



Universidad de Valladolid
Campus de Palencia

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS
AGRARIAS**

Grado en Enología

**Técnicas de poda en verde del viñedo
útiles para retrasar la maduración de la
uva**

Alumno/a: Samuel Gutiérrez Hernández

Tutor/a: Pedro Martín Peña

Cotutor/a: M^a Rosa González García

JUNIO 2021

ÍNDICE

1. RESUMEN.....	3
2. INTRODUCCIÓN	3
2.1. EL CAMBIO CLIMÁTICO.....	3
2.2. IMPACTO DEL CALENTAMIENTO GLOBAL EN LA VITICULTURA.....	5
2.3. ESTRATEGIAS A CORTO PLAZO PARA MITIGAR LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CALIDAD DE LA UVA Y EL VINO.....	6
3. OBJETIVOS.....	7
4. METODOLOGÍA	7
4.1. MÉTODOS DE BÚSQUEDA Y RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.....	8
4.2. ELABORACIÓN DEL TRABAJO.....	8
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
5.1. REBAJE DE PÁMPANOS.....	9
5.2. DESHOJADOS DESPUÉS DEL ENVERO	12
5.3. FORZADO DE YEMAS FRANCAS	14
6. CONCLUSIONES	17
7. BIBLIOGRAFÍA.....	17

1. RESUMEN

El cambio climático hace que las temperaturas aumenten a lo largo de todo el año, provocando una maduración anticipada y desequilibrada de la uva que repercute negativamente en la calidad del vino. Para paliar el problema es necesario buscar soluciones vitícolas a corto plazo que ajusten el equilibrio entre madurez tecnológica y madurez fenólica de la baya.

El trabajo es una revisión bibliográfica sobre la utilidad de distintas técnicas de poda en verde para retrasar la maduración de la uva y conseguir así que se lleve a cabo en condiciones ambientales más favorables, con temperaturas más frescas. De este modo se puede obtener una uva que dé vinos con menor grado alcohólico, mayor acidez, mayor concentración de polifenoles y un perfil aromático más favorable.

Las técnicas de poda en verde estudiadas han sido: rebaje de pámpanos, deshojado tardío y forzado de yemas francas. Estas técnicas consiguen retrasar la maduración de días a meses en función de la época y la intensidad con que se apliquen. El rebaje de pámpanos mejoraría el estado hídrico de la vid, pero hacerlo todos los años debilitaría mucho a las cepas. Sin embargo, realizar deshojados, con un mínimo de hojas eliminadas, después del envero no influye en el rendimiento pero retrasa la acumulación de azúcares en la uva. Por último, el forzado de yemas francas en la fase de floración es muy eficiente para retrasar la maduración, pero tiene el inconveniente de que puede reducir en exceso el rendimiento total del viñedo.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. EL CAMBIO CLIMÁTICO

El clima está cambiando en los últimos años y esto es debido a los gases de efecto invernadero que han hecho que las temperaturas medias del planeta hayan aumentado.

En 1938, el científico Guy Callendar fue el primero en relacionar el aumento de las temperaturas con la emisión de gases de efecto invernadero y con la actividad del ser humano (Callendar, 1938).

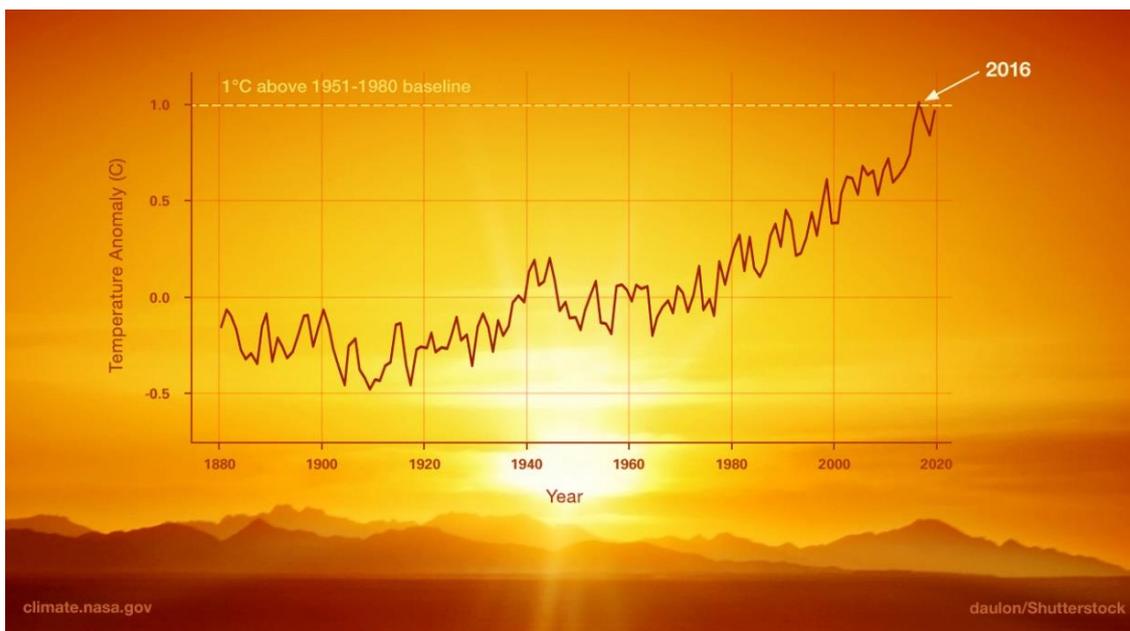
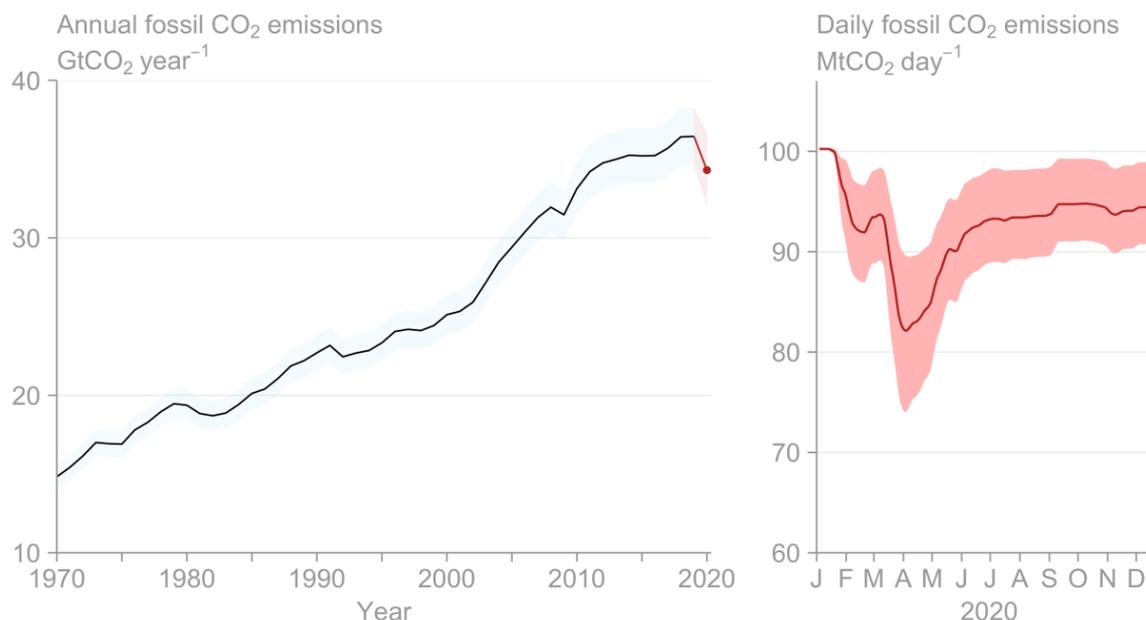


Figura 1. Evolución de la temperatura global por el Instituto Goddard de Estudios Espaciales de la NASA; Fuente: daulon/Shutterstock.com (imagen del atardecer);NASA/JPL-Caltech (datos) (Nunez, 2019)

En la Figura 1 se puede apreciar el cambio de la temperatura global desde 1951-1980 (periodo preindustrial, cuando empiezan las actividades del ser humano, principalmente la quema de combustibles fósiles, que aumentan los niveles de gases de efecto invernadero que atrapan el calor en la atmósfera de la Tierra) hasta el 2020. El año 2020 coincide con el 2016 como los años con temperaturas más altas. La temperatura ha aumentado 1°C desde el periodo preindustrial hasta el 2020.



© Updated from Le Quéré et al. Nature Climate Change (2020); Global Carbon Project

Figura 2. Emisiones diarias globales de dióxido de carbono (CO₂) de los combustibles fósiles entre 1970 y abril de 2020; Fuente: (Le Quéré et al., 2020); Global Carbon Project

En la Figura 2, se puede observar como han ido aumentando las emisiones de CO₂ de los fósiles desde 1970 hasta finales de abril de 2020. En el 2020, como se ve ampliado a la derecha, las emisiones de CO₂ han disminuido desde marzo a abril debido a las medidas de confinamiento aplicadas por la pandemia del Covid-19. En un estudio se realizó una comparación entre los meses de enero a abril de 2019 y de enero a abril de 2020 y las emisiones de CO₂ disminuyeron en un 8.6% en los meses de 2020 en comparación con los del 2019 (Le Quéré *et al.*, 2020).

2.2. IMPACTO DEL CALENTAMIENTO GLOBAL EN LA VITICULTURA

El clima tiene una gran incidencia en el cultivo de la vid, si este cambia se pueden producir modificaciones en la viticultura ya que el crecimiento y desarrollo de la vid dependen del agua, de la temperatura y de la radiación (Ewert *et al.*, 2005).

Existen territorios muy condicionados a la hora de cultivar un viñedo (zonas frías, con exceso de precipitaciones...) que con el cambio climático se van a ver favorecidas. Sin embargo, muchas zonas se van a ver perjudicadas por excesivas temperaturas y por un elevado déficit de agua en el periodo activo de la vid. La solución que se puede tomar es plantar los nuevos viñedos en zonas con mayor altitud y latitud para conseguir temperaturas más bajas, pero esto comprende grandes costes económicos y sociales (Ruiz, 2011).

La elección de la variedad a plantar supone todo un desafío, ya que, una variedad que en un momento determinado es idónea para unas condiciones climáticas en un lugar concreto, con el paso del tiempo, se convierte en inadecuada (Lobell *et al.*, 2006).

El descenso de las precipitaciones que puede provocar el cambio climático agravar los daños por sequía, conlleva que los rendimientos del viñedo sean menores y va a haber más riesgo de incendio. La sequía acorta el periodo de maduración. En las zonas con veranos más húmedos que bajen las precipitaciones puede conllevar a un aumento de la calidad ya que, para obtener uvas con alto potencial cualitativo se necesita un moderado estrés hídrico (Van Leeuwen *et al.*, 2004).

Aunque las precipitaciones van a ser menores debido al cambio climático, serán más frecuentes los episodios de lluvias torrenciales, lo que agrava los problemas de erosión sobre todo en suelos labrados en pendiente.

El ciclo vegetativo de la vid ha sufrido un adelanto en los últimos años, con vendimias cada vez más tempranas. La temperatura es un elemento decisivo a la hora de madurar las uvas y conseguir niveles óptimos de azúcar, acidez, polifenoles y aromas que den un estilo y una calidad al vino excelentes (Jones *et al.*, 2005).

Las elevadas temperaturas durante la vendimia, la deshidratación de la uva debido a las sequías y el estrés por calor deterioran la uva en exceso favoreciendo el crecimiento de microorganismos y los procesos oxidativos (Soriano Benavent, 2020).

Ramos *et al.* (2020) han constatado que en Rioja, debido a las altas temperaturas, la madurez fenólica, los antocianos y el azúcar han sufrido un desajuste y la acidez ha disminuido en los últimos años. La elevación de la temperatura prácticamente no

afecta a la concentración de ácido tartárico en la uva, pero la del ácido málico disminuye considerablemente, lo mismo que ocurre con el estrés hídrico (Chaves *et al.*, 2010). La falta de amplitud térmica día-noche también contribuye a que los vinos sean más alcohólicos y con menos color y estructura.

Al agotarse los ácidos orgánicos más rápidamente con temperaturas cálidas, aumentan los valores de pH. Esto provoca que exista una alta inestabilidad microbiológica en la pre-fermentación (Palliotti *et al.*, 2014). El aumento del pH acelera la hidrólisis de ésteres (Robinson *et al.*, 2010).

Los efectos en los aromas del vino también son reseñables, las bajas temperaturas durante la maduración favorecen la producción de compuestos que dan lugar a los aromas frutales, florales, vegetales y picantes como son los norisoprenoides y las pirazinas (Soriano Benavent, 2020). Por el contrario, las altas temperaturas aportan aromas desfavorables para la calidad del vino..

2.3. ESTRATEGIAS A CORTO PLAZO PARA MITIGAR LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CALIDAD DE LA UVA Y EL VINO

Los procedimientos a corto plazo son los primeros que se valoran para luchar contra el cambio climático. Las mejoras tecnológicas, en los trabajos vitícolas y enológicas, son las principales a tener en cuenta para optimizar la producción y la calidad del vino (Lobell *et al.*, 2006).

El establecimiento de sistemas de riego es una de las posibilidades a corto plazo para combatir el descenso de las precipitaciones y por lo tanto el estrés hídrico. La utilización de riego conlleva una mejoría en la producción y la calidad del fruto. El riego debe efectuarse teniendo en cuenta que en determinados momentos del desarrollo de la vid, el estrés hídrico puede favorecer el rendimiento y la calidad de la uva (Feres *et al.*, 2007), por lo tanto, se debe efectuar el riego de manera controlada. Se utiliza el riego por goteo con sensores de humedad del suelo situados en la zona radicular de la vid y llevando a cabo un mantenimiento del sistema a lo largo de su vida útil (Payán-Ochoa *et al.*, 2013).

El sistema de formación utilizado en el viñedo es de gran importancia respecto al microclima. Intrigliolo *et al.* (2019) realizaron una investigación con diferentes sistemas de formación para comprobar cuál mejoraría las condiciones climáticas en la lucha frente a las altas temperaturas. Los autores detectaron un aumento del 28% del área foliar en las vides con sistema de formación con una altura mayor, junto a un peor estado hídrico y, un descenso de la producción de un 10%. La composición de la uva en estas vides mostró un aumento de sólidos solubles totales y de antocianos y un descenso de la acidez total y de la concentración de ácido málico. Los resultados confirman que sería mejor emplear un sistema de formación bajo para luchar contra el cambio climático.

Intrigliolo *et al.* (2019) comprobaron en un ensayo con la variedad Bobal que la orientación de las filas este-oeste ayuda a disminuir el consumo de agua en un 12% sin tener efectos en la calidad de la uva.

La poda tardía es una medida que se puede utilizar para paliar el desequilibrio que se está observando entre la madurez tecnológica y la fenólica debido a las altas temperaturas y también puede servir para minimizar los daños por heladas primaverales. La poda tardía de invierno se diferencia de la poda tradicional en que se lleva a cabo después de la brotación. Buesa Pueyo *et al.* (2016, 2017) observaron que la poda tardía disminuía la producción, aumentaba la acidez total del mosto e incrementaba la síntesis y concentración de antocianos y polifenoles.

Instalar mallas que den sombra al viñedo puede ser una opción para evitar altas temperaturas en el viñedo. Archer *et al.* (2017) elaboraron un estudio en el cual aplicaron sombreado a un viñedo de Cabernet Sauvignon, y no observaron buenos resultados: un aumento de la acidez total (aumento del ácido málico y descenso del ácido tartárico) junto con una disminución de los azúcares, del color y pH del mosto, y también del rendimiento del viñedo. Morrison *et al.* (1990) realizaron otra investigación donde se aplicó sombreado con el cual se aumentó la cantidad de malato, potasio y pH de las bayas. El contenido de azúcares y la acidez total no sufrieron cambios en comparación con las vides sin sombreado, pero las antocianinas y los fenoles solubles totales fueron menores.

Otra opción para luchar contra las condiciones impuestas por el cambio climático es emplear compuestos antitranspirantes que aplicados en las hojas del viñedo minimizan la pérdida de agua cerrando los estomas parcialmente. Palliotti *et al.* (2013) elaboraron un estudio para la variedad Sangiovese en el cual se aplicó un antitranspirante (Vapor Gard, ai Di-1- p-menteno), reduciendo el ritmo de acumulación del azúcar y antocianinas en la uva durante la maduración, en comparación con las vides control. Para estos autores la operación es eficaz para obtener vinos jóvenes menos alcohólicos, siempre que el producto se aplique entre 14-15° Brix asegurándose de que la epidermis inferior esté humedecida completamente tras la aplicación (Palliotti *et al.*, 2014).

El empleo de reguladores de crecimiento es otra alternativa contra las altas temperaturas para atrasar el periodo de maduración. Aplicar auxinas exógenas antes del envero retrasa la maduración y la acumulación de azúcares (Böttcher *et al.*, 2011; Ziliotto *et al.*, 2012). Böttcher *et al.* (2013) exponen que un retraso de la maduración en viñedos a los que se ha aplicado etefón puede deberse a un aumento de las concentraciones de auxinas en la fruta antes de la maduración. Navarro *et al.* (2001) realizaron un experimento en el cual concluyeron que la aplicación de giberelinas retrasa la fecha de la cosecha de 5 a 12 días con un aumento del rendimiento del viñedo y de la acidez total del mosto.

3. OBJETIVOS

El objetivo del trabajo es realizar una revisión bibliográfica sobre la utilidad de diferentes técnicas de poda en verde para retrasar la maduración de la uva y así conseguir que esta se lleve a cabo en unas condiciones de temperatura más frescas, minimizando el impacto del cambio climático en la calidad de la uva y el vino.

4. METODOLOGÍA

4.1. MÉTODOS DE BÚSQUEDA Y RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

La búsqueda y recopilación de información para este trabajo se ha realizado en las bases de datos de Web of Science (WOS), Dialnet plus y Science Direct. Esta información se ha completado con gráficas de páginas web como la NASA.

Para hacer la búsqueda de información y de artículos en las anteriores bases de datos, se han utilizado palabras clave en español y en inglés.

Las palabras que más se han usado en la búsqueda de información han sido "cambio climático", "poda en verde" y "maduración", pero para hacer una búsqueda más minuciosa de partes del trabajo más específicas, también se han utilizado otras.

Una vez buscadas las referencias bibliográficas, al leer estas, han servido de gran ayuda para encontrar más información, ya que, en los artículos se encuentran más referencias de otros autores que proporcionan información relevante acerca del tema del trabajo tratado.

4.2. ELABORACIÓN DEL TRABAJO

El trabajo se ha realizado en función de la normativa existente para la titulación del Grado de Enología en relación a la elaboración de trabajos de fin de grado como revisiones bibliográficas. Se han seguido las pautas de los documentos "Normas de Estilo y Formato de TFG Enología" y "Guía e Índice TFGs Revisión Bibliográfica Grado Enología".

Con toda la información obtenida, lo primero que se ha hecho ha sido leer los resúmenes y las conclusiones de todos los artículos bibliográficos para dividirlos en diferentes apartados.

Las diferentes secciones que se han hecho son:

- Artículos bibliográficos acerca del impacto del cambio climático en la viticultura.
- Artículos sobre las estrategias a corto plazo que se pueden utilizar para luchar contra el cambio climático, pero sin incluir las técnicas de poda en verde.
- Artículos relacionados con el rebaje de pámpanos como solución para retrasar la maduración.
- Artículos en los cuales se utiliza el deshojado como otra técnica para retrasar la maduración.
- Artículos académicos sobre el forzado de yemas francas como recurso para el retraso de la maduración.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Conseguir que la maduración se pueda desarrollar con temperaturas más frías hace que la acidez y los componentes nitrogenados y aromáticos se mantengan en la uva. También se puede conservar la madurez fenólica, que comprende la acumulación y

extractabilidad de las antocianinas y las polimerizaciones de taninos (Gutiérrez-Gamboa *et al.*, 2021).

5.1. REBAJE DE PÁMPANOS

El rebaje de pámpanos es una técnica que consiste en eliminar buena parte de los pámpanos en crecimiento. Al realizar esta operación tan severa se produce una fuerte reducción del área foliar activa, lo que se traduce en un retraso de la fenología de la planta (Gutiérrez-Gamboa *et al.*, 2021).

Un recorte relativamente tardío de los brotes puede inducir un nuevo crecimiento competitivo de los brotes laterales con la consiguiente reducción de la producción de sólidos solubles totales y de su acumulación en las bayas (Palliotti *et al.*, 2014). Martínez De Toda *et al.* (2013) aplicaron recorte de brotes severo de forma manual, justo por encima del último racimo, para las variedades Garnacha y Tempranillo después del cuajado logrando en la variedad Garnacha una disminución de las cantidades de pH, de sólidos solubles, de acidez y de antocianinas. Para la variedad Tempranillo también se redujeron las cantidades de todo lo nombrado anteriormente menos de la acidez, que aumentó. Otro estudio de los mismos autores y para las mismas variedades (Martínez De Toda *et al.*, 2014) dio resultados distintos, ya que, se cosecharon las bayas cuando el nivel de sólidos solubles era igual tanto para las vides control como para las vides con rebaje de pámpanos y esto hizo que la cantidad de antocianinas fuera mayor en las vides con rebaje de pámpanos. Los viñedos retrasaron la maduración por 20 días en ambos estudios. Probablemente la explicación de las diferencias en la cantidad de antocianinas se deba a que al retrasarse la maduración, esta se dio con temperaturas más frías (Martínez De Toda *et al.*, 2014). El peso de los racimos disminuyó en los dos casos.

Santesteban *et al.* (2017) efectuaron el recorte de los pámpanos para la variedad Tempranillo tres semanas después del cuajado y aplicaron tres dosis de riego para mejorar el crecimiento de los brotes laterales y así competir con la maduración. Los resultados fueron muy parecidos al estudio (Martínez De Toda *et al.*, 2013) para la variedad Tempranillo, ya que se redujeron las cantidades de sólidos solubles, de pH y de antocianinas y la acidez total aumentó. Una diferencia importante que existe entre los dos estudios es que el peso de los racimos en esta investigación fue mayor y esto se puede explicar debido a las dosis de riego aplicadas y a que hubo menos cantidad de racimos.

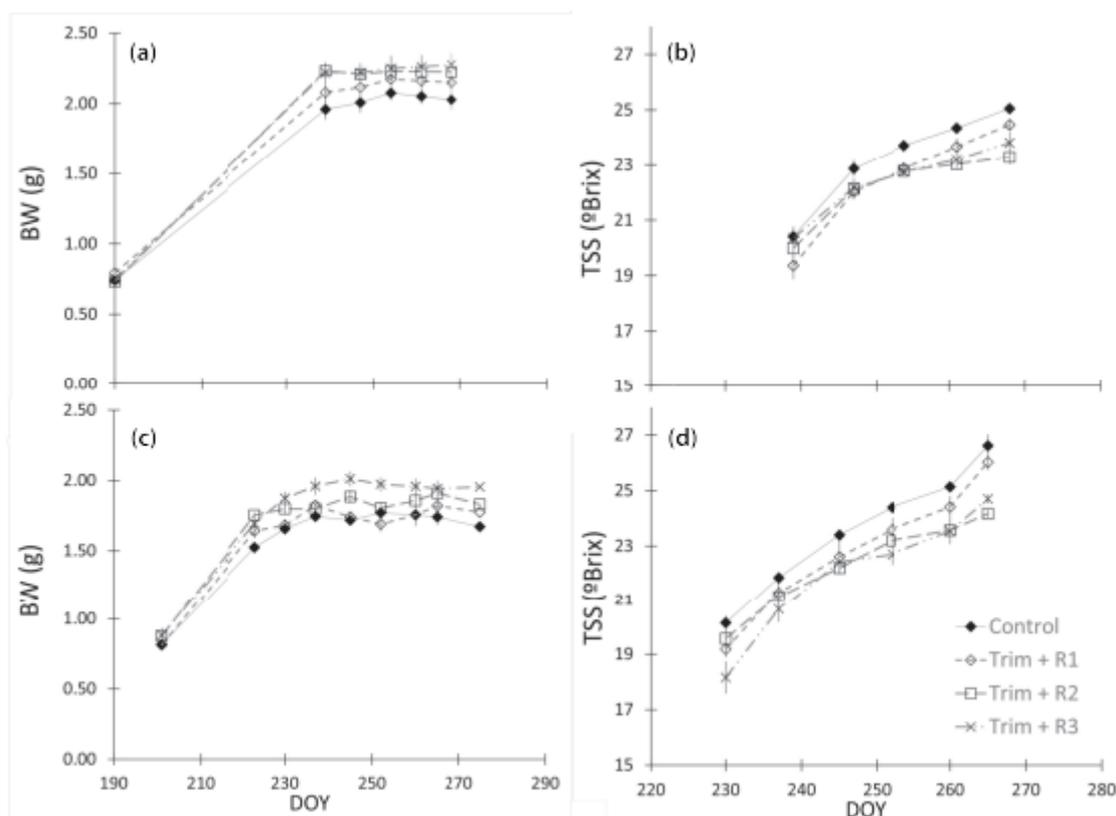


Figura 3. Peso de las bayas y contenido de sólidos solubles en 2014 (a,b) y en 2015 (c,d) (Santesteban *et al.*, 2017)

En la Figura 3 se puede apreciar como el peso de las bayas en ambos años ha ido aumentando a medida que la cantidad de riego se incrementaba. Y al contrario ocurre con la cantidad de sólidos solubles totales, cuanto mayor era la dosis de riego, menor era el contenido de sólidos solubles totales. También se puede ver que el mayor peso de las bayas se encuentra en las vides con rebaje de pámpanos y con mayor dosis de riego. Y también que las menores cantidades de sólidos solubles totales son de las vides con rebaje de pámpanos y con más dosis de riego.

Bondada *et al.* (2016) aplicaron recorte de pámpanos después del envero durante un periodo de 4 años para la variedad de uva Sangiovese y mostraron efectos positivos sobre la morfología del racimo y la calidad de la fruta, ya que, se redujeron tanto la compacidad del racimo como los niveles de azúcar, debido a un desequilibrio fuente-sumidero asociado al recorte. A pesar de la reducción del rendimiento y del azúcar en las uvas, la calidad de esta se mantuvo, incluyendo la disminución de los grados Brix y del pH, porque prácticamente no hubo cambios en la acidez titulable, en el nitrógeno asimilable por las levaduras, en el perfil de las antocianinas y en las antocianinas totales, demostrando que la vid mantiene la homeostasis. Valentini *et al.* (2019) también realizaron un rebaje de pámpanos después del envero, durante 3 años, en la variedad Sangiovese, sus resultados indicaron que en suelos fértiles y bien regados realizar esta operación es una manera adecuada de disminuir la concentración de azúcares en las uvas sin afectar ni al rendimiento ni a los compuestos fenólicos totales y extraíbles. Sin embargo, las reservas de almidón el último año del estudio se habían

reducido, por lo que, esta técnica se debería aplicar cuando las condiciones climáticas lleven a una acumulación excesiva de azúcares y no de forma continuada todos los años. Bubola *et al.* (2017) llevaron a cabo un recorte de pámpanos durante el envero para la variedad Teran con aclareo de racimos y sin aclareo de racimos y concluyeron que el recorte es una práctica eficaz para reducir la cantidad de azúcares en las uvas. Sin embargo, los autores añaden que el contenido de antocianinas totales y de compuestos fenólicos totales en las uvas descienden sólo cuando se combina el recorte de pámpanos con el aclareo de racimos, y el aclareo de racimos va a conllevar a una bajada del rendimiento.

Parker *et al.* (2016) también realizaron un recorte de los pámpanos pero, para la variedad Pinot Noir y después de la etapa de floración. Esta operación produjo una acumulación más lenta de los sólidos solubles totales y aumentó la acidez y el pH del mosto en algunos años, retrasando 5 días el inicio de la maduración. El rebaje de pámpanos tuvo dos efectos claros: redujo la altura del dosel y aumentó el rendimiento. Para los autores el rebaje después de floración es una técnica que podría ser beneficiosa para retrasar la maduración porque crea limitaciones de fuente al reducir la superficie foliar y porque al aumentar el rendimiento puede alterar los componentes del sumidero.

De Bei *et al.* (2020) llevaron a cabo un recorte de pámpanos (50% de brotes enteros se eliminan) para la variedad Semillon en la etapa de floración durante 4 años, cuyo efecto provocó una disminución del número de racimos y un aumento del peso de los racimos como compensación. Al realizar tan temprano el recorte, el crecimiento vegetativo fue excesivo en comparación con las vides control, pudiendo haber afectado negativamente a la exposición de los racimos. En los dos últimos años de estudio la cantidad de sólidos solubles totales disminuyó y la acidez total aumentó con respecto a las vides control. En estos dos últimos años la maduración se retrasó debido también al aumento del rendimiento provocado por las lluvias, ya que, en los dos primeros años se había regado pero en menos proporción a lo que lo hicieron con las precipitaciones.

Sun *et al.* (2011) aplicaron rebaje de pámpanos, para la variedad Marechal Foch, en dos estados diferentes: una semana después del envero y 3 semanas después del envero. Ambos dieron como resultado un microclima mejorado de hojas y racimos, redujeron el rendimiento y modificaron algunos parámetros químicos de la uva: aumentando los grados Brix, la acidez total y las antocianinas. Con el recorte de pámpanos se redujeron los rendimientos en un 22-32% por cepa y el número de racimos por cepa también disminuyó en un 23-39%. Además también aumentó el peso de las bayas.

El rebaje de pámpanos también se ha experimentado como una herramienta para reducir las necesidades de agua del viñedo. El estado hídrico de la vid depende de la superficie foliar (Williams *et al.*, 2005). Abad *et al.* (2019) aplicaron un recorte del 50% de la vegetación en la fase de grano tamaño guisante cuyo resultado fue una mejora del estado hídrico cuando las condiciones climáticas eran más cálidas y secas. También se observó una disminución de la cantidad de sólidos solubles totales y un aumento de la acidez total del mosto, lo que muestra un retraso de la maduración.

5.2. DESHOJADOS DESPUÉS DEL ENVERO

El deshojado aplicado después del envero es una técnica de poda en verde que consiste en eliminar una proporción de hojas en la medida que se crea oportuna y que puede ser útil para retrasar el ciclo de la vid, y con ello la maduración a días más frescos. Lo que se busca con el deshojado después del envero es retrasar la acumulación de los azúcares y aumentar el grado de madurez fenólica sin provocar mermas productivas importantes (Intrigliolo *et al.*, 2019). La influencia del deshojado tardío mejora el microclima de la cepa favoreciendo el aumento de antocianos (Jalmar *et al.*, 2014).

El deshojado es una de las técnicas de poda en verde más fáciles de mecanizar. Además al encontrarse las hojas alejadas de la zona de fructificación se puede realizar a una velocidad mayor evitando el daño en los racimos. En algunas ocasiones se deshoja la zona basal y en otras no, por lo que habría que tener cuidado a la hora de realizar el deshojado dependiendo de la zona a la que se aplicase para realizarlo de forma mecánica o de manera manual.

El deshojado se debe realizar en las hojas superiores al segundo entrenudo después del último racimo y sin tocar los ápices, para eliminar las hojas fotosintéticamente más activas asegurando el correcto crecimiento de los ápices (Intrigliolo *et al.*, 2019). Pero al aplicar el deshojado después del envero ya no se produciría el crecimiento de los ápices.

Almanza-Merchán *et al.* (2011) elaboraron un estudio para la variedad Riesling x Silvaner donde se aplicó un deshojado mayor que en la anterior investigación. En este caso el deshojado se realizó igualmente en la época de envero pero eliminando el 60% de la superficie foliar. Los resultados dados fueron un aumento del índice de madurez técnico (cociente entre la cantidad de sólidos solubles totales y la acidez total titulable) y de la acidez total y una disminución del pH, de la producción y del peso del racimo constatando un retraso de las fases del ciclo de la vid.

Intrigliolo *et al.* (2019) realizaron una investigación en Requena, para las variedades Tempranillo y Bobal, donde se aplicó un deshojado manual del 30% del área foliar total después del envero. El tratamiento provocó una mejoría del estado hídrico de las cepas pero sin alterar la productividad. La variedad Bobal, que es más tardía que Tempranillo, no alcanzó los niveles de sólidos solubles totales óptimos antes de la época normal de vendimia, desencadenando un retraso del ciclo fenológico de la vid. Para aumentar la eficacia del deshojado en el retraso de la maduración, Intrigliolo *et al.* (2019) recomiendan ajustar el porcentaje de hojas que se vayan a eliminar en función del estrés hídrico que pueda sufrir el viñedo. El deshojado tardío puede mantener el estado hídrico del viñedo en valores ligeramente menos estresados (Buesa *et al.*, 2016).

En Italia, para la variedad Sangiovese, Palliotti *et al.* (2013) aplicaron un deshojado mecánico después del envero en el cual eliminaron el 35 % de la superficie foliar. El resultado fue una reducción del grado Brix del mosto de un 1.2° y de la tasa de alcohol en vino de un 0.6%. La bajada de la cantidad de azúcares se puede explicar por la

bajada de la capacidad fotosintética de la planta y, por otra parte, a que al eliminar parte de las hojas con el deshojado, disminuye la actividad fotosintética y estas no pueden producir ácido abscísico (ABA), promotor de la maduración. El deshojado también ocasionó un aumento de la acidez total en comparación con las vides control. Con el deshojado se consiguió retrasar la maduración dos semanas sin ninguna influencia en las características deseadas de las bayas. Los autores apuntan que para que la técnica sea eficaz se debe deshojar cuando el grado Brix se encuentre en torno a 16-17° Brix y que se elimine como mínimo el 30-35% de las hojas (Palliotti *et al.*, 2013).

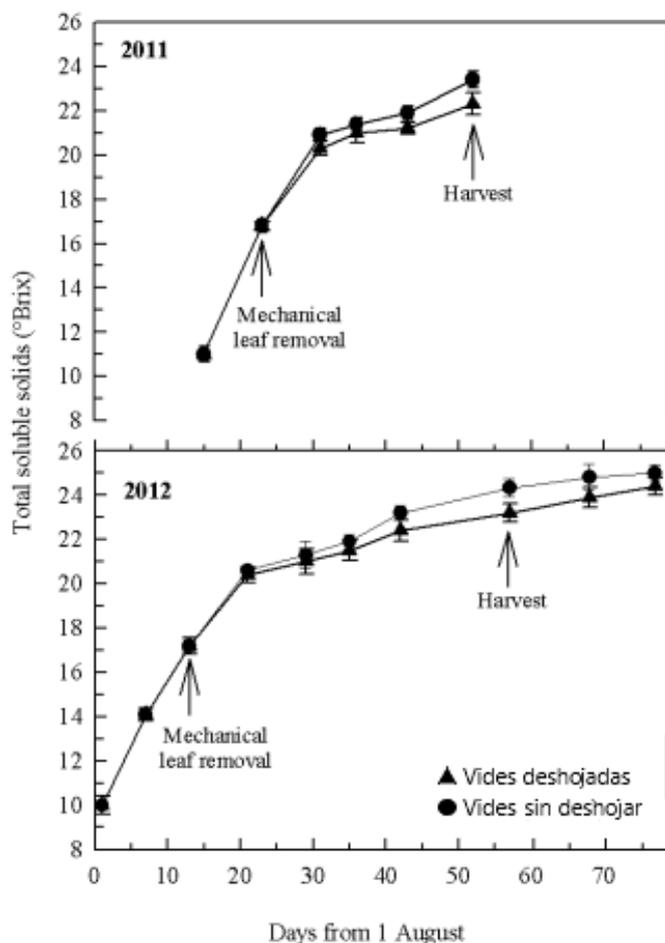


Figura 4. Comparación de sólidos solubles totales en vides deshojadas y sin deshojar durante los años 2011 y 2012 (Palliotti *et al.*, 2013)

En la Figura 4 se puede apreciar como la cantidad de sólidos solubles es menor en las vides con deshojado que en las vides sin deshojar y además se puede ver que el contenido de sólidos solubles desciende más en el año 2011 en comparación con el año 2012. El ligero aumento que existe en el año 2012, después de la cosecha, se debe a la baja exportación de carbohidratos de las hojas a las bayas durante todo ese tiempo (Palliotti *et al.*, 2013).

Poni *et al.* (2013) elaboraron otra investigación en la que realizaron deshojado después del envero también a la variedad Sangiovese arrancando seis o siete hojas del racimo principal y de brotes laterales. Los resultados obtenidos fueron bastante

parecidos a los obtenidos por Palliotti *et al.* (2013): el rendimiento, el número de racimos por cepa y la acidez total aumentaron. El grado Brix se redujo con mayor intensidad que en el estudio comentado en el párrafo anterior, lo que puede tener que ver con la fecha. Llama la atención en comparación con variaciones en la fecha de vendimia. Poni *et al.* (2013) estudian dos fechas de cosecha que difieren en una semana y que dan diferentes resultados. En resumen, los autores concluyen que el deshojado puede provocar un retraso importante de la maduración tecnológica de la uva sin que la maduración fenólica sufra ningún efecto.

5.3. FORZADO DE YEMAS FRANCAS

El forzado de yemas francas es una operación que se aplica para estimular, mediante la poda en verde, la brotación de las yemas francas que se han producido en ese mismo ciclo vegetativo, y que en condiciones normales brotarían al año siguiente. Para ello lo que se hace es quitar de la planta ápices, hojas y frutos en el periodo de crecimiento de los órganos verdes.



Figura 5. Ciclo de la vid con y sin forzado de yemas francas (Intrigliolo *et al.*, 2019)

En la Figura 3 se puede apreciar como al aplicar el forzado de yemas, la vid retrasa todo su ciclo haciendo que la maduración se lleve a cabo más tarde.

Martínez-Moreno *et al.* (2019) realizaron forzado de yemas en un viñedo de la variedad Tempranillo, comparando un forzado en floración y otro 23 días después de floración. El retraso de la maduración que se produjo en el primer caso fue de un mes y medio y en el segundo de dos meses y medio. Las temperaturas promediadas en el periodo de maduración fueron menores en los tratamientos con forzado de yemas que en el control. La composición de la uva también sufrió cambios importantes, la acidez y las concentraciones de polifenoles y antocianinas en la uva fueron mayores en las vides con forzado. El pH disminuyó en los casos que se aplicó forzado, sobre todo en el que se aplicó más tarde. La cantidad de sólidos solubles totales no sufrió ningún cambio significativo en el forzado de yemas en floración, pero sí descendió cuando el

forzado de yemas fue aplicado 23 días después de floración. Teniendo en cuenta la composición de la uva, los autores recomiendan como mejor momento para realizar el forzado de yemas 10 días después de floración. El rendimiento se redujo en un 82% en comparación con el control (Martínez-Moreno *et al.*, 2019), lo que pudo deberse a la disminución de las reservas disponibles para la planta tras la operación de forzado y a lo susceptible que es la variedad a las condiciones ambientales durante la inducción floral. Lavado *et al.* (2019) realizaron otro experimento con la variedad Tempranillo realizando forzados de yemas 3 días y 22 días después de floración. En este caso la maduración se retrasó un mes y dos meses respectivamente. Respecto a la composición de la uva, las vides a las que se les aplicó el forzado 3 días después de la floración, dieron resultados muy parecidos a las vides control salvo que el contenido de compuestos fenólicos fue mayor. Sin embargo, las vides a las que se les aplicó el forzado de yemas 22 días después de floración obtuvieron mostos con menor cantidad de sólidos solubles totales y pH, mientras que la acidez total y las concentraciones de antocianinas totales y polifenoles totales aumentaron considerablemente. El rendimiento, al igual que en la anterior investigación, se redujo significativamente con ambos forzados.

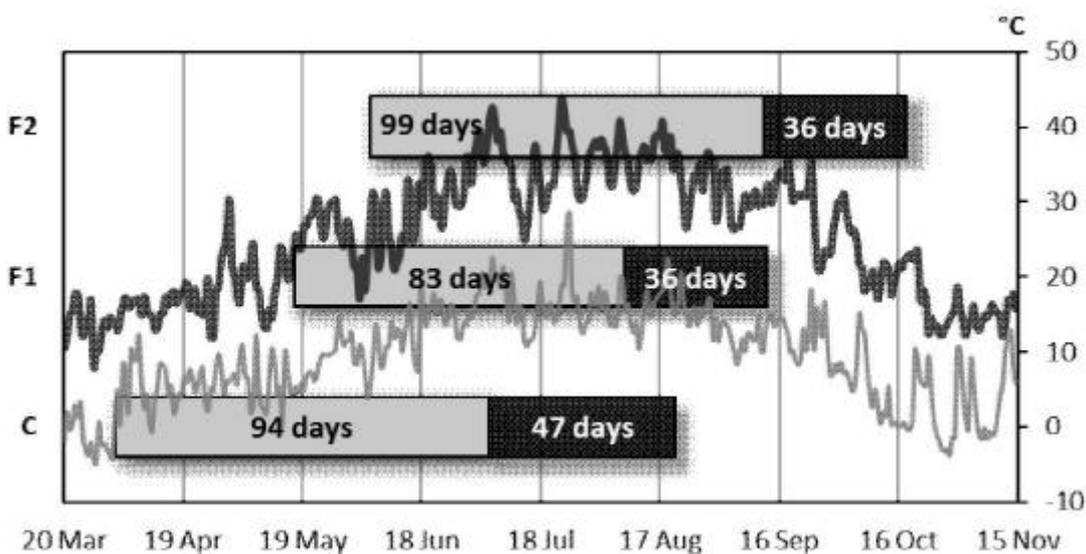


Figura 6. Duración del ciclo de la vid, desde brotación hasta vendimia, de los diferentes tratamientos aplicados (F1: Forzamiento 3 días después de floración; F2: Forzamiento 22 días después de floración; C: Control) (barra gris: desde brotación hasta enero; barra negra: desde enero hasta vendimia). Y temperaturas máximas (línea negra) y mínimas (línea gris) (Lavado *et al.*, 2019)

En la Figura 6 se pueden observar las diferencias que existen para cada tratamiento respecto a la duración del ciclo de la vid, se aprecia que el tratamiento que más se retrasa es el aplicado 22 días después de la floración seguido del tratamiento aplicado 3 días después de la floración. Las vides control son las que más pronto llegan al periodo de maduración.

Martínez de Toda, (2020) realizó un estudio en la Universidad de La Rioja donde se realizaron dos forzados de yemas en diferentes viñedos, uno se realizó desde el estado de inflorescencias separadas hasta la floración y el otro después de la floración. La composición de la uva en ambos casos se vio afectada con una

disminución del pH y un aumento de la acidez y de los niveles de antocianos, que restaura la relación entre antocianos y azúcares que se desequilibra por el calentamiento global. Los dos procesos de forzado dieron como resultado una reducción del número de racimos, del peso de los racimos y del rendimiento. El forzado más temprano mostró menor fertilidad de las yemas que el efectuado después de floración. El autor apunta que para lograr un rendimiento más alto se deberían forzar más de dos yemas por pámpano si existe suficiente vigor para el desarrollo de más de dos brotes o también dejar más pámpanos por cepa en la poda de invierno (Martínez De Toda, 2020). Respecto al retraso de la maduración, el primer forzado de yemas retrasó la maduración en más de un mes y el segundo forzado en más de dos meses.

En otra investigación, Martínez De Toda et al. (2019) con las variedades Tempranillo y Maturana Tinta, aplicaron forzado de yemas un mes antes de floración y un mes después de esta, lo que abarca desde el estado de racimos separados hasta el estado de grano tamaño guisante. La variedad Maturana Tinta no brotó cuando se aplicó el forzado en el estado de grano tamaño guisante, lo que supone que las yemas de esta variedad entran antes en dormición que la variedad Tempranillo, por lo que se debe realizar el forzado de yemas en un estado anterior. Comparando los diferentes estados y los datos obtenidos, el momento ideal sería la floración. Como en los estudios anteriores (Lavado *et al.*, 2019; Martínez-Moreno *et al.*, 2019; Martínez De Toda, 2020), el forzado redujo el rendimiento, el peso de los racimos y el número de racimos, mostrando menor fertilidad las vides a las que se las aplicó el forzado de yemas en los estados más tempranos (racimos separados y botones florales separados) en comparación con las vides de Tempranillo, en los estados de floración, cuajado y grano tamaño guisante, y con las vides de Maturana Tinta en el estado de floración. La maduración se retrasó de uno a dos meses dependiendo de cuando se realizara el forzado, tanto más cuanto más tardío. Pou *et al.* (2019) aplicaron forzado de yemas en vides de la variedad Tempranillo en los estados de racimos separados, floración y cuajado. La maduración se retrasó 18, 27 y 45 días respectivamente, con disminución progresiva del rendimiento y sus componentes. La composición de la uva se vio afectada con un aumento de la acidez y un descenso del pH, sobre todo en el tratamiento más tardío. Esto se puede deber a que las bajas temperaturas reducen la degradación respiratoria del malato en comparación con las vides control (Keller, 2015).

Poni *et al.* (2020) llevaron a cabo un estudio en Italia donde aplicaron forzados de yemas, para la variedad Pinot Noir, en plena floración, al principio del cuajado y en la fase de grano tamaño guisante. La maduración se retrasó de 7 a 13 días, siendo la más tardía la que mostró en la uva mayores valores de antocianinas, acidez total, fenoles y sólidos solubles totales. El pH disminuyó al efectuar el forzado. Cuanto más tardío se realizaba el forzado, más pequeñas eran las bayas y menor era el rendimiento. El forzado de yemas realizado en el cuajado fue el mejor en cuanto a la relación superficie foliar-rendimiento, pero también el que provocó un retraso menor de la maduración.

Comparando las diferentes investigaciones, se puede concluir que el mejor momento para llevar a cabo esta operación es después de la floración, cuando las yemas ya se han diferenciado, ya que, la composición de la uva se ha modificado de la misma manera en todos los casos (la acidez y el color de las uvas tiende a aumentar y el pH disminuye). Al aplicar el forzado de yemas después de la floración, la maduración se va a llevar a cabo bajo condiciones más frías, luchando contra el cambio climático, y se va a regular la maduración fenólica y la tecnológica de las bayas (Intrigliolo *et al.*, 2019).

Sin embargo, el forzado provoca una reducción del número y peso de racimos, y consecuentemente del rendimiento del viñedo. Para superar este obstáculo puede aumentarse el número de yemas forzadas por planta, que trae consigo un aumento del número de brotes, aunque esto provoca también una densidad mayor de brotes creando un microclima del follaje que puede reducir la acumulación de azúcar en la fruta y otros factores de la calidad (Benítez Guerrero *et al.*, 2016).

6. CONCLUSIONES

De la revisión bibliográfica realizada se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- La técnica de rebaje de pámpanos en torno al envero permite retrasar la maduración de la uva y conseguir que esta se lleve a cabo en unas condiciones ambientales más apropiadas. Sin embargo, es una operación que no se puede llevar a cabo todos los años porque comprometería el agostamiento de las cepas y las debilitaría mucho. Por otro lado el rebaje de pámpanos serviría para mejorar el estado hídrico de la vid cuando las temperaturas son muy altas y hay déficit hídrico.
- Aplicar en el viñedo un deshojado después de la fase de envero, eliminando al menos el 30% de las hojas puede servir para retrasar la maduración y reducir el contenido de azúcares en la uva, sin perjuicio en los rendimientos.
- El forzado de yemas francas es una operación de gran valor para luchar contra el cambio climático. Este tratamiento tiene la capacidad de retrasar la maduración aplicándolo en diferentes épocas, entre racimos separados y grano tamaño guisante. El retraso, es mayor cuanto más tarde se realiza el forzado, pudiendo llegar hasta dos meses. Se ha comprobado que la mejor etapa para la realización del forzado de yemas francas es la floración debido a que retrasa la maduración el máximo tiempo posible asegurando el correcto desarrollo del ciclo y la calidad de la uva. La gran desventaja de aplicar el forzado de yemas es que se produce una bajada del rendimiento del viñedo. El modo de paliar este problema es un tema clave para futuras investigaciones en relación con la técnica de forzado.

7. BIBLIOGRAFÍA

Abad, F. J., Marín, D., Loidi, M., Miranda, C., Royo, J. B., Urrestarazu, J. and Santesteban, L. G. (2019) 'Evaluation of the incidence of severe trimming on grapevine (*Vitis vinifera* L.) water consumption', *Agricultural Water Management*, 213, pp. 646–653. doi: 10.1016/j.agwat.2018.10.015.

Almanza-Merchán, P. J., Fischer, G., Serrano-Cely, P. A., Balaguera-López, H. E. and Galvis, J. A. (2011) 'Effects of leaf removal and cluster thinning on yield and quality of grapes (*Vitis vinifera* L., Riesling × Silvaner) in Corrales, Boyaca (Colombia)', *Agronomía Colombiana*, 29(1), pp. 35–42.

Archer, E. and Strauss, H. C. (2017) 'Effect of Shading on the Performance of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon', *South African Journal of Enology & Viticulture*, 10(2). doi: 10.21548/10-2-2290.

De Bei, R., Wang, X., Papagiannis, L., Fuentes, S., Gilliam, M., Tyerman, S. and Collins, C. (2020) 'Shoot thinning of Semillon in a hot climate did not improve yield and berry and wine quality', *Oeno One*, 54(3), pp. 469–484. doi: 10.20870/oenone.2020.54.3.2984.

Benítez Guerrero, A., García Martín, A. (dir. tes. . and Paniagua Simón, L. L. (dir. tes. . (2016) *Influencia de la poda mecanizada sobre la producción y calidad de la cosecha en un viñedo (ov. Tempranillo) en Lobón: Badajoz*. Universidad de Extremadura.

Bondada, B., Covarrubias, J. I., Tessarin, P., Boliani, A. C., Marodin, G. and Rombolà, A. D. (2016) 'Postveraison shoot trimming reduces cluster compactness without compromising fruit quality attributes in organically grown sangiovese grapevines', *American Journal of Enology and Viticulture*, 67(2), pp. 206–211. doi: 10.5344/ajev.2016.15058.

Böttcher, C., Burbidge, C. A., Boss, P. K. and Davies, C. (2013) 'Interactions between ethylene and auxin are crucial to the control of grape (*Vitis vinifera* L.) berry ripening', *BMC Plant Biology*, 13(1), pp. 1–14. doi: 10.1186/1471-2229-13-222.

Böttcher, C., Harvey, K., Forde, C. G., Boss, P. K. and Davies, C. (2011) 'Auxin treatment of pre-veraison grape (*Vitis vinifera* L.) berries both delays ripening and increases the synchronicity of sugar accumulation', *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 17(1), pp. 1–8. doi: 10.1111/j.1755-0238.2010.00110.x.

Bubola, M., Sivilotti, P., Diklić, K., Užila, Z., Palčić, I. and Plavša, T. (2017) 'Manipulation of "Teran" grape composition with severe shoot trimming and cluster thinning', in *Acta Horticulturae*. doi: 10.17660/ActaHortic.2017.1188.12.

Buesa, I., Caccavello, G., Basile, B., Merli, M., Poni, S., Chirivella, C. and Intrigliolo, D. (2016) *Ralentización del proceso de maduración en Bobal y Tempranillo mediante deshojado tardío y riego: efectos sobre la composición de la uva y del vino, II Jornadas de Viticultura*.

Buesa Pueyo, I., Pérez, D., Yeves, A., Sanz, F., Chirivella Romero, C. and Intrigliolo Molina, D. S. (2016) 'Poda tardía en Bobal y Tempranillo para retrasar el ciclo fenológico: respuesta agronómica y enológica', *II Jornadas de Viticultura : comunicaciones técnicas : Madrid, 3-4 de noviembre de 2016, 2016, ISBN 978-84-617-6515-7, págs. 373-377*, (November), pp. 373–377.

Buesa Pueyo, I., Pérez, D., Yeves, A., Sanz, F., Chirivella Romero, C. and Intrigliolo Molina, D. S. (2017) 'Efectos agronómicos y enológicos de la poda tardía en Bobal y Tempranillo', *Grandes Cultivos*.

Callendar, G. S. (1938) 'The artificial production of carbon dioxide and its influence on temperature', *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 64(275), pp. 223–240. doi: 10.1002/qj.49706427503.

Chaves, M. M., Zarrouk, O., Francisco, R., Costa, J. M., Santos, T., Regalado, A. P., Rodrigues, M. L. and Lopes, C. M. (2010) 'Grapevine under deficit irrigation: hints from physiological and molecular data.', *Annals of botany*. Oxford University Press, pp. 661–676. doi: 10.1093/aob/mcq030.

Ewert, F., Rounsevell, M. D. A., Reginster, I., Metzger, M. J. and Leemans, R. (2005) 'Future scenarios of European agricultural land use: I. Estimating changes in crop productivity', *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 107(2–3), pp. 101–116. doi: 10.1016/j.agee.2004.12.003.

Fereres, E. and Soriano, M. A. (2007) 'Deficit irrigation for reducing agricultural water use', in *Journal of Experimental Botany*, pp. 147–159. doi: 10.1093/jxb/erl165.

Gutiérrez-Gamboa, G., Zheng, W. and Martínez de Toda, F. (2021) 'Current viticultural techniques to mitigate the effects of global warming on grape and wine quality: A comprehensive review', *Food Research International*. Elsevier Ltd. doi: 10.1016/j.foodres.2020.109946.

Intrigliolo, D. S., Sanz, F., Yeves, A., Martínez, A. and Buesa, I. (2019) 'Manejo integral del viñedo para hacer frente al cambio climático Uso eficiente del riego y otras prácticas agronómicas', *El sector vitivinícola frente al desafío del cambio climático. Estrategias públicas y privadas de mitigación y adaptación en el Mediterráneo*, pp. 193–2020.

Jalmar, M. N. R., Ortiz, A., Azuara, M. and Leriche, C. (2014) 'Impacto del portainjerto y el deshojado en la composición de la uva de la variedad Marselan', *I Jornada del Grupo de Viticultura y Enología*, pp. 244–249.

Jones, G. V., White, M. A., Cooper, O. R. and Storchmann, K. (2005) 'Climate change and global wine quality', *Climatic Change*, 73(3), pp. 319–343. doi: 10.1007/s10584-005-4704-2.

Keller, M. (2015) *The Science of Grapevines: Anatomy and Physiology: Second Edition*, *The Science of Grapevines: Anatomy and Physiology: Second Edition*. doi: 10.1016/C2013-0-06797-7.

Lavado, N., Uriarte, D., Mancha, L. A., Moreno, D., Valdés, E. and Prieto, M. H. (2019) 'Effect of forcing vine regrowth on "Tempranillo" (*Vitis vinifera* L.) berry development and quality in Extremadura', *Vitis - Journal of Grapevine Research*, 58, pp. 135–142. doi: 10.5073/vitis.2019.58.special-issue.135-142.

Van Leeuwen, C., Friant, P., Choné, X., Tregoat, O., Koundouras, S. and Dubourdieu, D. (2004) 'Influence of climate, soil, and cultivar on terroir', *American Journal of Enology and Viticulture*.

Lobell, D. B., Field, C. B., Cahill, K. N. and Bonfils, C. (2006) 'Impacts of future climate change on California perennial crop yields: Model projections with climate and crop uncertainties', *Agricultural and Forest Meteorology*, 141(2–4), pp. 208–218. doi: 10.1016/j.agrformet.2006.10.006.

Martínez-Moreno, A., Sanz, F., Yeves, A., Gil-Muñoz, R., Martínez, V., Intrigliolo, D. S. and Buesa, I. (2019) 'Forcing bud growth by double-pruning as a technique to improve grape composition of *Vitis vinifera* L. cv. Tempranillo in a semi-arid Mediterranean climate', *Scientia Horticulturae*, 256. doi: 10.1016/j.scienta.2019.108614.

Martínez De Toda, F. (2020) 'Brotación forzada de nuevas yemas: una técnica para

retrasar, hasta dos meses, la maduración de la uva', *IVES Technical Reviews*.

Martínez De Toda, F., Garcia, J. and Balda, P. (2019) 'Preliminary results on forcing vine regrowth to delay ripening to a cooler period', *Vitis - Journal of Grapevine Research*, 58(1), pp. 17–22. doi: 10.5073/vitis.2019.58.17-22.

Martínez De Toda, F., Sancha, J. C. and Balda, P. (2013) 'Reducing the sugar and pH of the grape (*vitis vinifera* L. Cvs. "Grenache" and 'tempranillo') through a single shoot trimming', *South African Journal of Enology and Viticulture*. doi: 10.21548/34-2-1101.

Martínez De Toda, F., Sancha, J. C., Zheng, W. and Balda, P. (2014) 'Leaf area reduction by trimming, a growing technique to restore the anthocyanins: Sugars ratio decoupled by the warming climate', *Vitis - Journal of Grapevine Research*.

Morrison, J. C. and Noble, A. C. (1990) 'The Effects of Leaf and Cluster Shading on the Composition of Cabernet Sauvignon Grapes and on Fruit and Wine Sensory Properties', *American Journal of Enology and Viticulture*, 41(3).

Navarro O., M., Retamales A, J. and Defilippi B., B. (2001) 'Efecto del arreglo de racimo y aplicación de citoquinina sintética (CPPU) en la calidad de uva de mesa variedad Sultanina tratada con dos fuentes de giberelinas.', *Agricultura Técnica*, 61(1), pp. 15–25. doi: 10.4067/s0365-28072001000100002.

Nunez, C. (2019) 'Causes and effects of climate change'. Available at: NASA.com.

Palliotti, Alberto, Panara, F., Famiani, F., Sabbatini, P., Howell, G. S., Silvestroni, O. and Poni, S. (2013) 'Postveraison application of antitranspirant di-1-p-menthene to control sugar accumulation in sangiovese grapevines', *American Journal of Enology and Viticulture*, 64(3), pp. 378–385. doi: 10.5344/ajev.2013.13015.

Palliotti, A., Panara, F., Silvestroni, O., Lanari, V., Sabbatini, P., Howell, G. S., Gatti, M. and Poni, S. (2013) 'Influence of mechanical postveraison leaf removal apical to the cluster zone on delay of fruit ripening in Sangiovese (*Vitis vinifera* L.) grapevines', *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 19(3), pp. 369–377. doi: 10.1111/ajgw.12033.

Palliotti, A., Tombesi, S., Silvestroni, O., Lanari, V., Gatti, M. and Poni, S. (2014) 'Changes in vineyard establishment and canopy management urged by earlier climate-related grape ripening: A review', *Scientia Horticulturae*. Elsevier B.V., pp. 43–54. doi: 10.1016/j.scienta.2014.07.039.

Parker, A. K., Raw, V., Martin, D., Haycock, S., Sherman, E. and Trought, M. C. T. (2016) 'Reduced grapevine canopy size post-flowering via mechanical trimming alters ripening and yield of "Pinot noir"', *Vitis - Journal of Grapevine Research*, 55(1), pp. 1–9. doi: 10.5073/vitis.2016.55.1-9.

Payán-Ochoa, S., Morales-Maza, A., Valdez-Gascón, B., Martín-Rivera, M. H. and Ibarra-Flores, F. A. (2013) 'Programación del riego en vid (*vitis vinifera* L.) de mesa "perlette" y "sugraone" con sensores de humedad', *Revista Chapingo, Serie Horticultura*, 19(2), pp. 163–172. doi: 10.5154/r.rchsh.2012.04.024.

Poni, S., Gatti, M., Bernizzoni, F., Civardi, S., Bobeica, N., Magnanini, E. and Palliotti, A. (2013) 'Late leaf removal aimed at delaying ripening in cv. Sangiovese: Physiological assessment and vine performance', *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 19(3), pp. 378–387. doi: 10.1111/ajgw.12040.

Poni, S., Gatti, M., Tombesi, S., Squeri, C., Sabbatini, P., Rodas, N. L. and Frioni, T. (2020) 'Double cropping in *vitis vinifera* l. pinot noir: Myth or reality?', *Agronomy*, 10(6). doi: 10.3390/agronomy10060799.

Pou, A., Balda, P., Albacete, A. and Martínez De Toda, F. (2019) 'Forcing vine regrowth to delay ripening and its association to changes in the hormonal balance', *Vitis - Journal of Grapevine Research*, 58, pp. 95–101. doi: 10.5073/vitis.2019.58.special-issue.95-101.

Le Quéré, C., Jackson, R. B., Jones, M. W., Smith, A. J. P., Abernethy, S., Andrew, R. M., De-Gol, A. J., Willis, D. R., Shan, Y., Canadell, J. G., *et al.* (2020) 'Temporary reduction in daily global CO₂ emissions during the COVID-19 forced confinement', *Nature Climate Change*, 10(7), pp. 647–653. doi: 10.1038/s41558-020-0797-x.

Ramos, M. C. and Martínez de Toda, F. (2020) 'Variability in the potential effects of climate change on phenology and on grape composition of Tempranillo in three zones of the Rioja DOCa (Spain)', *European Journal of Agronomy*, 115. doi: 10.1016/j.eja.2020.126014.

Robinson, A. L., Mueller, M., Heymann, H., Ebeler, S. E., Boss, P. K., Solomon, P. S. and Trengove, R. D. (2010) 'Effect of Simulated Shipping Conditions on Sensory Attributes and Volatile Composition of Commercial White and Red Wines', *American Journal of Enology and Viticulture*, 61(3).

Ruiz, V. S. (2011) 'Advances in grape culture worldwide', *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(SPEC. ISSUE 1), pp. 131–143. doi: 10.1590/s0100-29452011000500016.

Santesteban, L. G., Miranda, C., Urrestarazu, J., Loidi, M., Royo, J. B. and Ollat, N. (2017) 'Severe trimming and enhanced competition of laterals as a tool to delay ripening in Tempranillo vineyards under semiarid conditions', *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 51(2), pp. 191–203. doi: 10.20870/oenone.2016.0.0.1583.

Soriano Benavent, H. (2020) *Impacto del cambio climático sobre la calidad de la uva de la variedad bobal en la D.O. Utiel-Requena*. Universitat Politècnica de València. Available at: <https://riunet.upv.es/handle/10251/157898> (Accessed: 1 June 2021).

Sun, Q., Sacks, G., Lerch, S. and Vanden Heuvel, J. E. (2011) 'Impact of shoot thinning and harvest date on yield components, fruit composition, and wine quality of Marechal Foch', *American Journal of Enology and Viticulture*, 62(1), pp. 32–41. doi: 10.5344/ajev.2010.10023.

Valentini, G., Allegro, G., Pastore, C., Colucci, E. and Filippetti, I. (2019) 'Post-veraison trimming slow down sugar accumulation without modifying phenolic ripening in Sangiovese vines', *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(3), pp. 1358–1365. doi: 10.1002/jsfa.9311.

Williams, L. E. and Ayars, J. E. (2005) 'Grapevine water use and the crop coefficient are linear functions of the shaded area measured beneath the canopy', *Agricultural and Forest Meteorology*, 132(3–4), pp. 201–211. doi: 10.1016/j.agrformet.2005.07.010.

Ziliotto, F., Corso, M., Rizzini, F. M., Rasori, A., Botton, A. and Bonghi, C. (2012) 'Grape berry ripening delay induced by a pre-veraison NAA treatment is paralleled by a shift in the expression pattern of auxin- and ethylene-related genes', *BMC Plant Biology*, 12(1), pp. 1–15. doi: 10.1186/1471-2229-12-185.

