las Variedades y los Clones de uva de vino y de mesa., pág. 72 y 103.

Vivas N., Glories Y., Lagune L., Saucier C. (1994). Estimation du dregre de polymerisation des procyanidines du raisin et du vin par la méthode au p-dimethylaminociannaldehyde., *Jounal International des Science of Food and Agriculture.* 343., págs. 11-18.

Wang Ying., Tine Xue., Xing Han., Ling Xiao., Liang Zhang., Hua Wang y Hua Li. (2020). La película de partículas de caolín afecta la calidad de las bayas de vid en el cv. Meilli en condiciones de clima húmedo., HortCiencia., págs. 1987-2000.

Yan Yifan., Song Changzheng, Falfinella Luigi, Castellarin Simone D. (2020). Day Temperature Has a Stronger Effect Than Night Temperature on Anthocyanin and Flavonol Accumulation in 'Merlot' (*Vitis vinifera* L.) Grapes During Ripening., *Frontiers in Plant Science*.

Yin Liu Stephen Tyermen., Leigh Schmidtke., Suzy Rogiers (2024). Cultivar-dependent grape berry dehydration in later ripening phases may be associated with energy regulation and ionic homeostasis., *Food and Agriculture Organization of the United Nations*.

Zamora Fernando (2003). Elaboración y crianza del vino tinto., Editorial Mundi-Prensa., Madrid.

Zamora Sahuquillo Aroa (2020). Efecto de la aplicación de caolina en el viñedo en la composición química y sensorial de los vinos del cultivar Monastrell., Trabajo fin de Grado., Valencia -España.