



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

Efectos de la aplicación del caolín en la vid para
vinificación. Respuesta fisiológica y composición de la uva

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural

AUTOR/A: Calé Cristóbal, David

Tutor/a: García Esparza, M^a José

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA
AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL



**EFFECTOS DE LA APLICACIÓN DEL CAOLÍN EN LA VID
PARA VINIFICACIÓN. RESPUESTA FISIOLÓGICA Y
COMPOSICIÓN DE LA UVA**

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL

Curso académico 2022/2023

Alumno: David Calé Cristóbal

Tutora: M^a José García Esparza

Tutor de empresa: Diego Intrigliolo

Valencia, 11 de septiembre de 2023

Resumen

El fenómeno del cambio climático está teniendo un impacto negativo en la viticultura mediterránea, la cual se caracteriza por un clima cálido y seco. Como resultado de esta situación, se está experimentando una merma en la producción y calidad de los vinos. Ante esta problemática, se requiere implementar cambios y estrategias agronómicas que permitan abordar el problema.

En este contexto, se ha llevado a cabo un estudio acerca del efecto del caolín (arcilla blanca) aplicado sobre el dosel vegetal de la vid, evaluando su impacto en la fisiología y la composición de la uva. Para tal fin, se aplicó este producto en diferentes aplicaciones sobre el dosel vegetal de la vid, en dos variedades (Garnacha y Viognier) y en tres tratamientos, mediante un diseño de bloques al azar con tres unidades experimentales por tratamiento. El objetivo fue crear una película protectora sobre la planta para minimizar el efecto de la excesiva radiación solar.

Además de llevar a cabo la vendimia de la uva, se realizaron determinaciones fisiológicas, como el potencial hídrico y el intercambio gaseoso de las hojas, así como determinaciones de la calidad de las uvas en términos de madurez tecnológica y madurez fenólica.

Los resultados obtenidos indican que la aplicación de caolín no afectó a la fotosíntesis neta, ni se observaron diferencias en el potencial hídrico de tallo. Además, tanto en 'Garnacha' como en 'Viognier', el tratamiento sin caolín presentó unos menores sólidos solubles totales de las uvas que aquellos con caolín, mientras que no se observaron diferencias estadísticamente significativas en pH ni acidez. En la variedad Garnacha, no se obtuvieron diferencias en los polifenoles totales, pero en antocianos las plantas control sin caolín exhiben valores inferiores a las tratadas con caolín. Además, la aplicación del caolín redujo la incidencia de la plaga de mosquito verde.

En conclusión, la aplicación del caolín puede tener efectos positivos sobre la respuesta agronómica del viñedo, no sólo debido a un posible efecto como protector solar, sino también por sus consecuencias positivas contra la plaga de mosquito verde.

Palabras clave: caolín, vid, Garnacha, Viognier, fotosíntesis, potencial hídrico, madurez tecnológica, madurez fenólica, mosquito verde.

Abstract

The phenomenon of climate change is having a negative impact on Mediterranean viticulture, which is characterized by a hot and dry climate. As a result of this situation, wine production and quality are declining. In view of this problem, changes and strategies need to be implemented to address the problem.

In this context, a study has been carried out on the effect of kaolin (white clay) on grapevine, evaluating its impact on grape physiology and composition. To this end, this product was applied at different timings on the vine canopy, on two varieties (Garnacha and Viognier) and in three treatments, using a randomized block design with three experimental units per treatment. The objective was to create a protective film on the plant to minimize the effect of excessive solar radiation.

In addition to vine yield, physiological determinations were made, such as water potential and leaf gas exchange, as well as quality determinations in terms of technological maturity and phenolic maturity.

Regarding net photosynthesis, kaolin treatments did not increase this parameter. In addition, in general terms, no differences were observed in stem water potential. Moreover, in both 'Garnacha' and 'Viognier', the treatment without kaolin showed lower berry total soluble solids than those with kaolin, while no statistically significant differences in terms of pH and acidity. In the Garnacha variety, no differences were obtained in total berry polyphenols, but in

anthocyanins, the control plants without kaolin showed lower values than those treated with kaolin.

In summary, it was demonstrated the application of kaolin can have positive effects for vine performance, not only because as solar protector, but also because its pest control effects.

Key words: kaolin, grapevine, Garnacha, Viognier, photosynthesis, water potential, technological maturity, phenolic maturity, green mosquito.

Agradecimientos

En primer lugar, dar las gracias a Diego Intrigliolo, por su ayuda, disponibilidad y apoyo en todo momento a la hora de realizar este proyecto. También, agradecer la ayuda a los compañeros del CSIC, que han estado cuando lo he necesitado.

Gracias, a continuación, a mi tutora M^a José García, por todo lo que me ha enseñado a lo largo de estos últimos años, además de su disponibilidad y ayuda en todo momento.

Por último, agradecer a mi familia por facilitarme realizar estos estudios, que sin ellos no podría haber sido posible, y a mis compañeros que con su apoyo día a día hicieron que esto fuese más fácil.

ÍNDICE

1. Introducción	1
1.1. La viticultura en España.....	1
1.2. El cambio climático en la viticultura	1
1.2.1. Efectos del clima en la producción vitícola	1
1.2.2. Adaptación de la viticultura al cambio climático	3
2. Justificación y objetivos	5
3. Material y métodos.....	6
3.1. Zona de estudio.....	6
3.1. Diseño experimental	7
3.2. Determinaciones fisiológicas	8
3.3. Producción y sus componentes	9
3.4. Determinaciones de composición de la uva.....	9
3.5. Determinación incidencia plaga de mosquito verde (<i>Empoasca lybica</i>).....	10
3.6. Análisis estadístico	10
4. Resultados y discusión	10
4.1. Efectos sobre la fisiología.....	10
4.2. Efectos sobre la producción y sus componentes.....	12
4.3. Efectos sobre la composición de la uva	14
5. Conclusión.....	19
6. Bibliografía.....	20

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Fotos (arriba) e imágenes térmicas (abajo) de cv. Barbera sin tratar (izq.) y con caolín (dcha.) (Dinis et al. 2022).....	4
Ilustración 2. Vid con caolín cv. Barbera (arriba) sin síntoma estrés estival y vid no tratada (abajo) con síntomas estrés (Dinis et al. 2022).	5
Ilustración 3. Imagen situación de las parcelas (Google Maps).	6
Ilustración 4. Plano de situación de cepas Garnacha a tratar.	7
Ilustración 5. Plano se situación de cepas Viognier a tratar.....	8

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Potenciales efectos del cambio climático en España (Resco et al., 2014)	3
Tabla 2. Fechas de aplicación de caolín	7
Tabla 3. Fechas de muestreo de bayas	8
Tabla 4. Media, desviación estándar y ANOVA de la fotosíntesis en la variedad Garnacha. (Letras distintas indican diferencias significativas al 95%).	12
Tabla 5. Media, desviación estándar y ANOVA de la fotosíntesis en la variedad Viognier. (Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas al 95%).	12
Tabla 6. Media, desviación estándar y ANOVA de la producción en la variedad Garnacha. (Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas al 95%).	12

Tabla 7. Media, desviación estándar y ANOVA de la producción en la variedad Viognier. (Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas al 95%).	13
Tabla 8. Media, desviación estándar y ANOVA de la Incidencia de mosquito verde en la variedad Garnacha. (Letras distintas indican diferencias significativas al 95%).	14
Tabla 9. Media, desviación estándar y ANOVA de la incidencia de mosquito verde en la variedad Viognier. (Letras distintas indican diferencias significativas al 95%).	14
Tabla 10. Media, desviación estándar y ANOVA de la madurez tecnológica de las uvas en la variedad Viognier. (Letras distintas indican diferencias significativas al 95%).	19

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Evolución de los valores medios y error estándar del potencial en cepas control (T1), en cepas con dosis 40 kg/ha con una app. (T2) y dosis 40 kg/ha con dos aplicaciones (T3) en la variedad Garnacha.	11
Gráfica 2. Evolución de los valores medios y error estándar del potencial hídrico en cepas control (T1), en cepas con dosis 40 kg/ha con una app. (T2) y dosis 40 kg/ha con dos aplicaciones (T3) en la variedad Viognier.	11
Gráfica 3. Evolución de los valores medios y error estándar de los °Brix en las uvas de las cepas control (T1), en cepas con dosis 40 kg/ha con una app. (T2) y dosis 40 kg/ha con dos aplicaciones (T3) en la variedad Garnacha.	15
Gráfica 4. Evolución de los valores medios y error estándar de pH en el mosto procedente de las cepas control (T1), en cepas con dosis 40 kg/ha con una app. (T2) y dosis 40 kg/ha con dos aplicaciones (T3) en la variedad Garnacha.	16
Gráfica 5. Evolución de los valores medios y error estándar de la acidez titulable en el mosto procedente de las cepas control (T1), en cepas con dosis 40 kg/ha con una app. (T2) y dosis 40 kg/ha con dos aplicaciones (T3) en la variedad Garnacha.	17
Gráfica 6. Evolución de los valores medios y error estándar de antocianos en las uvas cepas control (T1), en cepas con dosis 40 kg/ha con una app. (T2) y dosis 40 kg/ha con dos aplicaciones (T3) en la variedad Garnacha.	17
Gráfica 7. Evolución de los valores medios y error estándar de IPT en mostos procedentes de uvas de las cepas control (T1), en cepas con dosis 40 kg/ha con una app. (T2) y dosis 40 kg/ha con dos aplicaciones (T3) en la variedad Garnacha.	18

1. Introducción

1.1. La viticultura en España

El sector vitivinícola tiene una gran importancia en nuestro país, ya sea por el valor económico que genera, como por la población ocupada y el papel tan importante en el medio ambiente. En España se dedican 941.087 ha al cultivo de la vid (*Ministerio de agricultura, 2020*), siendo uno de los países más importantes en todo el mundo para el cultivo de la vid para vinificación. De las 941.087 ha, el 59% son explotaciones en secano, mientras que el 41% restante son en regadío. En cuanto a producción de vino, en la última campaña 2020/2021 la producción fue de casi 41 hL (CECRV, 2021).

Además, en España existe una gran variabilidad de climas vitícolas, lo que beneficia a cada una de las regiones productoras de uva. Este es un factor importante, ya que puede haber diferentes variedades de uva y calidad de vinos en las distintas regiones vitivinícolas (Tonietto et al., 2012).

Por otra parte, en cuanto a aspectos económicos, según la Renta agraria en España en 2021, el valor de la producción de vino y mosto ha ascendido a 1.137,4 millones de euros, un 4,5% menos respecto al año 2020 (OEMV, 2021).

1.2. El cambio climático en la viticultura

Hoy en día el cambio climático ha modificado las condiciones climatológicas en todo el mundo, por ejemplo, aumentando las temperaturas medias y disminuyendo las precipitaciones. Estudios científicos demuestran que el cambio climático está alterando el ciclo de la vid, y podría afectar directamente a la maduración de la uva e incluso a su vinificación, modificando sus características organolépticas (IRTA, 2021).

La viticultura española, se desarrolla en zonas donde años atrás eran templadas, con fríos durante el invierno y veranos calurosos, pero que actualmente por el cambio climático presentan inviernos más suaves, veranos más cálidos y menos precipitaciones. (Viader, 2018).

Es por estas razones, que muchos agricultores siguen buscando soluciones para poder llevar un control sobre la viña en respuesta a los cambios producidos en la climatología. Muchos de ellos, han buscado soluciones como plantar viñas en zonas más elevadas, con mayor precipitación, o directamente han implantado el regadío, donde antes era impensable su uso para poder sostener la vid; pero todas estas soluciones no son posibles en todas las regiones de España, por déficit hídrico en la zona.

Gracias a estudios científicos, se sabe que la vid se encuentra en estrés meteorológico, con humedades relativas inferiores al 30% y temperaturas superiores a 33°C, cuando lo normal sería un 70-80% de HR y una temperatura entre 7°C y 25°C (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, MIDAGRI).

1.2.1. Efectos del clima en la producción vitícola

El viñedo desempeña un papel muy importante en el paisaje mediterráneo, por su adaptación al clima y a las condiciones semi-áridas, haciendo frente a la escasez de agua.

En el mediterráneo siempre se ha llevado a cabo técnicas tradicionales de cultivos de secano, como es por ejemplo el viñedo, lo que conlleva a depender siempre de las condiciones medioambientales de la zona.

La relevancia de cultivo de la vid en condiciones semiáridas fue universalmente aceptada como una alternativa agrícola en esas regiones del mundo donde la elaboración del vino es más que una actividad industrial (Riquelme, 2005).

El clima tiene una importante influencia en la fisiología de la vid a través de las temperaturas, la lluvia, la humedad, la evotranspiración potencial, horas de sol y viento. Todos estos factores determinan, además del manejo del suelo, la calidad de la uva y el rendimiento del viñedo.

En cuanto a las temperaturas, la vid es sensible a heladas y exigente en calor para su desarrollo y maduración de la uva. Cabe destacar, que la diferencia de temperaturas entre el día y la noche en el periodo de maduración también afecta a los aromas y el color de la uva (Tonietto y Carbonneau, 2004).

Temperaturas más cálidas al inicio del periodo vegetativo conllevaría a un aumento más rápido y temprano de superficie foliar con un efecto positivo sobre la acumulación de biomasa, pero si este aumento de temperatura fuera excesivo podría acortar el período de crecimiento (Jones, 2007). Este hecho, podría provocar un cambio en el desarrollo de la planta. En el caso de que se superaran los umbrales ideales de una variedad, el período de maduración coincidiría con un período de radiación alto, lo que tendría efectos negativos en la calidad (Bindi et al., 1996), al provocar un exceso de madurez y de azúcar en la uva.

Por otra parte, un aumento excesivo de las temperaturas también provocaría la desecación de la uva, ocasionando la caída de esta.

En cuanto a las precipitaciones, un descenso de estas provocará un descenso del rendimiento. Sin embargo, en zonas con veranos húmedos, podría dar lugar a un incremento de la calidad de la uva, ya que para obtener uvas de buena calidad es necesario un moderado estrés hídrico (van Leeuwen et al., 2004).

Cabe destacar que el aumento de las temperaturas junto con la disminución de las precipitaciones dará lugar a un aumento de necesidades hídricas, lo que conllevaría a la necesidad de aporte de agua mediante regadío, sobre todo en zonas secas y cálidas.

En cuanto a efectos fenológicos, estos son uno de los principales indicadores de estrés y se utilizan para cuantificar el nivel de impacto del cambio climático en la viña durante las diferentes etapas hasta su cosecha (Cortázar-Atauri et al., 2017). Por el cambio climático, todas las etapas fenológicas se adelantarán en los próximos años, lo que conllevará a un inicio más temprano de la floración, del envero y de la cosecha (Cortázar-Atauri et al., 2017). Por lo tanto, el inicio adelantado del envero provoca que la maduración pueda desplazarse al período más cálido de la temporada, afectando al rendimiento y a la composición del fruto, principalmente a azúcares, ácidos orgánicos y fenoles (Ferrandino y Lovisolo, 2014).

Por lo que respecta a la fisiología de la vid, el cambio climático perjudica varios procesos fisiológicos, como la fotosíntesis y el estado hídrico (Fernández, 2014), alterando la estabilidad de la membrana celular y aumentando la permeabilidad y la salida de iones (Elbasyoni et al., 2017). Los efectos más importantes del estrés estival sobre la fisiología son el cierre estomático y la fotoinhibición del fotosistema II (PSII) (Dinis, Ferreira et al., 2016), que reducen en gran medida la asimilación neta de carbono y perjudican la maduración de las bayas (Martínez-Lüscher et al., 2015).

Tabla 1. Potenciales efectos del cambio climático en España (Resco et al., 2014)

Factor de cambio	Posibles beneficios	Posibles efectos negativos
Aumento de las temperaturas	Períodos de crecimiento más rápidos.	Aumento del estrés térmico.
		Disminución de la calidad.
		Aumento grado alcohólico.
		Exceso desarrollo vegetativo.
		Mayor riesgo de incendios.
		Aumento de plagas y enfermedades.
		Aumento variabilidad del rendimiento.
Aumento de olas de calor		Descenso del rendimiento.
Disminución de la precipitación	Menor riesgo de enfermedades en zonas húmedas	Aumento de la frecuencia de sequías
	Mejora de calidad en zonas húmedas	Mayor riesgo de incendios
		Disminución de rendimientos
Aumento de lluvias intensas o tormentas		Aumento de la erosión

1.2.2. Adaptación de la viticultura al cambio climático

Las respuestas de adaptación al cambio climático pueden variar, ya sea desde un punto de vista enológico, o bien a nivel de viticultura. Para afrontar estos impactos medioambientales sería necesario buscar los sistemas de adaptación adecuados, como se ha comentado anteriormente, desde modificaciones a nivel enológico o bien prácticas de cultivo en la vid.

Hay que distinguir entre medidas de adaptación a corto plazo, que son de fácil implantación, y a medio y largo plazo que suponen más inversión y más tiempo.

Las medidas de adaptación a corto plazo pueden ser consideradas como la primera estrategia de protección contra el cambio climático y deben centrarse en amenazas específicas, como por ejemplo optimizar la producción (Llobell et al., 2006).

En cuanto a medidas a medio plazo, se basan más en el manejo del cultivo del viñedo, lo que implica más esfuerzo, pero pueden servir más a mejorar la adaptación ante los cambios medioambientales más destacables. Las estrategias de adaptación de este tipo deben conducir a disminuir los efectos de radiación y de las altas temperaturas en hojas y racimos, además del déficit hídrico y sus consecuencias negativas.

Algún ejemplo de este tipo de adaptaciones sería el manejo del suelo, el desarrollo de cubiertas vegetales y el laboreo mínimo para evitar la erosión ante las lluvias torrenciales (Kroodsma y Field, 2006), aunque, además, cabe destacar que también ayuda a disminuir la radiación de calor por parte del suelo. También, introducir cambios en el sistema de poda con orientación este-oeste, o el uso de mallas de sombreo, pueden servir para mejorar la protección de los racimos.

Por último, en cuanto a medidas a medio plazo, otra de ellas sería la implantación de riego, que ayudaría a afrontar la sequía y también los daños por olas de calor (Webb al., 2009), pero debería implantarse con métodos para disminuir su uso.

A largo plazo, las medidas de adaptación frente al cambio climático principalmente son la elección de variedades y portainjertos y cambios de ubicación de los viñedos, aunque estas presentan problemas de inversión a las bodegas y viticultores, y problemas con las DOP.

Aplicación de caolín

Una de las innovaciones para las buenas prácticas agrícolas fue el desarrollo de la tecnología de películas de partículas procesadas. Se trata de la aplicación de la película de partículas de caolín procesado en las vides, cubriendo sus funciones en la mitigación del estrés abiótico, como el rendimiento fisiológico y la mejora del rendimiento (Bernardo et al., 2018; Dinis et al., 202; Frioni, Saracino et al., 2019; Frioni, Tombesi et al., 2019).

El caolín es una arcilla blanca formada principalmente por caolinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$). Este es químicamente inerte, no es tóxica y además se disuelve fácilmente en el agua.

El método de preparación de este material sería realizando una disolución del caolín (en polvo) con agua y un mojante para así adherirse a la superficie foliar. Una vez pulverizado sobre la superficie de la hoja, el agua se evapora dejando una película de partículas reflectantes con un impacto en el microclima de la planta (Glenn y Puterka, 2005). En cambio, esta eficacia como protector de las plantas depende principalmente del tamaño medio y de la uniformidad de las partículas de caolín en la que se aporte.

Como resultados en alguno de los ensayos que se han ido haciendo a lo largo de los últimos años (Brillante et al., 2016) informaron que, en las vides tratadas con caolín, las temperaturas de las hojas eran más bajas que en las vides control solo en las estaciones con menor temperatura del aire media. En un ensayo realizado en Portugal, el caolín redujo las temperaturas foliares del mediodía hasta un 13,3% en comparación con las vides de control no tratadas (Bernardo et al., 2018). Aparte de la temperatura del aire, los efectos del caolín sobre la temperatura de las hojas están claramente relacionados con las tasas de transpiración. Frioni et al. (2020) y Frioni et al. (2019) demostraron que en vides en maceta cv. Sangiovese, la temperatura de la hoja se redujo por el recubrimiento de caolín sólo cuando el potencial hídrico del tallo era inferior a -1,2 MPa y las tasas de transpiración se redujeron en un 75%. También, cabe mencionar que el caolín redujo la temperatura del fruto en maduración del cv. Barbera en unos 4°C (Figura 1), y la temperatura del racimo cv. Sangiovese en unos 6°C (Palliotti et al., 2019).

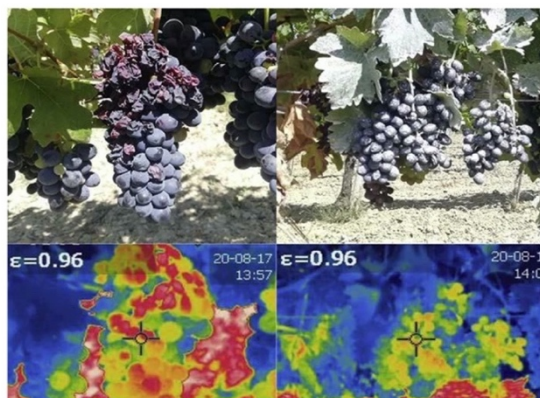


Ilustración 1. Fotos (arriba) e imágenes térmicas (abajo) de cv. Barbera sin tratar (izq.) y con caolín (dcha.) (Dinis et al. 2022).

Respecto a estudios sobre los efectos del caolín en la fisiología de los árboles, Glenn et al. (2001) concluyeron que la aplicación de este producto podía mejorar la asimilación del CO₂ en toda la copa del árbol en plantas de manzana. Jifon y Syversten (2003) demostraron que el caolín aumentaba la fotosíntesis de una hoja de pomelo y mejoraba la eficiencia del uso del agua (WUE) en un 25%. Además de estos estudios, realizaron diferentes experiencias Shelie y Glenn (2008) y Glenn et al. (2010) en cv. Cabernet Sauvignon, demostrando que no había cambios en el intercambio de gases de una sola hoja en las vides regadas, pero sí en las tasas fotosintéticas netas y en el WUE bajo un déficit hídrico prolongado.

Desde luego, los resultados positivos del caolín sobre los parámetros fisiológicos de la vid se demuestran cuando se producen múltiples estreses estivales y las condiciones ambientales se vuelven limitantes (Figura 2).



Ilustración 2. Vid con caolín cv. Barbera (arriba) sin síntoma estrés estival y vid no tratada (abajo) con síntomas estrés (Dinis et al. 2022).

Sin duda alguna, el efecto positivo más notorio y relevante de la aplicación de caolín es la protección de eficiencia fotoquímica del dosel y el restablecimiento completo y rápido de los parámetros de intercambio de gases de las hojas una vez que se restablece el suministro de agua y la temperatura vuelve a los rangos óptimos (Frioni, Tombesi et al., 2019).

2. Justificación y objetivos

Hoy en día, el cambio climático supone un reto en cuanto a la productividad de los cultivos, la sostenibilidad económica, las cortas temporadas de lluvia y el aumento de la frecuencia de los fenómenos climáticos extremos, como las olas de calor, las tormentas y las fuertes lluvias (IPCC, 2014).

Se ha observado que las etapas fenológicas de las vides se están acelerando como resultado del aumento de la temperatura del aire, lo que puede provocar diferentes tipos de daños (Jones, 2006; Webb et al., 2012); como, por ejemplo, la brotación temprana puede exponer a las vides a las heladas de finales de la primavera, teniendo efectos negativos en las yemas (Leolini et al., 2018). Un invierno más precoz puede afectar a la composición química de las bayas y la calidad del vino (Jones y Davis, 2000; Keller, 2010; Young et al., 2016). También influirá en la demanda hídrica de las cepas y en la disponibilidad de agua en el suelo, lo que repercute en el estado hídrico de la vid (Zavaleta et al., 2003).

Para poder poner fin a esta situación, quizá el riego suplementario sea el método más apropiado, como bien se ha observado en los últimos años con el aumento de vides que se les incorpora agua de manera suplementaria. Sin embargo, este método puede ser debatido, principalmente debido a la limitada disponibilidad de agua, el aumento del coste de esta y las posibles consecuencias negativas sobre la calidad de la uva (Chaves et al., 2010; Ayuda et al., 2020; Gambetta et al., 2020).

En este contexto, la aplicación de caolín en la superficie de las hojas y de los frutos puede protegerlos de las temperaturas más altas, en especial cuando hay olas de calor y también las temperaturas del aire son demasiado elevadas (Glenn y Puterka, 2004).

Así pues, en este proyecto se pretende estudiar el efecto de la aplicación foliar de caolín sobre el microclima de la planta, y visualizar si los efectos son notables en las variedades Viognier y Garnacha, bajo el clima de la localidad de Turís (Valencia).

Así pues, los objetivos principales de este proyecto son:

1. Determinar los efectos sobre la respuesta productiva y fisiológica del viñedo.
2. Determinar el efecto del caolín sobre la calidad de la uva y el mosto.

3. Material y métodos

3.1. Zona de estudio

El estudio se realizó en dos parcelas (ilustración 3) de vid localizada en el término municipal de Turís, Valencia, perteneciente a la Bodega Baronía de Turís. Las parcelas se sitúan en el Polígono 5, Parcelas 1067 y 544.

La parcela 1 tiene una superficie de 4281 m², con referencia catastral 46250A005010670000QG, donde se encuentra cultivada la variedad Garnacha, mientras que la parcela 2 tiene una superficie de 3248 m² y con referencia catastral 46250A005005440000QG, en la que hay implantada la variedad Viognier. En ambas parcelas existe una instalación de riego por goteo.



Ilustración 3. Imagen situación de las parcelas (Google Maps).

En cuanto al clima de la zona, es de tipo mediterráneo, donde los veranos son cortos, cálidos y despejados, mientras que los inviernos son largos, fríos, con viento y parcialmente nublados. A lo largo de todo el año las temperaturas medias varían entre los 8,7°C y los 23,9°C, y la temperatura media anual es de alrededor 18,3°C. La humedad media anual es del 67,7%. El mes con más lluvia es marzo, con un valor de 307,4 mm de precipitaciones, mientras que el mes más seco es julio, con un valor de 2 mm.

Por lo que respecta al suelo, las parcelas tienen un suelo calcáreo de textura franco-arcillosa, y cuenta con una profundidad media mayor de 100 cm.

3.1. Diseño experimental

El estudio se ha realizado con dos variedades de uva, Viognier y Garnacha, ambas injertadas sobre el patrón 110R y se cuenta con una parcela para cada variedad. Ambas parcelas, se dividieron y se aplicó la misma dosis de caolín (Polvere di roccia de BIOGARD) para cada variedad, en diferentes aplicaciones.

En cada variedad se escogieron 9 subparcelas experimentales de 6 filas y 5 plantas por filas. Sólo las 3 cepas centrales de cada fila de la subparcela se consideran experimentales, y las 2 perimetrales se consideran guarda. Cada tratamiento se realizó en tres subparcelas experimentales llevándose a cabo: 1) Control, sin aplicación de caolín, 2) (T2) una aplicación de caolín con una concentración de 40 kg/ha llevada a cabo en pre-envero y 3) (T3) con dos aplicaciones de caolín a la misma concentración, una en pre-envero y otra en post-envero (Tabla 2).

En ambos casos, la aplicación de caolín se realizó con un pulverizador de espalda a motor (MS-0835W) usando una boquilla ATR 80 naranja a una velocidad de 2 km/h y una distancia de aplicación de 0,5m.

Tabla 2. Fechas de aplicación de caolín

Variedad	Fecha Aplicación 1	Fecha Aplicación 2
Garnacha	1 de julio de 2022	2 de agosto de 2022
Viognier	1 de julio de 2022	2 de agosto de 2022

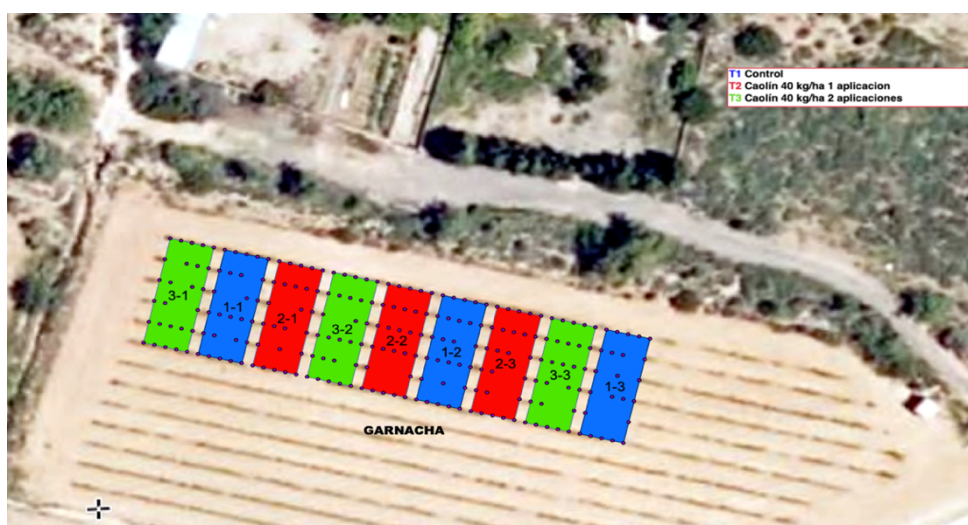


Ilustración 4. Plano de situación de cepas Garnacha a tratar.



Ilustración 5. Plano de situación de cepas Viognier a tratar.

En cuanto a la recogida de muestras, previamente a la vendimia, se establecieron varias fechas de muestreo según la variedad. En la variedad Viognier se realizaron dos muestreos, el primero con fecha 14 de agosto y el segundo el 12 de septiembre, mientras que la fecha de vendimia fue el 14 de septiembre. En cuanto a la variedad Garnacha, se realizaron tres muestreos, el primero de ellos el 24 de agosto, el segundo el 12 de septiembre y el tercero el 22 de septiembre, y la vendimia se realizó el 29 de septiembre. Para la elección de las fechas de vendimia se realizó previamente un análisis de sólidos solubles totales (°Brix) de la muestra previa para ver si ya estaba en un estado óptimo (22-24 °Brix) para su recolección.

Tabla 3. Fechas de muestreo de bayas

Variedad	Fecha muestreo 1	Fecha muestreo 2	Fecha muestreo 3
Garnacha	24/08/2022	12/09/2022	22/09/2022
Viognier	14/08/2022	12/09/2022	

3.2. Determinaciones fisiológicas

Se han llevado a cabo evaluaciones del estado hídrico de las plantas para poder conocer el efecto que tiene la aplicación de caolín sobre este parámetro.

Durante todo el tiempo transcurrido en el ensayo, se fueron tomando distintas medidas fisiológicas de la planta, en concreto determinaciones de potencial hídrico y de fotosíntesis.

El potencial hídrico es la capacidad de las moléculas de agua para moverse en un sistema particular, depende de su energía libre (Graff, P, s/f).

El método de medición del potencial hídrico consiste en aplicar una presión al tallo de la hoja, previamente envuelta con una lámina de plástico y papel de aluminio, mediante un gas inerte. El valor del potencial hídrico se determina en función de la presión que requiere la planta para forzar la salida de la savia a través del peciolo. Entonces, cuanto más sea la presión requerida para expulsar la savia por el peciolo, más negativo resultará el potencial hídrico.

Las medidas de potencial hídrico fueron tomadas a mediodía en hojas embolsadas con la cámara de presión de scholander, donde la incidencia solar es mayor. Es un método que permite la medición de una respuesta hídrica a corto plazo de la respuesta de la planta respecto a un cambio en la absorción radicular de agua y la transpiración foliar (Deloire et al., 2020). Se determinó en 12 hojas en total por cada tratamiento seleccionando 2 cepas de cada sub-parcela experimental y 2 hojas en cada cepa.

La conductancia estomática (gs) y la fotosíntesis neta (Pn) a nivel foliar fueron medidas con un sistema de fotosíntesis portátil (Li.6400XT) en un total de 12 hojas por cada tratamiento seleccionando 2 cepas de cada sub-parcela experimental y 2 hojas en cada cepa.

3.3. Producción y sus componentes

La vendimia se realizó manualmente, contando número de racimos por cepa, así como el peso total de uva de cada cepa, obteniendo así el peso medio por cepa de cada variedad. Dicho control de la producción se llevó a cabo en todas las cepas experimentales.

3.4. Determinaciones de composición de la uva

Una vez recogidas las muestras de uva, estas se trasladaron al laboratorio para posteriormente realizar las determinaciones de calidad, es decir, determinación de la maduración tecnológica (en Garnacha y Viognier) y la maduración fenólica (en Garnacha).

Para ambos tipos de determinaciones, se realizó previamente un procesado de muestras en laboratorio (desgranado, contado y pesado de las bayas), donde para la variedad Viognier que solo se realizó madurez tecnológica, se tomaron al azar un total de 100 bayas, mientras que para la variedad Garnacha, se escogieron, también al azar, 50 bayas para la madurez tecnológica y otras 50 bayas para la madurez fenólica.

La madurez tecnológica se obtiene mediante la cuantificación de los azúcares y ácidos de la baya mediante la obtención de sólidos solubles (°Brix), acidez total y pH.

La maduración tecnológica se obtuvo mediante un triturado y colado de las bayas, para la obtención de su propio mosto, y posteriormente se midieron los °Brix, mediante un refractómetro digital, y la acidez total (pH 7-8,2) mediante un multivalorador. Todas las determinaciones se realizaron por duplicado.

Para la determinación de la madurez fenólica se realizó el siguiente procedimiento. Primero se trituró la muestra mediante un triturador ULTRA-TURRAX, durante 1min., hasta la obtención de una pasta homogénea. Una vez se obtuvo esta pasta, se introdujo 1g de pasta en dos tubos de tapa y se les añadió 10 mL de etanol al 50%, y una vez se mezcló todo, se introdujo en un agitador durante una hora. Después del agitado, se centrifugó durante 10 min a 6000rpm, para posteriormente traspasar el sobrenadante y llevarlo al congelador (-20°C).

Posteriormente, se tomaron las muestras y después de una hora a temperatura ambiente se extrajeron las muestras del congelador, de 0,2 mL del extracto y se le añadió 3,8mL de HCl 1M.

Después, se dejaron reposar en nevera y se realizaron las lecturas de absorbancia de cada muestra utilizando un espectrofotómetro a dos longitudes de onda (λ): 520 nm para antocianos totales y 280 nm para polifenoles totales, además de utilizar un blanco de HCl de 1M para poder realizar la lectura (Iland, Bruer, Edwards, Weeks and Wilkes et al., 2004).

3.5. Determinación incidencia plaga de mosquito verde (*Empoasca lybica*)

La afección de la plaga mosquito verde provoca un secado de las hojas del dosel vegetal. A lo largo del período estival y durante la recolección de muestras, se pudo constatar cómo las hojas de las vides presentaban manifestaciones atribuibles a la presencia del mosquito verde, evidenciándose un estado de desecación. Este fenómeno atrajo la atención debido a la disparidad observada en la cantidad de hojas desecadas entre diferentes cepas, así como en el grado de desecación presente en las hojas, lo cual se atribuye a la implementación del tratamiento de caolín en las plantas de vid.

El efecto de esta plaga se llevó a cabo mediante inspección visual de las cepas justo antes de la vendimia. Se utilizó una escala cualitativa del 1 al 4, correspondiendo el valor 1 a poca afección y 4 a mucha afección. Dichas evaluaciones se llevaron a cabo en el conjunto de cada sub-parcela experimental (3 evaluaciones independientes por cada tratamiento).

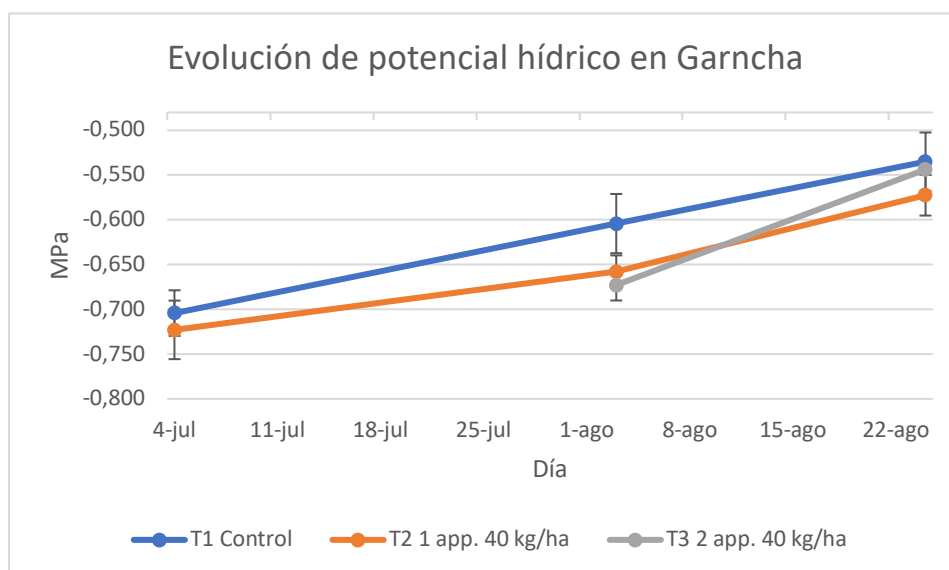
3.6. Análisis estadístico

El análisis estadístico de los resultados se ha llevado a cabo con el programa informático “Statgraphics Centurion XVIII”, y con él se ha realizado en análisis de la varianza (ANOVA simple) para poder observar las diferencias entre los datos obtenidos. Se ha empleado el contraste de hipótesis, con un nivel de confianza de 95%, para determinar si el efecto del caolín en viña es significativo o no. Para ello, se estudió en cada parámetro si existían diferencias o no significativas en función de los tratamientos aplicados en las parcelas. Una vez realizados los estudios, se determina si el caolín tiene un efecto positivo o no para la protección de las uvas y su composición.

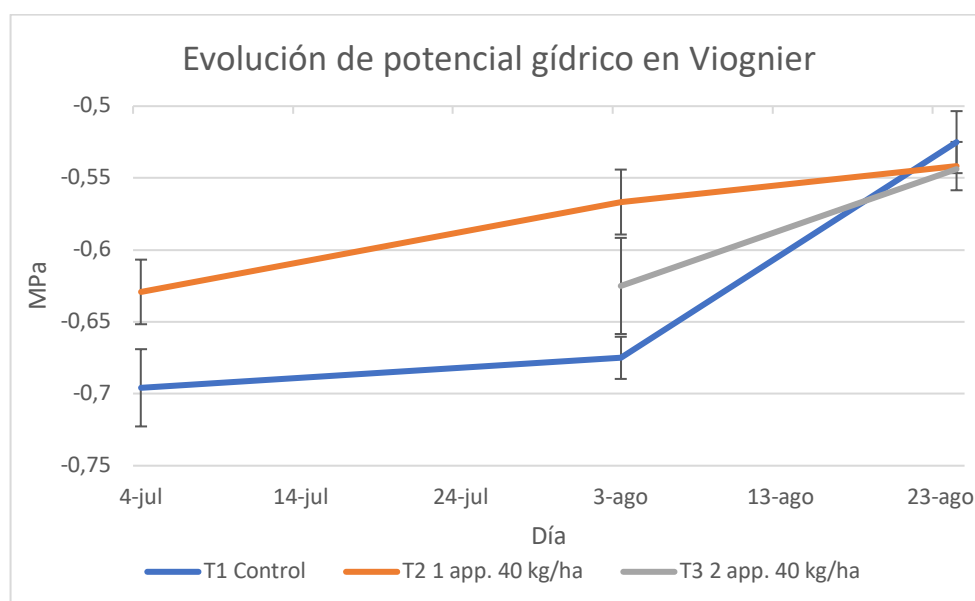
4. Resultados y discusión

4.1. Efectos sobre la fisiología

En relación al potencial hídrico de las plantas, tanto en la variedad Garnacha como en la variedad Viognier, se aprecian escasas diferencias entre las plantas sometidas al tratamiento con caolín y aquellas que no lo fueron, como se evidencia en las Gráfica 1 y 2. Estos resultados indican que el caolín no ejerce un efecto sobre el potencial hídrico de las plantas. En todo caso, los valores obtenidos son indicativos de un buen estado hídrico de las cepas, dado que el viticultor aportaba un riego abundante a las cepas, todo ello a pesar de las recomendaciones que se llevaban a cabo desde el equipo de investigación de reducir los aportes hídricos para someter a las cepas a un mayor estrés hídrico y poder así evaluar el efecto del caolín sobre cepas con un mayor estrés hídrico.



Gráfica 1. Evolución de los valores medios y error estándar del potencial en cepas control (T1), en cepas con dosis 40 kg/ha con una app. (T2) y dosis 40 kg/ha con dos aplicaciones (T3) en la variedad Garncha.



Gráfica 2. Evolución de los valores medios y error estándar del potencial hídrico en cepas control (T1), en cepas con dosis 40 kg/ha con una app. (T2) y dosis 40 kg/ha con dos aplicaciones (T3) en la variedad Viognier.

En ambas variedades, Garncha y Viognier, se constató que la aplicación de caolín no tuvo un efecto significativo en la fotosíntesis de las cepas, tal como se puede apreciar en la Tabla 4 y Tabla 5, dado que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los casos.

En trabajos realizados por otros investigadores (Billante et al., 2016, Dinis, Bernardo et al. 2018; Frioni et al., 2020; Frioni, Tombesi et al., 2019), se confirmó que cabe esperar efectos mínimos o nulos sobre las tasas de asimilación fotosintética de hojas en las vides tratadas con caolín.

Tabla 4. Media, desviación estándar y ANOVA de la fotosíntesis en la variedad Garnacha. (Letras distintas indican diferencias significativas al 95%).

Garnacha	Fotosíntesis Garnacha ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$)			
Control	8,07	±	2,28	a
1 app. Caolín 40 kg/ha	8,93	±	2,13	a
2 app. Caolín 40 kg/ha	7,60	±	1,62	a
F-Ratio	1,33			
P-Value	0,28			

Tabla 5. Media, desviación estándar y ANOVA de la fotosíntesis en la variedad Viognier. (Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas al 95%).

Viognier	Fotosíntesis Viognier ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$)			
Control	5,16	±	3,11	a
1 app. Caolín 40 kg/ha	6,43	±	2,87	a
2 app. Caolín 40 kg/ha	7,47	±	2,95	a
F-Ratio	1,82			
P-Value	0,18			

4.2. Efectos sobre la producción y sus componentes

En relación con la producción, el peso de racimos y el número de racimos en la variedad Garnacha, se evidencia que la aplicación de caolín no ha tenido un efecto significativo. Al analizar los datos presentados en la Tabla 6, se concluye que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las cepas control y aquellas sometidas al tratamiento con caolín.

Tabla 6. Media, desviación estándar y ANOVA de la producción en la variedad Garnacha. (Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas al 95%).

	Producción (kg/cepa)				Peso racimo (g)				Nº racimos			
Control	6,73	±	2,33	a	0,28	±	0,06	a	23,95	±	6,40	a
1 app. Caolín 40 kg/ha	5,90	±	2,12	a	0,25	±	0,06	a	24,22	±	6,69	a
2 app. Caolín 40 kg/ha	6,14	±	3,36	a	0,25	±	0,08	a	23,70	±	9,36	a
F-Ratio	0,56				1,51				0,03			
P-Value	0,58				0,02				0,97			

Los resultados muestran que la producción de uva no se vio afectada por el tratamiento con caolín, lo cual puede atribuirse a la naturaleza perenne de la vid, cuya respuesta agronómica tiende a manifestarse a largo plazo. Del mismo modo, el peso de los racimos y el número de racimos tampoco se vieron influenciados por el tratamiento con caolín, lo cual concuerda con los resultados obtenidos por otros investigadores, que no encontraron diferencias significativas en el peso de los racimos entre aquellos tratados con caolín y aquellos que no recibieron el tratamiento (Coniberti et al., 2013).

En resumen, los resultados señalan que la aplicación de caolín no ha tenido un efecto apreciable en la producción, en el peso de racimos y en el número de racimos en la variedad Garnacha, lo que respalda la noción de que su respuesta agronómica puede requerir un análisis a más largo plazo debido a la naturaleza perenne de la vid.

En el caso de la variedad Viognier, se constató que las cepas sometidas al tratamiento con caolín mostraron una producción de uva menor en comparación con las cepas control, lo que indica que también existen diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla 7). Sin embargo, los resultados obtenidos no se ajustaron a las expectativas previas. Esta discrepancia puede ser explicada por varios factores, como el muestreo aleatorio de los racimos, la variabilidad inherente entre las cepas en las parcelas y la influencia del número de racimos en la producción, siendo que cada cepa produzca una cantidad diferente de racimos, como también se puede ver reflejado en los resultados, observando diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tratamientos realizados.

Tabla 7. Media, desviación estándar y ANOVA de la producción en la variedad Viognier. (Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas al 95%).

	Producción (kg/cepa)				Peso racimo (g)				Nº racimos			
Control	4,07	±	1,33	b	0,14	±	0,02	a	28,10	±	8,60	b
1 app. Caolín 40 kg/ha	3,38	±	0,96	a	0,14	±	0,03	a	24,00	±	5,78	a
2 app. Caolín 40 kg/ha	3,76	±	0,99	ab	0,15	±	0,02	a	25,50	±	6,55	ab
F-Ratio	2,88				0,55				2,52			
P-Value	0,06				0,58				0,09			

En relación al peso de los racimos, los resultados indican que no se observan diferencias entre las plantas control y aquellas sometidas al tratamiento con caolín. El peso promedio de los racimos se mantuvo similar en las viñas control y en las tratadas con caolín.

En resumen, los resultados para la variedad Viognier muestran que la aplicación de caolín generó una menor producción de uva en comparación con las cepas control, lo que representa una diferencia significativa entre los tratamientos. Dicha diferencia se debe al menor número de racimos por cepa recolectados en las plantas de Viognier con aplicación de caolín, hecho que no es atribuible a la aplicación del caolín dado que el número de racimos se diferencia en la campaña anterior. No obstante, los resultados inesperados pueden ser atribuidos a la variabilidad en el muestreo de racimos, la diversidad intrínseca entre las cepas y la influencia del número de racimos en la producción. Por otro lado, el peso promedio de los racimos no mostró diferencias apreciables entre las plantas control y las tratadas.

Se llevó a cabo un estudio para evaluar el impacto del mosquito verde en las vides, considerando especialmente el tratamiento de caolín como una posible solución. Los resultados obtenidos, presentados en la Tabla 8 y Tabla 9, revelaron que la incidencia del mosquito verde fue significativamente menor en las cepas sometidas al tratamiento de caolín en comparación con las cepas control. Este efecto positivo del caolín en la reducción del mosquito verde se pudo observar tanto en la variedad Garnacha como en Viognier.

Tabla 8. Media, desviación estándar y ANOVA de la Incidencia de mosquito verde en la variedad Garnacha. (Letras distintas indican diferencias significativas al 95%).

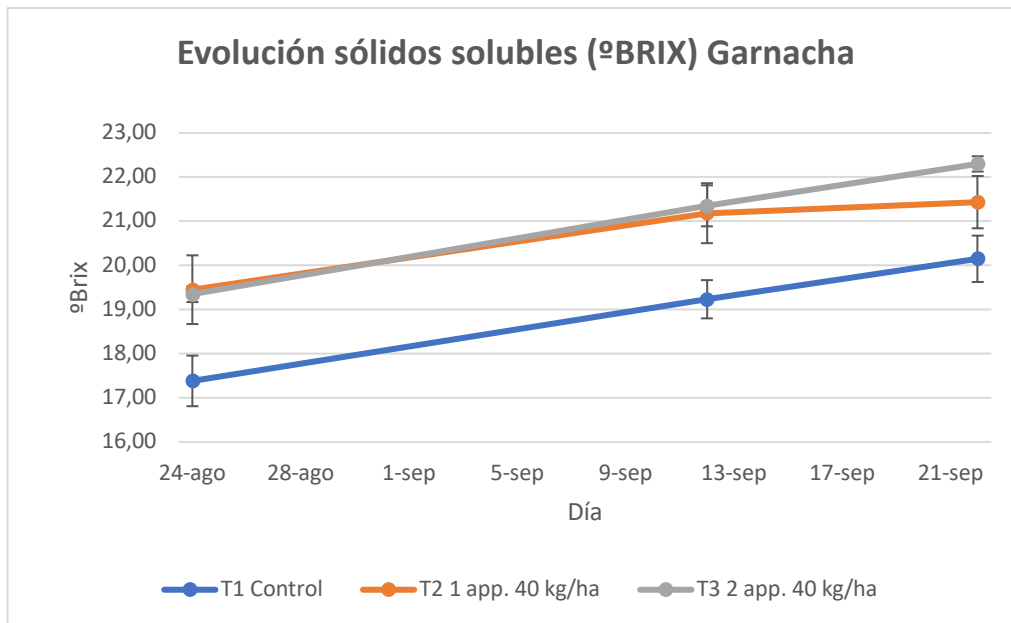
Garnacha	Incidencia mosquito			
Control	3,78	±	0,44	b
1 app. Caolín 40 kg/ha	2,67	±	0,71	a
2 app. Caolín 40 kg/ha	2,11	±	0,78	a
F-Ratio	14,89			
P-Value	0,0001			

Tabla 9. Media, desviación estándar y ANOVA de la incidencia de mosquito verde en la variedad Viognier. (Letras distintas indican diferencias significativas al 95%).

Viognier	Incidencia mosquito			
Control	2,56	±	0,92	b
1 app. Caolín 40 kg/ha	1,72	±	0,67	a
2 app. Caolín 40 kg/ha	1,94	±	0,80	a
F-Ratio	5,18			
P-Value	0,009			

4.3. Efectos sobre la composición de la uva

En la Gráfica 3, se puede observar la evolución y efectos del caolín sobre los sólidos solubles de las uvas de la variedad Garnacha. Los resultados obtenidos reflejan claramente que los sólidos solubles se vieron afectados por la aplicación de caolín, demostrando una diferencia entre las cepas control y aquellas que fueron sometidas al tratamiento de caolín.



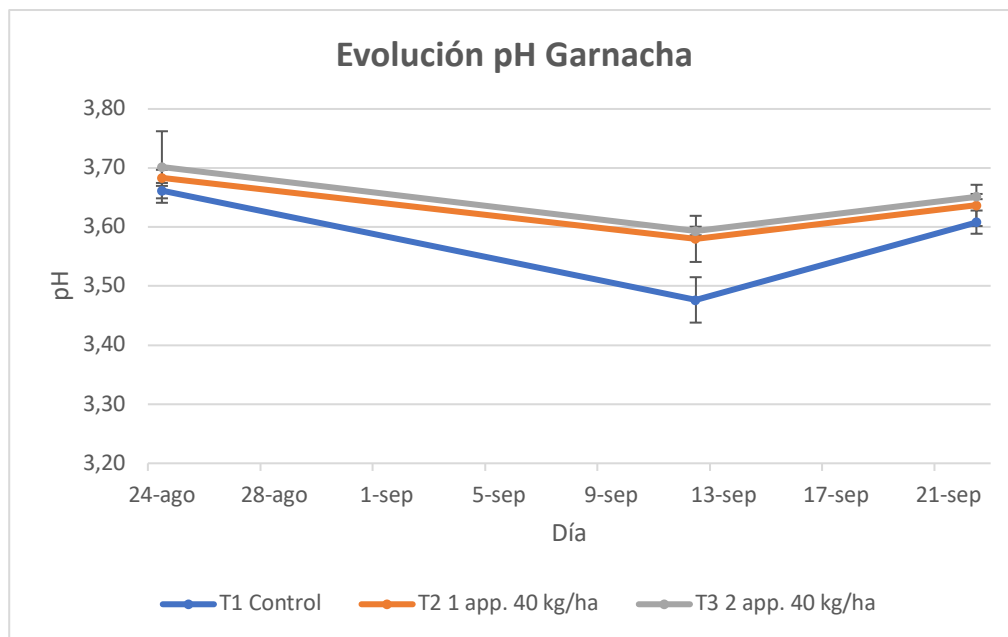
Gráfica 3. Evolución de los valores medios y error estándar de los °Brix en las uvas de las cepas control (T1), en cepas con dosis 40 kg/ha con una app. (T2) y dosis 40 kg/ha con dos aplicaciones (T3) en la variedad Garnacha.

Se aprecia que las cepas que no recibieron ningún tratamiento de caolín presentan un contenido menor de sólidos solubles (°Brix) en comparación con las cepas tratadas. Asimismo, esta diferencia en los contenidos de sólidos solubles se mantiene a lo largo del tiempo, persistiendo en las cepas tratadas. De hecho, Shellie y King (2013b) demostraron que el caolín aumentaba la concentración de sólidos solubles en estudios realizados con la variedad Cabernet Sauvignon, mientras que Ferrari et al. (2017) mostraron que en los cvs. de Malbec y Sauvignon Blanc no se apreciaba ningún efecto.

Es importante destacar que los tratamientos con caolín ejercen una clara influencia en el desarrollo de las cepas, generando un aumento significativo en la concentración de sólidos solubles. Entre los dos tratamientos evaluados, aquellos que recibieron dos aplicaciones de caolín exhibieron un efecto más pronunciado a lo largo del tiempo, lo que se tradujo en una mayor producción de sólidos solubles.

Estos resultados apuntan a que la utilización de caolín ha tenido un impacto relevante en la concentración de sólidos solubles en las cepas, lo cual tiene implicaciones significativas para el proceso de maduración y calidad de los productos derivados.

En la Gráfica 4, se puede observar la evolución del pH del mosto procedente de los distintos tratamientos llevados a cabo. Los resultados obtenidos revelaron que los valores de pH en las plantas control fueron inferiores en comparación con aquellas tratadas con caolín. Este parámetro tiende a aumentar a medida que avanza el proceso de maduración de la uva, y las altas temperaturas pueden acentuar aún más este incremento, como han señalado otros investigadores (Garde-Cerdan et al., 2011).

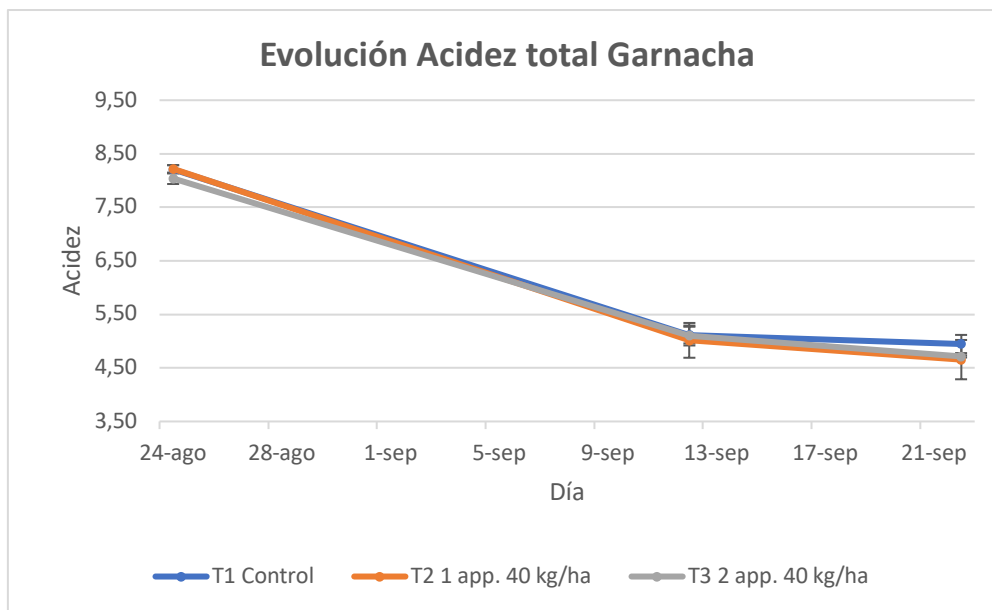


Gráfica 4. Evolución de los valores medios y error estándar de pH en el mosto procedente de las cepas control (T1), en cepas con dosis 40 kg/ha con una app. (T2) y dosis 40 kg/ha con dos aplicaciones (T3) en la variedad Garnacha.

Adicionalmente, se encontró una diferencia entre los mostos procedentes de las cepas control y las que recibieron dos aplicaciones de caolín (Gráfica 4). Este hallazgo indica que la utilización de caolín en dos ocasiones ha tenido un efecto notable en los niveles de pH de las plantas tratadas, en comparación con las plantas no sometidas a este tratamiento.

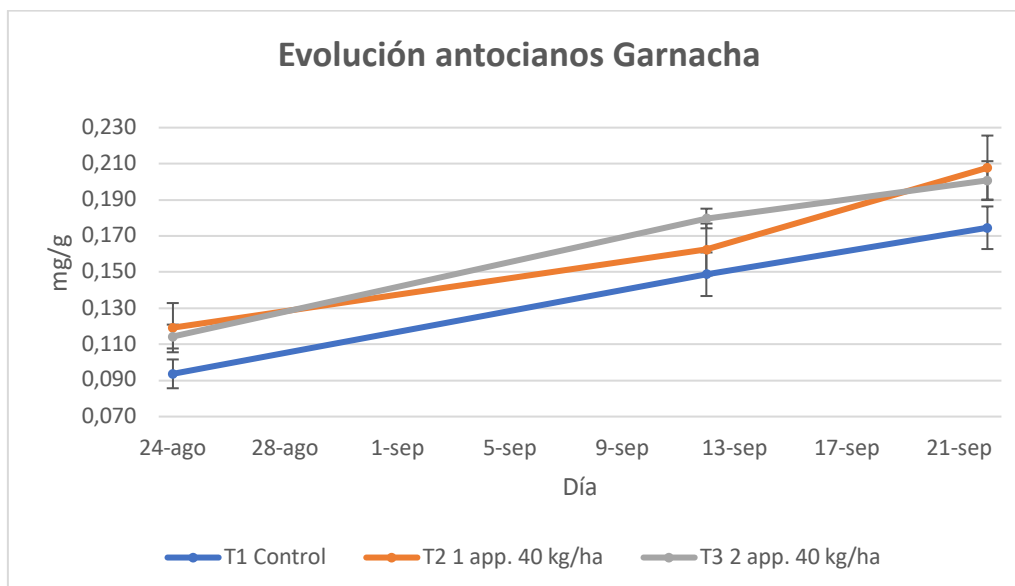
Estos resultados sugieren que el uso de caolín puede influir en la regulación del pH de los mostos procedentes de las uvas de las plantas y, por ende, tener implicaciones importantes en el proceso de maduración y desarrollo de la uva, lo que podría repercutir en la calidad y características de los productos vitivinícolas resultantes.

Como se muestra en la Gráfica 5, los niveles de acidez total en el mosto de las cepas control fueron algo más altos, pero sin gran claridad. En contraste, los mostos procedentes de las cepas protegidas por caolín exhibieron valores más bajos de acidez, pero sin gran diferencia, lo cual coincidió con las expectativas iniciales. Se podría decir que realmente no existen diferencias entre los tres tratamientos.



Gráfica 5. Evolución de los valores medios y error estándar de la acidez titulable en el mosto procedente de las cepas control (T1), en cepas con dosis 40 kg/ha con una app. (T2) y dosis 40 kg/ha con dos aplicaciones (T3) en la variedad Garnacha.

El color de los vinos está directamente relacionado con la concentración de antocianos presentes en ellos. El monitoreo de la evolución de los antocianos en las uvas a lo largo del tiempo ha revelado una distinción significativa entre las plantas sometidas a tratamiento y las plantas de control (Gráfica 6).



Gráfica 6. Evolución de los valores medios y error estándar de antocianos en las uvas cepas control (T1), en cepas con dosis 40 kg/ha con una app. (T2) y dosis 40 kg/ha con dos aplicaciones (T3) en la variedad Garnacha.

Como se aprecia en la Gráfica 6, las uvas de las cepas control presentan concentraciones inferiores de antocianos, es decir, producen una menor cantidad de estos compuestos en comparación con las cepas tratadas. A lo largo del periodo de seguimiento, las cepas sometidas a

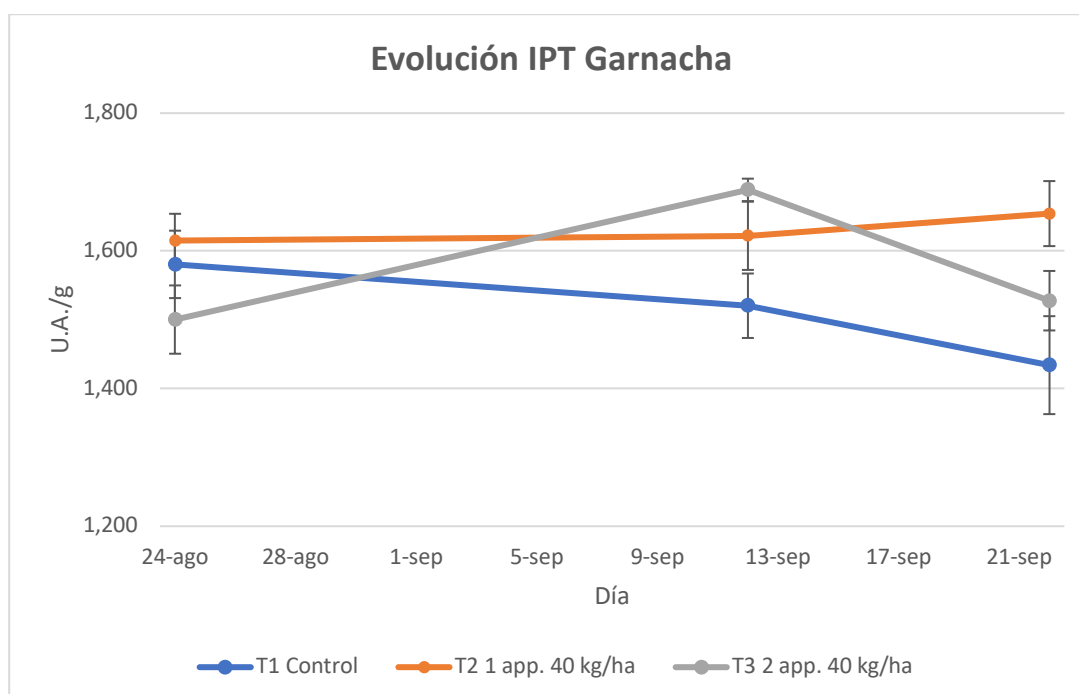
tratamiento presentan una trayectoria prácticamente constante, sin mostrar diferencias sustanciales entre ellas. En contraste, se observa que las cepas tratadas con protección de caolín generan una mayor concentración de antocianos.

Este resultado indica claramente que el uso de protección de caolín favorece la producción de antocianos en las cepas, lo que podría tener un impacto positivo en la intensidad y calidad del color de los vinos obtenidos a partir de estas plantas.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por otros investigadores, que confirmaron que uno de los efectos más valorados del caolín es el aumento de los antocianos obtenidos en frutos maduros (Brillante et al., 2016; Shellie y King, 2013a; Song et al., 2012).

Al analizar detenidamente la gráfica Gráfica 6, se puede constatar la existencia de diferencias en cuanto a la intensidad de color entre los mostos de las cepas control y aquellas sometidas al tratamiento con caolín. Esta divergencia podría atribuirse a la capacidad del caolín para favorecer un aumento en la concentración de flavonoles, antocianos, fenoles y otros compuestos relevantes (Dinis et al., 2016).

En cuanto a los efectos sobre los polifenoles totales, los resultados del ensayo han demostrado que, a lo largo del período de estudio, las cepas tratadas con una única aplicación de caolín han presentado una respuesta más favorable (Gráfica 7). Esto ha llevado a un incremento en el contenido de IPT, lo que ha contribuido a una mayor madurez fenólica de las uvas. Como resultado, en futuras vinificaciones, se espera que se pueda apreciar una notable diferencia con respecto a las cepas no tratadas con caolín.



Gráfica 7. Evolución de los valores medios y error estándar de IPT en mostos procedentes de uvas de las cepas control (T1), en cepas con dosis 40 kg/ha con una app. (T2) y dosis 40 kg/ha con dos aplicaciones (T3) en la variedad Garnacha.

En lo que respecta a la variedad Viognier, únicamente se disponía de los datos correspondientes a dos fechas de muestreo. En consecuencia, se ha optado por no efectuar una representación gráfica temporal, como se hizo en el caso de la variedad Garnacha. En lugar de ello, se han incluido los resultados obtenidos en la fecha de muestreo más próxima a la vendimia.

Tras llevar a cabo el proceso de obtención de los mostos de la variedad Viognier, se ha realizado un análisis de los resultados de los parámetros de composición de los mostos analizados, que se presentan en la Tabla 10. No se han encontrado diferencias significativas en el pH y acidez total de los mostos con la aplicación del caolín.

Estudios sobre los efectos de caolín en el mosto o el vino, concluyen que el pH y acidez total, no cambian como se puso de manifiesto en un estudio con el cv Sauvignon Blanc (Coniberti et al., 2013).

Tabla 10. Media, desviación estándar y ANOVA de la madurez tecnológica de las uvas en la variedad Viognier. (Letras distintas indican diferencias significativas al 95%).

Viognier	°Brix				pH				Acidez total			
Control	21,78	±	0,58	a	3,96	±	0,02	a	5,13	±	0,03	a
1 app. Caolín 40 kg/ha	23,67	±	0,75	b	3,95	±	0,05	a	5,39	±	0,21	a
2 app. Caolín 40 kg/ha	23,66	±	0,21	b	3,96	±	0,06	a	5,20	±	0,17	a
F-Ratio	11,27				0,09				2,28			
P-Value	0,0093				0,92				0,18			

De igual manera a lo observado en la variedad Garnacha, los valores de sólidos solubles en las uvas de Viognier son más elevados en las cepas sometidas al tratamiento con caolín en comparación con las cepas control, siendo estas diferencias significativas. Estos resultados coinciden con las conclusiones obtenidas por otros autores en estudios realizados con la variedad Viognier (Shellie y Glenn; 2008), que indican que el tratamiento con caolín podría influir positivamente en la concentración de sólidos solubles en las cepas, lo que podría tener implicaciones relevantes en la calidad y características de los mostos y vinos resultantes.

5. Conclusiones

La aplicación foliar de caolín sobre el dosel vegetal en las variedades Garnacha y Viognier, con la finalidad de reducir la radiación interceptada por la cepa y, por tanto, modificar el proceso de maduración de la uva, afecta la composición de las uvas, pero no a la fisiología de la planta, ya que, se constató que la aplicación de caolín no tuvo un efecto significativo en la fotosíntesis de las cepas.

Los resultados señalan que la aplicación de caolín no ha tenido un efecto apreciable en la producción, en el peso de racimos y en el número de racimos en la variedad Garnacha, lo que respalda la tesis de que su respuesta agronómica puede requerir un análisis a más largo plazo debido a la naturaleza perenne de la vid.

En la variedad Viognier la aplicación de caolín provocó una menor producción de uva. Esta diferencia se debió al menor número de racimos por cepa recolectados en las plantas con

aplicación de caolín, ya que el peso promedio de los racimos no mostró diferencias apreciables entre las plantas control y las tratadas.

El efecto positivo del caolín en la reducción de la incidencia de la plaga mosquito verde se pudo observar tanto en la variedad Garnacha como en Viognier.

La utilización de caolín en la variedad Garnacha, provoca un aumento en la concentración de sólidos solubles y un aumento en el pH en las uvas, que afectará a calidad de los productos derivados. El uso de protección de caolín también favorece la formación de antocianos y un incremento en el contenido de IPT, que afecta a la madurez fenólica de las uvas.

En cuanto a la variedad Viognier, los valores de sólidos solubles en las uvas son más elevados en las cepas sometidas al tratamiento con caolín en comparación con las cepas control. No se han encontrado diferencias significativas en el pH y acidez total de los mostos con la aplicación del caolín.

Estos resultados demuestran las cualidades del caolín como elemento mitigador del cambio climático en la viticultura mediterránea. Por lo que continuar con estos estudios es de gran importancia para el desarrollo de una viticultura sostenible.

6. Bibliografía

- Amato, D., Montanaro, G., Summerer, S., Briglia, N., Attia, F., Challet, E., & Nuzzo, V. (2020). The effects of calcite silicon-mediated particle film application on leaf temperature and grape composition of Merlot (*Vitis vinifera* L.) vines under different irrigation conditions. *OENO One*, 54(4), 1007–1020. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2020.54.4.4020>
- AVAMET (Associació valenciana de meteorologia) (2022). *Resumen meteorológico del año 2022 en Turís*, visto el 18 de febrero de 2023, de <https://www.avamet.org/mxany.php?id=c20m248e02&data=2022-01-01>
- CECRV (Conferencia española de consejos reguladores vitivinícolas). (s.f.). *El sector en cifras*, visto el 12 de febrero de 2023, de <https://vinosdo.wine/sala-de-prensa/el-sector-en-cifras/>
- Cerdán, T. G., Gamboa, G. G., Martín, R. L., Bretón, P. R., & Álvarez, E. P. P. (2018). *Influence of foliar application of phenylalanine and urea at two doses to vineyards on grape volatile composition and amino acids content*. *Vitis*, 57(4), 137–141. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6607800>
- COAG. (2016). Cambio climático y viñedo en España. MAPA 2016, 37 pp.
- Coniberti, A., Ferrari, V., Dellacassa, E., Boido, E., Carrau, F., Gepp, V., & Disegna, E. (2013). Kaolin over sun-exposed fruit affects berry temperature, must composition and wine sensory attributes of Sauvignon blanc. *European Journal of Agronomy: The Journal of the European Society for Agronomy*, 50, 75–81. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.06.001>
- Deloire, A.; Heyns, D. (2011). The leaf water potentials; principles, method and thresholds. *WineLand*: 129-131.
- Deloire, A., Pellegrino, A., & Rogiers, S. (2020). A few words on grapevine leaf water potential. *IVES Technical Reviews, Vine and Wine*. <https://doi.org/10.20870/ives-tr.2020.3620>

- 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*, 191, 45–53. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2015.12.005>
- Dinis, L.-T., Frioni, T., Bernardo, S., Correia, C., & Moutinho-Pereira, J. (2022). Processed kaolin particles film, an environment friendly and climate change mitigation strategy tool for Mediterranean vineyards. *Elsevier*, 165–185.. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85150-3.00023-2>
- Graff, P. (s/f). *Potencial hídrico*, visto el 8 de marzo de 2023, de <https://www.agro.uba.ar/users/batista/EE/papers/potencial%20hidrico.pdf>
- Iland P, Bruer N, Edwards G, Weeks S, Wilkes E. (2004). Chemical analysis of grape and wine: techniques and concepts. 0ª Ed. *Editorial Patrick Iland Wine Promotions Pty Ltd*, Campbelltown, SA, 2004. 120 pp.
- IRTA (2021). *¿Cómo afecta el cambio climático a la viña?*, visto el 14 de febrero de 2023, de <https://www.irta.cat/es/afecta-canvi-climatic-vinya/>
- MAPA (2021). *El 96 % de la superficie de viñedo en España está en territorio de alguna denominación de calidad*, visto el 14 de febrero de 2023, de <https://www.mapa.gob.es/es/prensa/ultimas-noticias/el-96--de-la-superficie-de-viñedo-en-españa-está-en-territorio-de-alguna-denominación-de-calidad-/tcm:30-561255>
- MAPA (2021). *Renta agraria en España y producción de vino y mosto 2021*, visto el 14 de febrero de 2023, de <https://www.oemv.es/mapa-renta-agraria-en-espana-y-produccion-de-vino-y-mosto-2021>
- Ministerio de Perú (s.f.). *Condiciones agroclimáticas del cultivo de vid. Cartilla n° 6* Visto el 14 de febrero de 2023, de https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/biblioteca-virtual/estados-fenologicos/vid_condiciones_agroclimaticas.pdf
- OEMV (Observatorio español del mercado del vino). (2021). *Superficie de viñedo de uva para vinificación en España*, visto el 12 de febrero de 2023, de <https://www.oemv.es/superficie-de-vinedo-de-uva-para-vinificacion-en-espana-2021>
- Resco, P. (2012). Impacto del cambio climático. Madrid. *Hojas divulgadoras N° 4/11*.
- Shellie, K.; Glenn, D. M.; (2008). Efecto sobre el vino de la aplicación de películas de partículas sobre las hojas considerando diferentes niveles de estrés hídrico antes del envero. *HortScience* 43: 1321-1627.
- Sánchez, P. (2015). Viticultura y Cambio Climático en España: Vulnerabilidad en las distintas regiones y estrategias de adaptación frente al desarrollo de nuevas políticas. Madrid. *Hojas divulgadoras N° 5/42*.
- Tonietto, J., Sotés Ruíz, V., & Gómez-Miguel, V. (2012). Clima, zonificación y tipicidad del vino en regiones vitivinícolas iberoamericanas. *CYTED*, Madrid.
- Viader, R. (2018). *Reflexiones en torno a la viticultura española frente al cambio climático*. N° 169.