

Universidad Pública de Navarra

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TECNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS AGRONOMOS**

*NEKAZARITZAKO INGENIARIEN
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKOA*

Ensayo de técnicas de cultivo para propiciar una mejor sincronía entre la madurez fenólica y la sacarimétrica

presentado por

Mikel González Pascual

aurkeztua

GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL

*GRADUA NEKAZARITZAKO ELIKAGAIEN ETA LANDA INGURUNEAREN
INGENIARITZAN*

Junio 2015

Universidad Pública de Navarra

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TECNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS AGRONOMOS**

*NEKAZARITZAKO INGENIARIEN
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKOA*

Ensayo de técnicas de cultivo para propiciar una mejor sincronía entre la madurez fenólica y la sacarimétrica

presentado por

Mikel González Pascual

dirigido por

Luis Gonzaga Santesteban García

Junio 2015

Agradecimientos

En primer lugar quiero expresar mi agradecimiento a mi director del Trabajo Gonzaga Santesteban, por su disposición, orientación y ayuda en la realización del mismo.

También agradecer a todas las personas del Departamento de Producción Vegetal que han participado de alguna manera en este Trabajo, pero más concretamente a Inés, Maite, Olatz, Ibai y Elena por su ayuda tanto en la etapa de campo como de laboratorio.

Por último, dar las gracias a toda mi familia y en especial a mis padres y abuelos por el apoyo que me han dado en todo momento.

Resumen

La viña es un cultivo perenne a la cual el clima le influye de manera importante en su rendimiento, calidad de sus frutos y vino. Por ello, el aumento de las temperaturas y la disminución de las precipitaciones, debido al cambio climático, hace que a la hora de la cosecha se encuentren uvas con una elevada concentración alcohólica y alto pH, pero con pieles y semillas inmaduras.

En este Trabajo, que corresponde al primer año de campaña, se han evaluado diferentes técnicas para que la madurez sacarimétrica y la fenólica ocurran al mismo tiempo. En uno de los ensayos, se han utilizado diferentes manejos de la vegetación y en el otro, se ha probado la técnica del despunte severo con diferentes dosis de riego.

En el ensayo de diferentes manejos de vegetación, se ha conseguido disminuir la temperatura de los racimos a la hora de la tarde, pero no ha supuesto un gran retraso en la maduración.

Sin embargo, en el ensayo del despunte con distintas dosis de riego, se ha conseguido retrasar la fecha de envero una semana y la evolución de la maduración de estas uvas.

Palabras clave: Cambio climático, concentración alcohólica, madurez sacarimétrica, madurez fenólica, despunte.

Abstract

Vine is a perennial crop whose yield is strongly influenced by climate, quality of its fruits and wine. Because of that, the increase of temperatures as well as the decrease of rainfall, due the climate change, implies that at harvest time there are grapes with elevated alcohol concentration and high pH, but with unripe seeds and skin.

In this work, which corresponds to the first year of the season, several techniques to achieve that sugar and phenolic ripeness occur at the same time have been used. In one experiment, different managements of canopy have been applied and in the other one, the technique of severe shoot trimming with different irrigation doses have been tested.

In the essay of canopy managements, it has reached to decrease the temperature of the bunches in the afternoon, but it has not led a great delay in the ripeness.

However, in the experiment of shoot trimming with different irrigation doses, it has managed postponing the veraison date a week and the ripeness evolution of these grapes.

Key words: Climate change, alcohol concentration, sugar ripeness, phenolic ripeness, shoot trimming

Índice general

1-	INTRODUCCIÓN	13
1.1-	Antecedentes	13
1.1.1-	Ciclo interanual.....	13
1.1.2-	Ciclo anual	13
1.2-	Factores climáticos que afectan a la vid	15
1.3-	Maduración	16
1.4-	Operaciones en verde	24
1.5-	El cambio climático.....	25
1.5.1-	Temperatura.....	25
1.5.2-	Precipitaciones	26
1.5.3-	Emisiones de CO ₂ , N ₂ O y CH ₄	27
1.5.4-	Cambio climático en el futuro	28
1.5.5-	Cambio climático en España.....	29
1.6-	Ensayos realizados en vid con diferentes factores climáticos	32
1.6.1-	Temperatura.....	33
1.6.2-	Insolación	35
1.6.3-	Agua.....	35
1.6.4-	CO ₂	36
1.6.5-	Interacción entre factores.....	37
1.6.6-	Manejo de vegetación.....	38
2-	OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN	41
2.1-	Objetivo del trabajo	41
2.2-	Justificación del trabajo.....	41
3-	MATERIAL Y MÉTODO	43
3.1-	Material vegetal	43
3.2-	Material instrumental	43
3.3-	Diseño del ensayo	44
3.3.1-	Ensayo 1: Manejo de la vegetación.....	44
3.3.2-	Ensayo 2: Modificación de los ritmos de maduración propiciando la competencia con los ápices a través de la técnica del despunte y del riego.....	44

3.4-	Método.....	45
3.4.1-	Evaluación del estrés hídrico de las plantas.....	45
3.4.2-	Evaluación del rendimiento de las cepas y peso de la uva	46
3.4.3-	Evaluación de los parámetros básicos de calidad	46
3.4.4-	Evaluación de los parámetros de madurez fenólica	46
4-	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
4.1-	Ensayo 1: manejo de la vegetación	47
4.1.1-	Efecto de la inclinación de la vegetación sobre la temperatura de los racimos	47
4.1.2-	Efecto de la inclinación de la vegetación sobre el estado hídrico de las cepas	49
4.1.3-	Efecto de la inclinación de la vegetación sobre la evolución del envero	49
4.1.4-	Efecto de la inclinación de la vegetación sobre el rendimiento y sobre el desarrollo de las bayas	50
4.1.5-	Efecto de la inclinación de la vegetación sobre la evolución de la maduración	52
4.2-	Ensayo 2: efecto del despunte severo y la aplicación de riego.....	56
4.2.1-	Efecto del despunte severo y la aplicación de riego sobre el estado hídrico de las cepas.....	56
4.2.2-	Efecto del despunte severo y la aplicación de riego sobre la evolución del envero.	57
4.2.3-	Efecto del despunte severo y la aplicación de riego sobre el rendimiento y sobre el desarrollo de las bayas	58
4.2.4-	Efecto del despunte severo y la aplicación de riego sobre la evolución de la maduración	59
4.3-	Discusión final	64
5-	CONCLUSIONES	65
6-	BIBLIOGRAFÍA	67

Índice de figuras

Figura 1. Evolución peso de las bayas	17
Figura 2. Evolución de la concentración de antocianos y taninos en el hollejo y pepitas durante la maduración.	21
Figura 3. Cambio de temperaturas mundial (°C) 1901-2012	26
Figura 4. Tendencias de las precipitaciones mundiales (GPCC).....	27
Figura 5. Evolución CO ₂ atmosférico (ppm).....	27
Figura 6. Cambios de temperatura (°C) para diferentes escenarios futuros.....	28
Figura 7. Cambios de precipitación (%) para diferentes escenarios futuros	28
Figura 8. Evolución de las temperaturas medias para diferentes escenarios (°C)..	30
Figura 9. Aumento de la temperatura media (°C) del escenario base (1951-2000) al escenario futuro A1B (2041-2050).....	31
Figura 10. Evolución de las precipitaciones anuales en mm para distintas proyecciones.....	31
Figura 11. Variación de la precipitación en la península en porcentaje.....	32
Figura 12. Evolución diaria del diferencial de temperatura (°C) respecto al testigo de las cepas en las que no se recogía la vegetación de la cara oeste o se inclinaba la vegetación.....	48
Figura 13. Efecto de la inclinación de la vegetación sobre la evolución del potencial hídrico xilemático a mediodía solar.....	49
Figura 14. Efecto de la inclinación de la espaldera sobre la evolución del envero.....	50
Figura 15. Efecto de la inclinación de la espaldera sobre el rendimiento y el número de racimos.....	51
Figura 16. Efecto de la inclinación de la vegetación sobre el desarrollo de las bayas.....	52
Figura 17. Efecto de la inclinación de la vegetación sobre la evolución de la maduración: A) Grado alcohólico, B) Acidez total, C) pH, D) Ácido málico, E) Ácido tartárico, F) Nitrógeno fácilmente asimilable y G) Potasio. .	54
Figura 18. Efecto de la inclinación de la vegetación sobre la madurez fenólica: A) Antocianos totales, B) Índice de polifenoles totales (IPT), C) Color probable en embotellado e D) Índice de madurez fenólica.....	55
Figura 19. Efecto del despunte severo y la aplicación de riego sobre la evolución del potencial hídrico xilemático a mediodía solar.....	56
Figura 20. Efecto del despunte severo y la aplicación de riego sobre la evolución del envero.....	57
Figura 21. Efecto de la inclinación de la espaldera sobre el rendimiento y el número de racimos.....	58
Figura 22. Efecto del despunte severo y la aplicación de riego sobre el desarrollo de las bayas.....	59
Figura 23. Efecto del despunte severo y la aplicación de riego sobre la evolución de la maduración: A) Grado alcohólico, B) Acidez total, C) pH, D) Ácido málico, E) Ácido tartárico, F) Nitrógeno fácilmente asimilable y G) Potasio.....	61
Figura 24. Efecto del despunte y la aplicación de riego sobre la madurez fenólica: A) Antocianos totales, B) Índice de polifenoles totales (IPT), C) Color probable en embotellado e D) Índice de madurez fenólica.....	62

Índice de tablas

Tabla 1. Descripción de los tratamientos realizados en el Ensayo 1. 44

Tabla 2. Descripción de los tratamientos realizados en el Ensayo 2. 45

1- INTRODUCCIÓN

1.1- Antecedentes

1.1.1- Ciclo interanual

La vid (*Vitis vinifera L.*) es una planta leñosa perenne, su desarrollo se produce a través de los años siguiendo un ciclo vegetativo interanual, pero también en su hábitat natural sigue un ciclo vegetativo anual propio. Este pasa por cuatro periodos (Hidalgo y Hidalgo, 2011).

- **Crecimiento y formación:** la planta se desarrolla sin tener prácticamente producción. Esta fase dura unos tres años.
- **Desarrollo de la planta:** adquiere la forma adulta con producciones que van aumentando en cantidad y calidad, con una duración de siete a diez años.
- **Periodo productivo:** se estabiliza la producción, con arreglo al potencial vegetativo, las posibilidades intrínsecas de las plantas y los medios de producción que se la aplican, con una duración de cuarenta años o más desde plantación.
- **Periodo de envejecimiento:** se disminuyen las producciones y la calidad aumenta. Además se observa un gran tamaño de tronco, deterioro de la parte aérea con la desaparición de brazos y pulgares, heridas de poda y un pobre desarrollo radicular.

1.1.2- Ciclo anual

El ciclo vegetativo anual en el hemisferio norte y con clima mediterráneo, comienza a principios de primavera con la brotación y termina en otoño con la caída de la hoja. A continuación se aprecian las diferentes fases por las que pasa este ciclo anual (Hidalgo y Hidalgo, 2011).

- **Lloro:** primera manifestación externa de actividad de la planta. Después del reposo invernal, aparece el lloro que fluye por las heridas de poda y muestra el comienzo de la actividad del sistema radicular, por una activación de la respiración celular, una recuperación de la absorción de agua y de elementos minerales, así como una movilización de las reservas de la propia planta.
- **Brotación:** la raíz moviliza la savia elaborada de ella misma hacia los conos vegetativos de las yemas, así como el cambium situado bajo ellas, y después alcanza el nudo y los entrenudos. La yema, por crecimiento del cono o conos que encierra, se hincha hasta la separación de las escamas que recubren aquéllos, apareciendo borra, y a continuación los órganos verdes. La brotación de las yemas es debida a la multiplicación y al agrandamiento celular del meristemo terminal de sus conos vegetativos entre finales de invierno y principios de primavera.

- **Desarrollo y crecimiento de pámpanos y hojas:** el desarrollo de los pámpanos se debe a la actividad sumatoria del meristemo terminal de las yemas latentes y de las primicias de entrenudos, hojas, zarcillos y racimos que contienen, comenzando por el de los entrenudos existentes, produciendo nuevas células que se diferencian en los diferentes órganos del pámpano. El crecimiento es resultado de dos procesos fisiológicos distintos: meresis (multiplicación celular en los meristemos terminales) y aurexis (alargamiento celular). Las hojas se desarrollan a partir de un conjunto de células indiferenciadas llamadas *primordium foliar*.
- **Formación de yemas latentes:** a partir de estas se formarán las inflorescencias. Tienen su iniciación y desarrollo en el ciclo precedente al de su floración, comenzando por las yemas de la base del pámpano y prosiguiendo gradualmente a lo largo de este. No todas las yemas latentes dan lugar a yemas fértiles, sino que algunas evolucionarán a yemas infértiles. Todas estas pasan por las fases de predormición, dormición y postdormición.
- **Floración:** las inflorescencias se manifiestan algunos días después de iniciarse la brotación de las yemas fructíferas, mostrando primero una pequeña masa de color verde o rojo según variedades. La floración tiene lugar durante el período de fin de la primavera y comienzo del verano, meses de mayo o junio, momento en el cual las temperaturas medias diarias superan los 15°C o 16°C, además no se produce a la vez en toda la parcela, tendiendo a durar entre ocho y quince días.
- **Polinización:** consiste en la liberación y transporte del polen. Puede ser cruzada, de una flor a otra (alogamia) o directa por autopolinización (autogamia). La mayoría de las vides cultivadas son hermafroditas y por tanto autógamas, aunque también puede darse en ellas la alogamia (Reynier, 2013).
- **Fecundación:** es anemófila y es doble, la de la oosfera y la de los núcleos polares. Una temperatura de unos 21°C, con tiempo seco y ligero viento es sumamente favorable; por el contrario temperaturas inferiores a 15°C o 16°C o superiores a 30°C o 35°C, acompañadas de frío y lluvia, retardan la abertura y desprendimiento de la corola provocando desigualdades de maduración de polen y óvulos o lavando el líquido azucarado de la superficie del estigma, haciendo que el polen germine mal o no lo haga.
- **Cuajado:** es la transformación de las flores en frutos. La mayoría de las flores fecundadas dan lugar a frutos, y se dice que cuajan, mientras que un cierto número de flores no polinizadas y de ovarios fecundados se caen. La tasa de cuajado es relativamente escasa incluso si no hay ninguna alteración, del orden del 25% al 50% (Reynier, 2013).

Tras todo esto llegamos al desarrollo de la uva, que se caracteriza por una curva de crecimiento sigmoideal doble en las que se distinguen tres fases claramente (Blouin y Guimberteau, 2004).

- Fase I: de crecimiento rápido de la baya debido a la elevada división celular. En la primera fase de su desarrollo, la baya funciona como un órgano verde, está provista de clorofila; y de ahí que se le denomine periodo herbáceo. Su crecimiento tiene una estrecha correlación con la riqueza de diferentes hormonas como auxinas, citoquininas y giberelinas.
- Fase II: la disminución importante en la síntesis de hormonas de crecimiento marca el inicio de la segunda fase del desarrollo de las bayas, que es muy lento o casi nulo; las pepitas dejan de crecer e incluso pierden un poco de peso. Se trata de un periodo de ralentización del crecimiento como consecuencia de la finalización de la división celular, al final de esta fase se produce el envero.
- Fase III: durante la maduración, el aumento de volumen de la baya vuelve a ser rápido. Ya no depende de la multiplicación celular, como en las primeras fases que siguen al cuajado, sino, preferentemente, del aumento de tamaño de las células. La baya crece de forma importante del envero a la vendimia. Este crecimiento es también debido a una distensión celular por el aflujo de azúcares y agua.

Por último quedaría la explicación del proceso de maduración de las uvas, pero como es considerado relevante en este Trabajo de Fin de Grado se desarrollará en otro apartado.

1.2- Factores climáticos que afectan a la vid

Dentro de los factores permanentes de la producción de uva, el clima es posiblemente el que determina con mayor intensidad las posibilidades y la vocación vitícola del medio, en relación con las exigencias de las variedades de vid cultivadas y los destinos de la producción (Hidalgo y Hidalgo, 2011).

La vid tiene unas exigencias climáticas bien determinadas, definidas fundamentalmente por las temperaturas, la insolación, y las lluvias. La vid es una planta exigente en calor y sensible a las heladas de invierno y de primavera, no solamente para su desarrollo vegetativo, sino para la maduración de sus frutos, que precisan de una iluminación y temperaturas adecuadamente altas (Hidalgo y Hidalgo, 2011).

Para el cultivo de *Vitis vinífera* se considera que las temperaturas medias anuales no deben ser inferiores a los 9°C, situándose el óptimo entre 11°C y 18°C, con máximos sensiblemente más elevados, que pueden llegar en valor absoluto a sobrepasar los 40°C, e incluso circunstancialmente los 45°C. Las temperaturas de 38-40° C son bien soportadas, aunque con ellas es posible accidentes como los llamados golpe de sol, asurado, escaldado, etc., debidos, en parte, al menos, a un fuerte desequilibrio entre la absorción de agua por las raíces y la exageradísima transpiración de los órganos aéreos. Cuando las temperaturas son superiores a los 42°C se

producen desecaciones y pardeamiento en las hojas y los racimos, y con temperaturas superiores a los 55°C la planta muere, incluso los órganos agostados. Existe, pues, una íntima relación entre las altas temperaturas y la disponibilidad de agua por el sistema radicular, agravando el proceso una sequedad del suelo, manifestando externa y principalmente en las hojas (Hidalgo y Hidalgo, 2011).

La temperatura tiene poca influencia sobre la vid durante su reposo invernal, ya que en esta época admite temperaturas extremas, resistiendo bastante bien las heladas. Por el contrario, las heladas de primavera a menudo causan estragos importantes sobre los órganos vegetativos una vez que estos han abandonado la latencia invernal (Andrades y González, 1995).

En periodo de vegetación la vid se hiela hacia los 1°C - 1,5°C bajo cero, resistiendo en el periodo de reposo invernal hasta los -15°C. Por estas circunstancias, el cultivo de la vid se realiza entre los paralelos de 30º y 50º de latitud norte, y los 30º y 40º de latitud sur (Hidalgo y Hidalgo, 2011).

La abundancia o escasez de agua es de suma importancia para la viabilidad de la vid, para el desarrollo del fruto y para la calidad del vino. Las lluvias de invierno no tienen influencia directa sobre la fisiología de la vid. Penetran en el suelo donde se retienen en parte, mientras que el excedente, drenado en profundidad alimenta las capas freáticas. El agua retenida en el suelo constituye una reserva que se utilizará para alimentar a las raíces, por lo que produce un efecto a largo plazo sobre la fisiología de la vid. Las lluvias de comienzo de verano, siempre que no sean excesivas, permiten un buen desarrollo del aparato vegetativo y tienen un efecto favorable sobre el tamaño de los granos (Winkler, 1978; citado por Andrades y González, 1995). Los veranos deben ser cálidos y secos, por ello, como anteriormente se indicó, la reserva hídrica del suelo tiene gran importancia. Se considera que pluviosidades entre los 250 y 300 mm repartidos de abril a septiembre, son más favorables para la consecución de vinos de buena calidad (Andrades y González, 1995).

1.3- Maduración

La maduración es una fase del ciclo reproductor de la uva que dura entre 40 y 53 días, abarcando desde el envero, momento del cambio de color de la baya, hasta la madurez. Este periodo se caracteriza por una serie de cambios físico-químicos que se producen gradualmente, de forma no homogénea (Huglin, 1986), y que determinan la calidad de la uva y la del futuro vino (Andrades y González, 1995).

Cambios físicos:

- **Peso y volumen:** el crecimiento de las bayas pasa de unas decenas de miligramos en el cuajado a uno, dos o incluso tres gramos, como podemos observar en la Figura 1. Todo esto depende del tipo de variedad de vid al que nos estemos refiriendo (Bloiun y Guimberteau, 2004).



Figura 1. Evolución peso de las bayas. Fuente: Blouin y Guimberteau, (2004).

Desde el envero, a lo largo del periodo de maduración, la baya alcanza su tamaño y forma definitiva sufriendo aumentos de peso y volumen de hasta un 40%. Este fenómeno se debe principalmente al aporte continuo de agua hacia el fruto, siempre que las condiciones edáficas sean favorables para ello, y a una acumulación de azúcares y otras sustancias de reserva (Andrades y González, 1995). Una vez alcanzada la madurez, se observa una estabilización e incluso una disminución del valor de estos parámetros debido, esencialmente, a un aumento de la transpiración del fruto (Hrazina et al., 1984).

La calidad de la uva es altamente dependiente en el tamaño de la baya y el tamaño del racimo ya que puede concentrar (si el tamaño es reducido) o diluir (si el tamaño aumenta) los constituyentes de la baya (Ojeda et al., 2002).

Sobre el tamaño del racimo influye el sombreado y la temperatura, y es conocida la dependencia de luz y temperatura sobre unos cuantos constituyentes de la uva (Blouin and Guimberteau, 2004).

- **Rigidez:** la rigidez de la piel y de la pulpa disminuye al aumentar el estado de maduración ya que la baya a lo largo de la maduración se va haciendo menos dura por hidrólisis de las sustancias pécticas de la pared celular. Este fenómeno implica un aumento de jugosidad de la baya, menor dureza de la pulpa, menor resistencia a la rotura y aplastamiento, y mayor índice de desprendimiento de la baya del racimo (Andrades y González, 1995).
- **Densidad:** la densidad del mosto aumenta a lo largo de la maduración por acúmulo de sólidos solubles. Algunos de estos sólidos solubles como el malato, la glucosa y la fructosa, se acumulan masivamente en la pulpa desde el envero, produciendo un aumento de la densidad del jugo vacuolar. También observa la existencia de gradientes de concentración desde la epidermis al centro de la baya (Andrades y González, 1995).

- **Acidez y pH:** la composición ácida de la baya presenta una fuerte heterogeneidad según la parte de la uva que se considere. La acidez total es siempre mayor en la pulpa que en el hollejo debido a la fuerte salificación de los ácidos en la piel de la baya. En el momento de la vendimia, la acidez de la uva sana procede, en más de un 95%, de los ácidos tartárico, málico y cítrico (Bloiun y Guimberteau, 2004).

Numerosos trabajos confirman el descenso de la acidez total a lo largo de la maduración de la uva. En general, este fenómeno tiene lugar más rápidamente en la pulpa que en el hollejo (Andrades y González, 1995).

La concentración del ácido málico desciende de forma rápida y pronunciada durante la maduración, mientras que la de ácido tartárico desciende lentamente o se mantiene constante según la variedad (Bloiun y Guimberteau, 2004).

El ácido tartárico es producto del metabolismo de azúcares, es sintetizado en cantidades importantes en las hojas muy jóvenes y en las bayas verdes; es decir, en los órganos en vías de crecimiento. A continuación, su formación disminuye rápidamente, para ser muy baja a partir del envero. Una vez que se ha formado en la planta, el ácido tartárico se acumula sin sufrir importantes transformaciones; su metabolismo es muy lento. El ácido tartárico se trata de un ácido fuerte, con lo que el pH del vino depende mucho de la riqueza en ácido tartárico y por consiguiente de la uva. El contenido en ácido tartárico, en la madurez, varía de tres a nueve gramos por litro según las variedades y las condiciones ambientales, especialmente la alimentación en agua de la vid (Bloiun y Guimberteau, 2004).

El ácido málico se acumula en la uva durante el periodo herbáceo y su origen se encuentra en los glúcidos. En la baya, la concentración de ácido málico es máxima cerca del envero de 17 a 23 g/l. A partir de este estado, y durante toda la maduración, la degradación es más intensa que la síntesis y se produce una disminución, más o menos rápida, del contenido en ácido málico en función, principalmente, de la temperatura de la uva. El contenido en uvas maduras varía mucho según la variedad y la temperatura durante la maduración: en zonas templadas frescas, su concentración en el mosto oscila entre cuatro y ocho g/l y en zonas cálidas de uno a dos g/l (Bloiun y Guimberteau, 2004).

Es de sobra sabido que la uva cosechada en regiones frías es siempre más rica en ácido málico que la de regiones cálidas; lo mismo sucede con la uva situada en la sombra de las hojas y las que están expuestas al sol. La influencia de la temperatura se explica por el hecho que, a medida que esta aumenta, las necesidades energéticas crecen y, para mantenerla producción de energía, la célula recurre al ácido málico almacenado con anterioridad. También parece que la elevación de la temperatura de las bayas estimula más la actividad enzimática responsable, durante la maduración, de la degradación del ácido málico (enzima málico) que la del implicado en la síntesis (fosfoenol piruvato carboxilasa). Paralelamente a la degradación del ácido málico durante la maduración, hay

que señalar su transformación en glucosa por glucogénesis a lo largo del mismo periodo. Esta formación es relativamente poco importante y no permite explicar la acumulación de azúcares al final de la maduración (Bloiun y Guimberteau, 2004).

El ácido fosfórico, al contrario que los ácidos málico y tartárico, se acumulan a lo largo del periodo de maduración (Hrazdina et al., 1984). Todos los autores señalan el aumento del pH como consecuencia directa de la disminución del contenido de ácidos del fruto, así como de la neutralización de los ácidos mayoritarios formando sales (Andrades y González, 1995).

Por último también está presente el ácido cítrico, que en mostos de uva sana, su contenido es del orden de 150 a 300 mg/l (Bloiun y Guimberteau, 2004).

- **Azúcares:** los azúcares proceden de la fotosíntesis. Este proceso biológico tiene lugar en todos los órganos provistos de clorofila, principalmente en las hojas. Los azúcares elaborados por las hojas son utilizados en primer lugar para satisfacer sus necesidades. Los azúcares no consumidos son distribuidos a los demás órganos: yemas, pámpanos, tronco, raíces y uvas, siguiendo un orden de prioridad distinto durante la evolución del ciclo vegetativo. Los azúcares sintetizados por las hojas, migran a través del floema hacia las uvas en forma de sacarosa exclusivamente. Llegada a la baya, la sacarosa es entonces hidrolizada en glucosa y fructosa por dos invertasas, una fijada en la membrana plasmática y otra presente en la vacuola. En el envero, la uva se convierte en un centro de demanda prioritario (Bloiun y Guimberteau, 2004).

El contenido de azúcares y de sólidos solubles aumenta con el estado de maduración, coincidiendo su máximo con el mayor peso del fruto (Navarro et al., 1987; citado por Andrades y González, 1995). Muchos de estos estudios indican que la glucosa predomina en la uva inmadura, que la razón glucosa/fructosa en uvas maduras es próxima a la unidad y que la fructosa constituye el azúcar mayoritario en uvas sobremaduras. Por ello, esta relación se ha usado ampliamente para determinar el índice de madurez (Catalina et al., 1982; citado por Andrades y González, 1995).

Durante la maduración, las bayas continúan acumulando azúcares pero mucho más despacio que en el momento del envero. Durante los primeros veinte días después del final del envero, los azúcares aumentan rápidamente. Su acumulación es más rápida que el aumento de volumen de la baya. A continuación, la migración es más lenta y a menudo, durante los últimos días previos a la vendimia, el contenido medio en azúcar ya no aumenta; puede incluso disminuir levemente (Bloiun y Guimberteau, 2004).

Compuestos fenólicos: estos son productos secundarios del catabolismo de los azúcares. Se forman en todos los órganos de la vid, y desde el comienzo de su desarrollo. Son sintetizados en el citoplasma y migran a continuación. La enzima fenilalanina aminolasa, es

la clave de la acumulación de compuestos fenólicos en la uva (Bloiu y Guimberteau, 2004).

Estos compuestos se localizan principalmente en las partes sólidas de la misma (hollejo, pepita y raspón), por ello, las distintas técnicas de bodega influyen en la cantidad y composición de fenoles del vino (Andrades y González, 1995). Las concentraciones y proporciones en que se encuentran en las distintas partes de la uva son diferentes. Según Bourzeix et al. (1983) citado por Andrades y González, (1995) habla que los compuestos fenólicos se ubican preferentemente en las semillas (38%) y el hollejo (36%), en menor medida en el raspón (20%) y muy escasamente en la pulpa (6%).

Los compuestos fenólicos presentan una importancia enológica indiscutible, intervienen en los caracteres sensoriales del vino, son sustrato de ciertas transformaciones que se producen durante la crianza y además, tienen propiedades fisiológicas tales como efecto vitamínico P, acción bactericida y bacteriostática y propiedad antitóxica, entre otras (Andrades y González, 1995).

Los taninos son los responsables de la estructura, astringencia y amargor de los vinos tintos. Comprenden un gran número de compuestos, con estructuras variadas, que poseen la propiedad de reaccionar con las proteínas para producir combinaciones estables, de ahí su uso para el curtido de la piel. En la uva, los taninos están presentes en todas las partes sólidas: raspón, pepita y hollejo. Estudios muestran que, en las pepitas, los taninos están esencialmente localizados en las cubiertas externas e internas; son abundantes y están relativamente poco polimerizados, por lo que presentan una elevada astringencia (Bloiu y Guimberteau, 2004).

Los antocianos son los pigmentos rojos presentes en gran número de flores y frutas y los responsables del color del mosto y vino. Esta familia comprende varios compuestos; en la uva, se han identificado alrededor de veinte. Se encuentran fundamentalmente localizados en el jugo vacuolar de las células del hollejo, y más concretamente en las tres o cuatro primeras capas de células de la epidermis. En función de las variedades, los contenidos totales en pigmento antociánico varían de 0,5 a 3 g/kg. El monoglucósido de la malvidina (malvina) es el pigmento antociánico mayoritario de casi todas las variedades (Bloiu y Guimberteau, 2004).

Los ácidos fenólicos, en la uva, están representados por los ácidos cinámicos, entre los cuales la mayoría están esterificados, fundamentalmente por el ácido tartárico, y por los ácidos benzoicos. Estos ácidos se localizan en las vacuolas de las células tanto de la pulpa como del hollejo. En estas últimas es donde son más abundantes; su concentración varía de unas décimas de mg a un mg por gramo de hollejo fresco según las variedades (Bloiu y Guimberteau, 2004).

En general, los compuestos fenólicos totales aumentan a lo largo de la maduración, en el hollejo se produce un aumento considerable hasta una semana antes de la vendimia,

mientras que en la pepita este aumento se produce unas tres semanas antes, descendiendo a continuación el nivel de estos compuestos. La acumulación de compuestos fenólicos totales ocurre en tres etapas bien definidas: una primera de crecimiento rápido, seguida de una fase de estacionamiento y ligero descenso y una última de crecimiento más lento que la primera (Ribéreau-Gayon, 1972; citado por Andrades y González, 1995). El crecimiento sigue la misma pauta en variedades blancas y tintas, presentando las últimas mayores contenidos fenólicos, debido a la presencia de compuestos antocíánicos confirmado por Carroll et al. (1982).

En los hollejos, los antocianos son sintetizados por la planta y se acumulan en el hollejo a partir del envero. Alcanzan generalmente su valor más alto cuando la relación azúcares/ acidez en el mosto es máxima, como se puede ver en la Figura 2; al final del periodo de maduración o al principio de la sobremaduración, se produce generalmente una leve disminución de los antocianos (Hidalgo y Hidalgo, 2011).

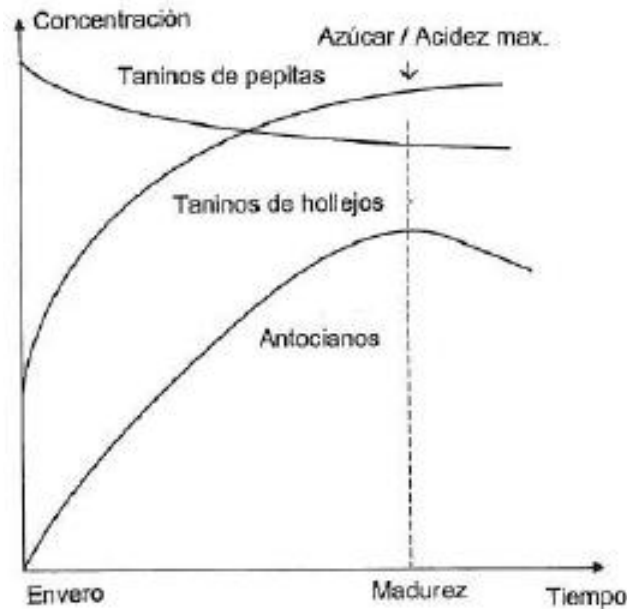


Figura 2. Evolución de la concentración de antocianos y taninos en el hollejo y pepitas durante la maduración. Fuente: Blouin y Guimberteau, (2004).

Su evolución durante el periodo de maduración está influenciada por determinados parámetros como la temperatura, las precipitaciones y el grado de luminosidad. También pueden influir otros factores como la poda, riego o la fertilización (Blouin y Guimberteau, 2004).

En cuanto al contenido en taninos, debemos distinguir los presentes en el hollejo y los presentes en las pepitas. La concentración de los taninos del hollejo se incrementa

durante la maduración, aunque su acumulación es más lenta que los antocianos, y su máximo se alcanza unos días después. En las pepitas, el contenido en taninos alcanza su máximo antes del envero para disminuir después hasta la madurez fisiológica de la baya, como se muestra en la Figura 2 (Hidalgo y Hidalgo, 2011).

Aunque se asume que la síntesis completa de taninos en las bayas en gran parte se produce en envero tras finalizar la segunda fase (Hanlin and Downey, 2009; citado por Salazar-Parra et al., 2011), algunos trabajos dicen que las uvas siguen acumulando taninos hasta la cosecha (Esteban et al., 2001; citado por Salazar-Parra et al., 2011).

Los taninos de las pepitas son proantocianidinas de bajo grado de polimerización, presentando por lo tanto sensaciones sensoriales de notable acidez y astringencia. Los taninos de los raspones están también poco polimerizados y su contenido permanece bastante estable durante el periodo de maduración. Sin embargo, los taninos del hollejo, presentan estructuras más complejas, con altos grados de polimerización que varían poco durante la maduración uniéndose a las proteínas y polisacáridos del hollejo, comunicando sensaciones sensoriales muy apreciadas de tipo más suaves, carnosas y grasas (Hidalgo y Hidalgo, 2011).

- **Compuestos volátiles:** existen varios cientos de compuestos químicos, normalmente presentes en concentraciones muy bajas, relacionados con la calidad, la finura y la tipicidad del aroma de un vino. La mayoría son de naturaleza terpénica, teniendo gran importancia también los alcoholes y aldehídos de seis átomos de carbono (Blois y Guimberteau, 2004). Los terpenos son muy abundantes en el reino vegetal y presentan un verdadero interés olfativo, se sintetizan en la baya, localizándose, principalmente, en la piel. A partir del envero, siguen unas curvas de evolución características, no coincidiendo su máximo contenido con el de azúcares (Boidron et al., 1987; citado por Andrades y González, 1995). Estos autores describen cinco fases, una primera de acumulación rápida, seguida de una ralentización e incluso parada en la síntesis, después otra donde se alcanza el máximo aromático a la que le siguen dos etapas de disminución de la concentración, una rápida, al final de la maduración, y una lenta, típica de la postmaduración.
- **Fracción mineral:** el elemento mineral más característico de la uva es el potasio. Le sigue en concentración el calcio, luego el magnesio y, por último, el sodio, cuya concentración suele ser muy baja, salvo en uvas de viñedos muy próximos al mar. Los aniones inorgánicos predominantes en orden de concentración decreciente son fosfato, sulfato y cloruro (Andrades y González, 1995). El fosfato experimenta un gran aumento de concentración con la maduración (Hrazdina et al., 1984). El resto de los aniones aumentan de forma menos pronunciada. El potasio es el elemento que experimenta mayor aumento, siendo la acumulación de cuatro o cinco veces mayor en el hollejo que en la pulpa. También aumenta el contenido de magnesio, calcio y metales pesados, mientras que

permanece más o menos constante la concentración de manganeso y cobre, y disminuyen los niveles de hierro y zinc (Bloiu y Guimberteau, 2004).

- **Fracción nitrogenada:** son numerosos los autores que coinciden en afirmar que a lo largo de la maduración, el nitrógeno proteico aumenta, mientras que el nitrógeno amoniacal disminuye. El predominio del nitrógeno proteico hace que el nitrógeno total presente un comportamiento ascendente (Andrades y González, 1995).

La uva se enriquece en nitrógeno al madurar. En la madurez, el contenido en nitrógeno total del hollejo puede ser el doble que en el envero, y hasta tres o cuatro veces más en el caso de la pulpa. El contenido en nitrógeno total del mosto de la vendimia de una misma variedad depende estrechamente de las condiciones de cultivo y la naturaleza del suelo (Bloiu y Guimberteau, 2004).

El catión amonio representa, antes del envero, más de la mitad del nitrógeno total presente en las células de la pulpa; al final de la maduración, sólo representa la quinta parte, y a menudo menos. Es conducido a la baya de manera continua pero, entre el envero y la vendimia, es transformado en aminoácidos que, a su vez, forman oligopéptidos, polipéptidos y proteínas; los contenidos en catión amonio varían por tanto relativamente poco durante la maduración (Bloiu y Guimberteau, 2004).

El nitrógeno amoniacal procede de los nitratos extraídos del suelo por las raíces. Por consiguiente, los contenidos de este compuesto nitrogenado son muy variables en función de la naturaleza del suelo, la fertilización y el régimen hídrico de la vid (Bloiu y Guimberteau, 2004).

Es importante saber la concentración del nitrógeno en la baya, ya que las levaduras utilizan el nitrógeno en forma de amonio y aminoácidos (aminoácidos primarios) durante la fermentación. Estas formas de nitrógeno se conocen como el nitrógeno fácilmente asimilable (FAN) (Bloiu y Guimberteau, 2004).

En la mayoría de las variedades de *Vitis vinífera*, la prolina es el aminoácido que predomina en todos los estados de maduración, creciendo su concentración continuamente, mientras el contenido del resto de aminoácidos experimenta un descenso después de la madurez (Andrades y González, 1995).

Las proteínas se acumulan en el mosto a lo largo de toda la maduración; su contenido máximo se alcanza poco días antes de la madurez completa y a continuación disminuye levemente al final del periodo (Bloiu y Guimberteau, 2004).

1.4- Operaciones en verde

Durante el ciclo vegetativo anual de la vid, se realizan una serie de prácticas culturales sobre la vid para su óptimo desarrollo y son las llamadas las operaciones en verde. Algunas de ellas son (Faustino Aguirrezábal, 1989):

- **Desferracinado:** operación que consiste en la supresión de los brotes innecesarios nacidos en troncos, brazos y base de los pulgares, cuando los citados brotes son cortos y tiernos (entre cinco y diez cm de longitud), en cepas de producción. O bien suprimir brotes innecesarios nacidos de yemas fructíferas, en sarmientos destinados a la formación de la cepa en las condiciones de espaldera.
- **Desnietado:** consiste en quitar algunos de los nuevos brotes que nacen en las axilas de las hojas de los pámpanos principales. Estos proceden de yemas secundarias que se desarrollan en el mismo año, al tiempo que crece el pámpano sobre el que están apoyadas.
- **Deshojado:** se suele realizar esta operación de forma manual para lograr una mejor exposición de los racimos a la luz y al aire. Se realiza sobre cepas frondosas cuyos racimos corren el riesgo de ser afectados por hongos productores de podredumbre.

Por último se va a hablar de la práctica del despunte, que es una de las prácticas que en este Trabajo se observará su efecto en el retraso de la maduración de las uvas y por ello se va a profundizar algo más (Grupo de investigación en Viticultura – UPM).

- **Despunte:** con esta técnica lo que se procura es quitar la extremidad del pámpano, es decir, el ápice de crecimiento. En conducciones en espaldera los despuntes no se realizan hasta que los pámpanos no sobrepasen el último alambre. Con esta operación se busca disminuir el riesgo de corrimiento, parar el crecimiento vegetativo, regular la relación fuente sumideros, disminuir peligros de daños por el viento, evitar la rotura de brotes por paso de maquinaria y mejorar la efectividad de los tratamientos.

Durante la floración, las hojas de la mitad superior del pámpano exportan los productos de la fotosíntesis al ápice del pámpano principal en crecimiento. La eliminación del ápice meristemático produce una parada en el crecimiento vegetativo de los pámpanos, frenando así, la demanda de productos de la fotosíntesis por éstos y modificando el sentido de traslocación de acrópeto a basípeto, hacia los racimos en floración, favoreciendo de esta forma el cuajado.

El despunte disminuye la superficie foliar y estimula, en mayor o menor medida, el desarrollo de los anticipados. Vasconcelos y Castaglioni (2000) obtuvieron un mayor aumento de la superficie de nietos en cepas despuntadas.

Durante la maduración de las bayas, la planta entera sobrevive a expensas de los productos de la fotosíntesis generados por las hojas; en esta fase no hay movilización de reservas y todos los órganos en crecimiento se van a repartir los azúcares generados por la fotosíntesis actual. Conviene, por tanto, que no haya crecimiento de nietos durante la maduración, pues competirían con los racimos por los azúcares. Si hay desarrollo de nietos hay que despuntarlos para frenar la competencia entre el desarrollo vegetativo y el fructífero.

La intensidad de la intervención también condiciona los efectos que el despunte tiene sobre el cuajado y la fisiología, ya que si son muy severos y dado que se elimina una importante cantidad de superficie foliar, pueden reducir el vigor, el rendimiento y la calidad.

1.5- El cambio climático

El cambio climático es uno de los mayores desafíos globales que debemos combatir a lo largo de este siglo ya que se presupone como una amenaza ambiental, social y económica. Es la punta del iceberg formado por nuestro modelo energético mundial del que sólo se intuyen sus posibles consecuencias. En la actualidad no hay prácticamente discusión y existe un consenso científico sólido sobre la existencia del cambio climático a nivel mundial y la significativa contribución al mismo que tiene nuestro modo de producción y consumo energético (Armas, 2013).

Hace más de 25 años, numerosos científicos comenzaron a observar y a alertar del aumento de la temperatura media global y sus consecuencias en el sistema climático mundial. En el año 1988, al hacerse patente el problema, se decidió constituir el Panel Intergubernamental para Cambio Climático (IPCC), creado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). La labor fundamental del IPCC es realizar una evaluación periódica de los conocimientos sobre el cambio climático. Hasta la fecha han publicado cinco informes, el último en el 2013 (Armas, 2013).

1.5.1- Temperatura

Es cierto que la temperatura media global en superficie ha aumentado desde finales del siglo XIX. Cada uno de los tres últimos decenios ha sido sucesivamente más cálido en la superficie de la Tierra que cualquier decenio anterior y la década de 2000 fue la más cálida de todas. Los datos de temperatura de la superficie terrestre y oceánica, combinados y promediados globalmente, y calculados a partir de una tendencia lineal, muestran un calentamiento de 0,85 [0,65 a 1,06] °C durante el período 1880-2012. La Figura 3 muestra el cambio observado en la temperatura en superficie entre 1901-2012 (IPCC, 2013).

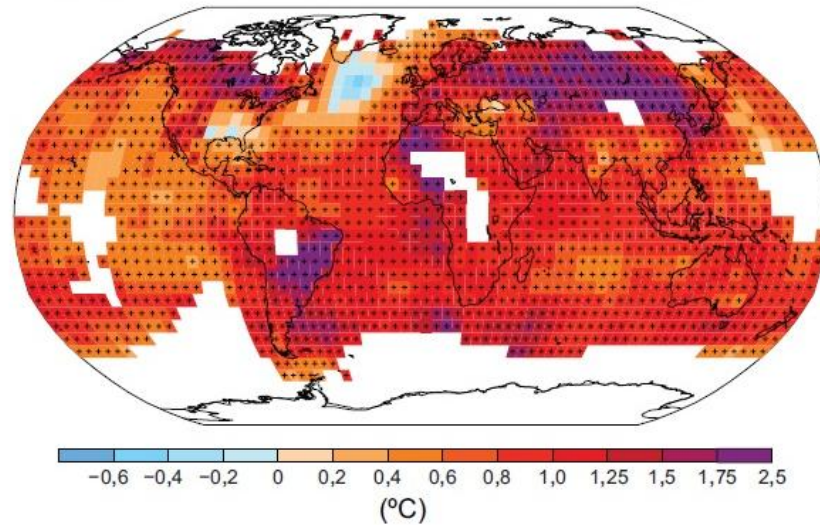


Figura 3. Cambio de temperaturas mundial (°C) 1901-2012. Fuente: IPCC (2013).

Varios registros de datos analizados de forma independiente de la temperatura del aire en la superficie terrestre a nivel mundial y regional obtenidos de observaciones de estaciones coinciden ampliamente en que la temperatura del aire en la superficie terrestre ha aumentado (IPCC, 2013).

Las altas temperaturas provocarán tasas de evaporación más altas, tanto en el suelo como en la planta, especialmente en verano, lo que aumentará el riesgo de sequías más frecuentes y más severas (Schultz, 2000).

El modelo de Circulación General (GCM) predice un calentamiento más rápido en el hemisferio norte durante los próximos cincuenta años (Evans, 1996 citado por Tesfaye et al., 2011).

1.5.2- Precipitaciones

En promedio, sobre las zonas continentales de latitudes medias del hemisferio norte, las precipitaciones han aumentado desde 1901. En otras latitudes, existe un nivel de confianza bajo en las tendencias positivas o negativas a largo plazo promediadas por zonas (IPCC, 2013).

En la Figura 4 se muestran las tendencias de las precipitaciones elaboradas por el Centro Mundial de Climatología de las Precipitaciones (GPCC).

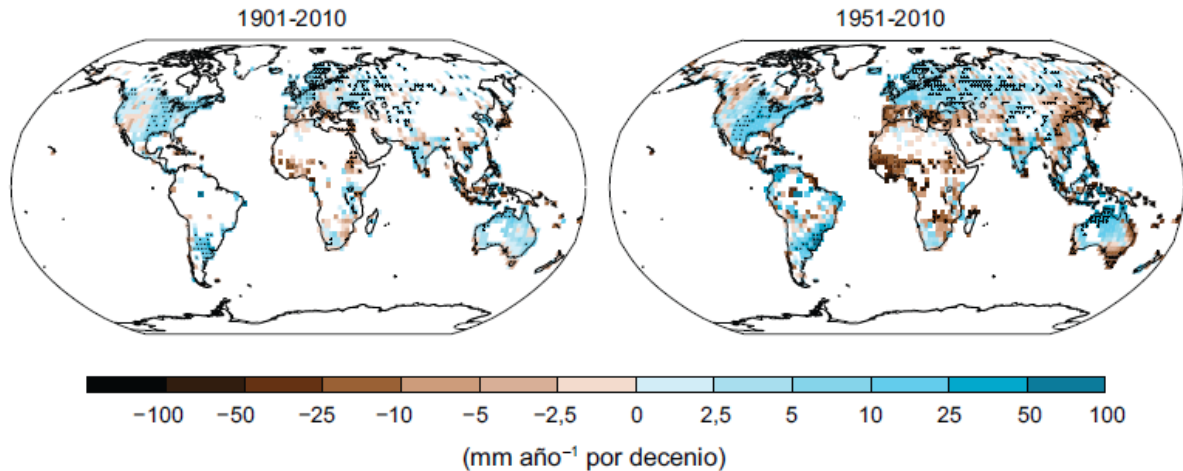


Figura 4. Tendencias de las precipitaciones mundiales (GPCC). Fuente: IPCC (2013).

1.5.3- Emisiones de CO₂, N₂O y CH₄

Las concentraciones atmosféricas de los gases de efecto invernadero dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) han aumentado desde 1750 debido a la actividad humana. Las actividades principales por las cuales se realizan emisiones de CO₂ son la combustión de combustibles fósiles, la producción de cemento, la deforestación y otros cambios de uso del suelo. En 2011, las concentraciones de estos gases de efecto invernadero eran de 391 ppm (Figura 5), 1803 ppmm y 324 ppmm, respectivamente, valores que excedían los niveles preindustriales en aproximadamente el 40%, el 150% y el 20%, respectivamente (IPCC, 2013).

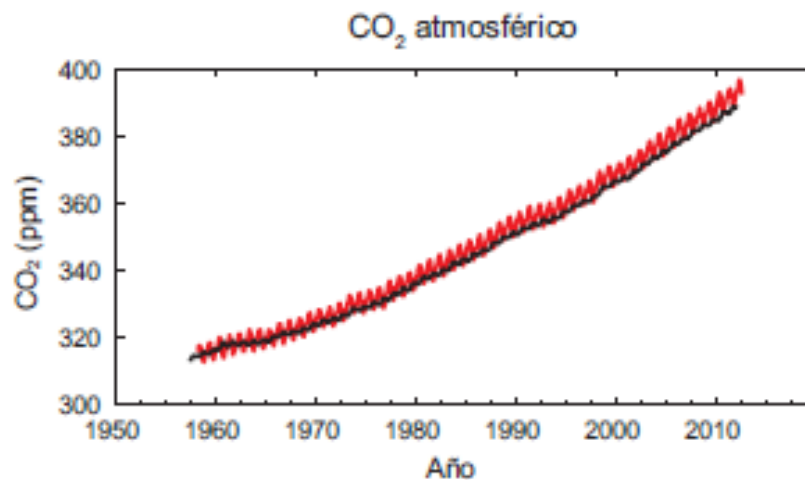


Figura 5. Evolución CO₂ atmosférico (ppm). Fuente: IPCC (2013).

1.5.4- Cambio climático en el futuro

Es probable que, para fines del siglo XXI, la temperatura global en superficie sea superior en 1,5°C a la del período entre 1850 y 1900 para todos los escenarios estudiados. Los cambios que se producirán en el ciclo global del agua, en respuesta al calentamiento durante el siglo XXI, no serán uniformes. Se acentuará el contraste en las precipitaciones entre las regiones húmedas y secas y entre las estaciones húmedas y secas, si bien podrá haber excepciones regionales (IPCC, 2013).

Las evoluciones de temperaturas y de precipitaciones en el futuro quedan reflejadas en la Figura 6 y Figura 7 respectivamente.

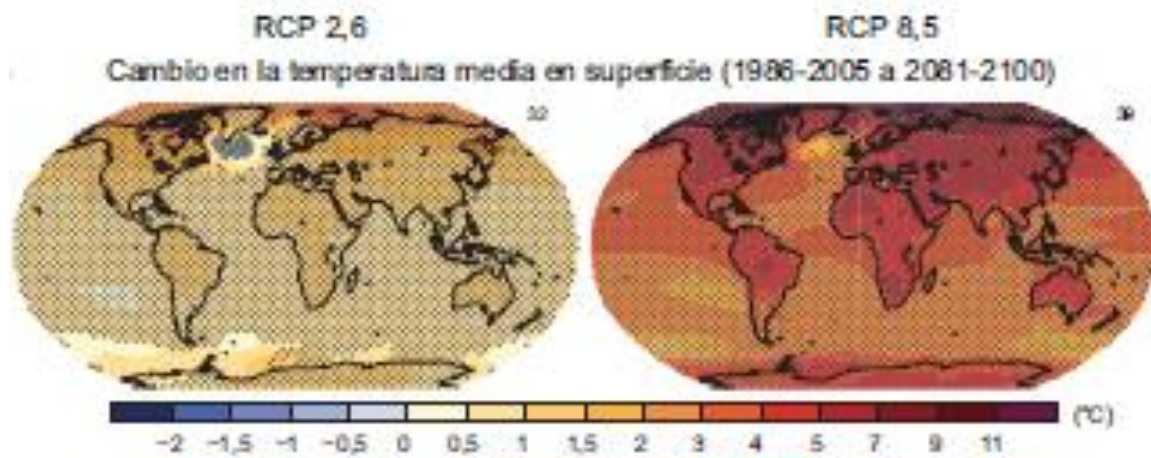


Figura 6. Cambios de temperatura (°C) para diferentes escenarios futuros. Fuente: IPCC (2013).

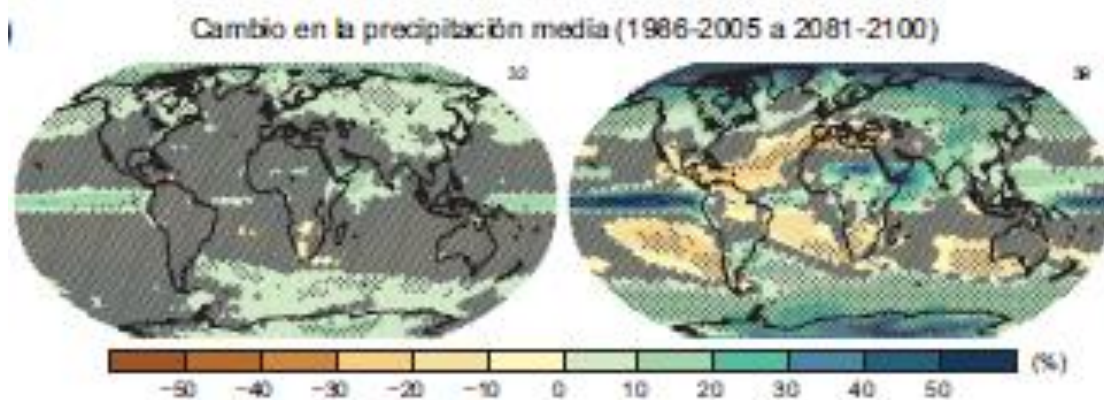


Figura 7. Cambios de precipitación (%) para diferentes escenarios futuros. Fuente: IPCC (2013).

1.5.5- Cambio climático en España

En el caso concreto de España y a pesar de la incertidumbre proveniente de su alta variabilidad se ha podido constatar que durante el siglo XX, y particularmente desde la década de los 70 de ese siglo, las temperaturas en España han aumentado de forma general, con una magnitud algo superior a la media global del planeta, especialmente en invierno (Moreno, 2005).

Por otra parte, también las precipitaciones durante este periodo han tendido a la baja, sobre todo en la parte meridional y ha aumentado significativamente su variabilidad. El resultado es un aumento de la evapotranspiración con consecuencias para la disponibilidad y calidad de agua. (Moreno, 2005).

Si continúa el nivel de emisiones de gases de efecto invernadero a tasas actuales o superiores se causaría un mayor calentamiento y se inducirán muy probablemente cambios en el sistema climático mundial durante el siglo XXI, muchos más que los observados durante el siglo XX (Meehl et al., 2007; citado por Resco, 2012). Incluso si las concentraciones de todos los gases de efecto invernadero y de aerosoles se hubieran mantenido constantes en los niveles del año 2000, podría esperarse un calentamiento ulterior de 0,1°C aproximadamente por decenio (IPCC, 2013).

Las tendencias del clima futuro dependen de los escenarios socioeconómicos que se utilicen y los modelos generales de clima que se usen. El incremento térmico que se proyecta para la Península Ibérica es uniforme a lo largo del siglo XXI, con una tendencia media de 0,4º C/década de media en invierno y de 0,7º C/década de media en verano para distintos escenarios. La frecuencia de días con altas temperaturas aumenta en primavera y otoño y los días con temperaturas mínimas tienden a disminuir (Moreno, 2005).

Como podemos observar en la Figura 8, todas las proyecciones muestran un calentamiento continuo durante la primera mitad del siglo XXI, pero con tendencia a incrementarse en los últimos años. En esta figura se observan la variación de las temperaturas medias para distintos proyecciones producidas por ESCENA, un proyecto de generación de escenarios regionalizados de cambio climático en España (Resco, 2012).

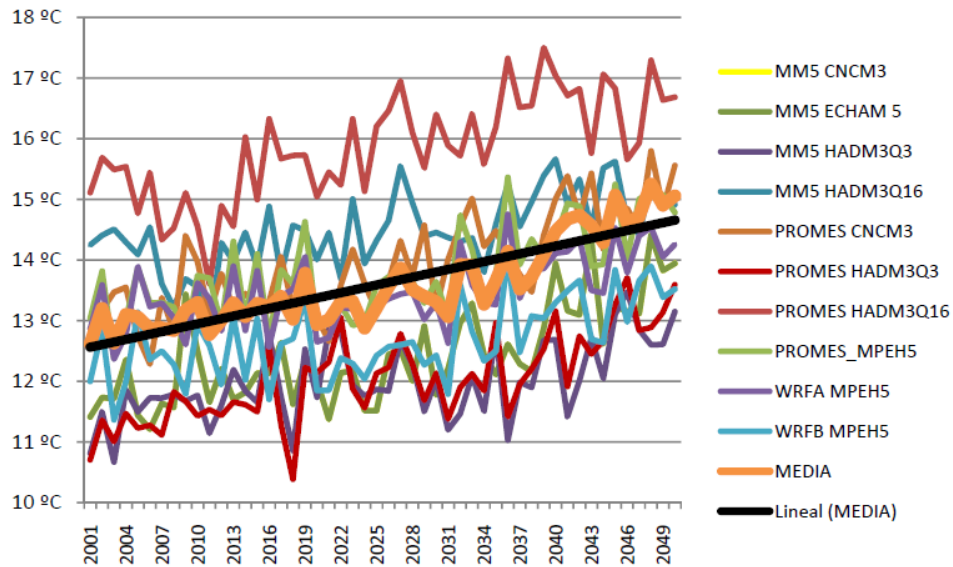


Figura 8. Evolución de las temperaturas medias para diferentes escenarios (°C). Fuente: Resco (2012).

En este sentido, todas las previsiones auguran un calentamiento continuo durante la primera mitad del siglo XXI, como se aprecia en la Figura 7, este calentamiento no es homogéneo, siendo mayor en las zonas interiores, más concretamente en la meseta sur peninsular y menor en las zonas costeras, especialmente en la cornisa cantábrica (Resco, 2012).

La Figura 9 representa el incremento de las temperaturas que se podrían dar en el caso en el que ocurra el escenario A1B. Este escenario describe un mundo futuro con rápido crecimiento, una población mundial que alcanza su máximo a mediados de siglo y disminuye posteriormente, y una rápida introducción de tecnologías nuevas y más eficientes. Sus características distintivas son la convergencia entre regiones, la creación de capacidad y el aumento de las interacciones culturales y sociales, acompañada de una notable reducción de las diferencias regionales en cuanto a ingresos por habitante. También prevé un consumo equilibrado entre combustibles de origen fósil y otras fuentes de energía no fósil (Resco 2012).

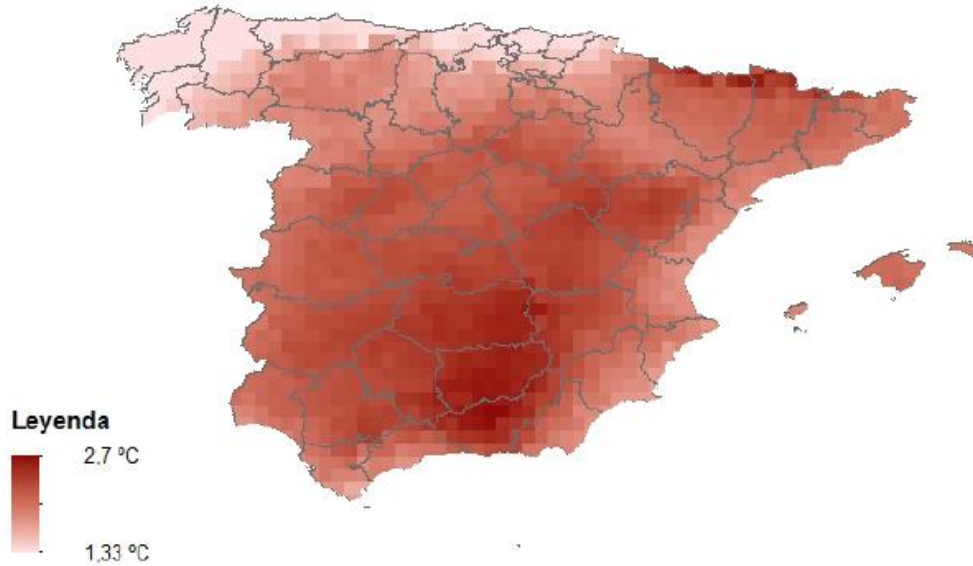


Figura 9. Aumento de la temperatura media (°C) del escenario base (1951-2000) al escenario futuro A1B (2041-2050). Fuente: Resco (2012).

Con respecto a las precipitaciones, Figura 10, se observa de manera gráfica la evolución de las precipitaciones para distintas proyecciones, así como la media y la línea de tendencia de la media.

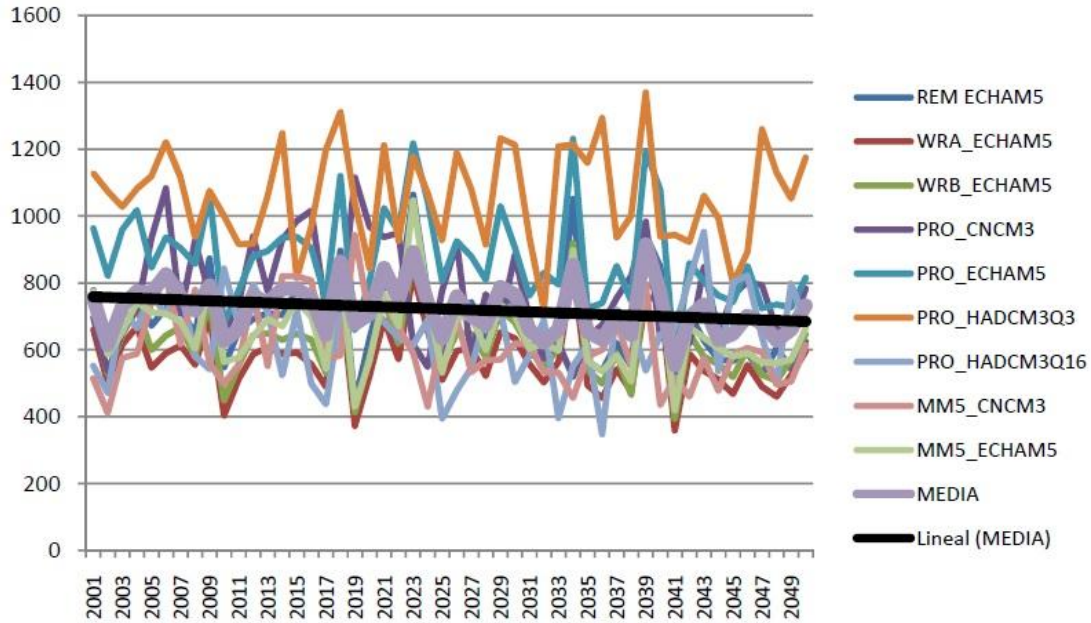


Figura 10. Evolución de las precipitaciones anuales en mm para distintas proyecciones. Fuente: Resco (2012).

Se puede ver que aunque sea de forma irregular, la tendencia media en España es a un descenso en las precipitaciones. Tal y como nos muestra la Figura 11, se puede ver que hay un mayor descenso de precipitaciones en la mitad sur occidental de hasta casi el 30% en el valle del Guadalquivir y algo menos en el valle del Ebro. Sin embargo en zonas como Galicia o zonas más montañosas del norte peninsular la caída sería de menos del 5%.

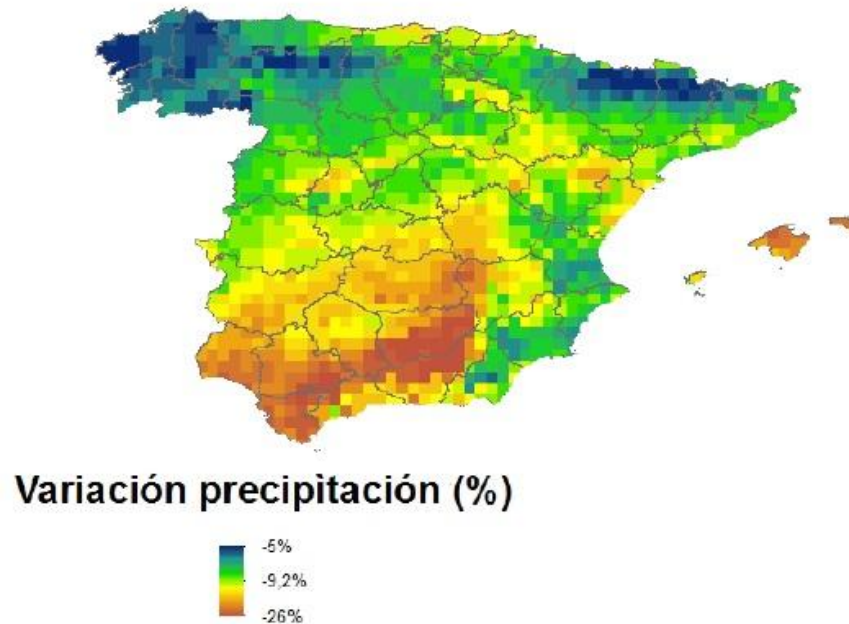


Figura 11. Variación de la precipitación en la península en porcentaje. Fuente: Resco (2012).

Si se centra en la evolución del volumen medio de las precipitaciones diarias, todo parece indicar un aumento en la cantidad diaria de precipitaciones mayores de 150 mm. Lo que indica que va a suceder un descenso en las precipitaciones, pero un incremento en la intensidad de estas. Todo esto conlleva un incremento en los periodos de sequía junto con un aumento de las lluvias torrenciales y de inundaciones.

1.6- Ensayos realizados en vid con diferentes factores climáticos

Como se ha comentado en el apartado anterior, el cambio climático en los próximos años va a suponer un aumento de las temperaturas, una disminución de las precipitaciones anuales y un aumento en la concentración de CO₂ en España. Por lo que a continuación, se va a mostrar todas las investigaciones que se han llevado a cabo para así poder dar una idea general de lo que puede suponer el fenómeno del cambio climático en el cultivo de la vid y algunas medidas que ya han sido probadas. Se han estudiado los fenómenos de temperatura, insolación, agua y concentración de CO₂ por separado.

1.6.1- Temperatura

Como ya se sabe, uno de los principales efectos del cambio climático es el aumento progresivo de las temperaturas, generando periodos vegetativos más cálidos y largos, anticipándose los estados fenológicos, con ellos la maduración y produciendo vendimias más tempranas (Stock et al., 2005).

Un aumento de temperatura durante la floración y el crecimiento de las bayas, podría causar el envero prematuro, alta mortalidad de la uva a través de la abscisión y el total o parcial fallo en la madurez de sabores (Mullins et al., 1992; citado por Mira de Orduña, 2010).

En un estudio acerca de la fenología y climatología de las viñas en Burdeos (Francia) durante 1952-1997, fue observado que la viña tendió a adelantar los estados fenológicos, a reducirse el tiempo entre los intervalos fenológicos y a alargarse las épocas de crecimiento (Jones y Davis, 2000).

Algunas proyecciones acerca de los efectos del cambio climático sugieren que el periodo entre brotación y cosecha puede reducirse entre 37-43 días (Webb et al., 2007; citado por Tesfaye et al., 2011) o 30 días (Bindi et al., 1996).

Este adelanto en la fenología de la vid ocasiona que la maduración de los racimos se lleve a cabo con temperaturas más altas, afectando a la composición de la uva. Esto unido al propósito de muchas bodegas de conseguir vinos más estructurados y potentes, ha hecho que las maduraciones lleguen a alargarse en demasía, con la intención de obtener una maduración fenólica completa (Jones y Webb, 2010). Como resultado se obtienen uvas con un elevado grado alcohólico probable y un elevado pH, de esta manera el objetivo fundamental en estas circunstancias no es la producción de un nivel elevado de azúcar, sino mantener una acidez suficiente y unos aromas persistentes (Sotés, 2004).

La temperatura afecta notoriamente a la maduración de la uva. Afecta al índice de respiración, por lo que repercute sobre los sustratos de la misma, azúcares y ácidos orgánicos entre otros. De este modo, la composición de la uva varía al hacerlo la temperatura media de maduración. Esta temperatura debe alcanzar al menos 18º C para conseguir un grado de madurez satisfactorio. Las temperaturas elevadas, superiores a 42ºC, no son favorables, por provocar calcinación de las hojas y de las uvas (Andrades y González, 1995).

Un aumento generalizado de temperaturas puede acarrear desajustes en la actividad fisiológica de las vides, que se traducen en crecimientos vegetativos y/o reproductivos anómalos. Una disminución de las tasas fotosintéticas conlleva un peor desarrollo foliar que desemboca irremediabilmente en disminución de rendimientos y en desequilibrios del propio metabolismo de los racimos, produciendo bayas con una maduración industrial más rápida, una disminución de la acidez y un aumento de contenido en azúcar en menos tiempo. Las condiciones del calentamiento global favorecerán además el aumento del contenido en potasio y la elevación del pH del mosto. En general se tenderá a aumentar el desfase entre la maduración de la pulpa y la de

la piel, dado que los metabolismos de la maduración aromática y fenólica son más lentos y precisan de periodos más largos (Rodríguez et al., 2012).

En climas cálidos las uvas alcanzan elevados contenidos de sólidos solubles, de los cuales los azúcares constituyen un alto porcentaje (Winkler, 1978; citado por Andrades y González, 1995). La actividad de las enzimas del azúcar se mantiene entre 8°C y 33°C (Sadras et al., 2007). En zonas cálidas, la maduración conduce a la obtención de frutos más dulces, con mayor contenido de azúcares. Este fenómeno se debe principalmente a la temperatura. Al haber mayor transpiración se produce una concentración por pérdida de agua. Además, no se debe olvidar que, en general, en las zonas de mayores temperaturas se produce una insolación superior lo que favorece la fotosíntesis, aumentando la fijación de CO₂ y su conversión en azúcares que son transportados hacia el fruto (Andrades y González, 1995).

Debido al aumento de los azúcares, se producen vinos de alta graduación alcohólica y baja acidez al elevarse las temperaturas (mayor desecación del suelo, parada de crecimiento más temprana, adelanto de los procesos de maduración, etc.) y por el contrario vinos poco alcohólicos y ácidos en el caso opuesto, con temperaturas débiles (Hidalgo y Hidalgo, 2011).

Ante esta circunstancia las regiones vitícolas se comportan de manera desigual, permitiendo que en algunas regiones la calidad de sus vinos se vea aumentada, como es el caso de las regiones de clima frío situadas en los valles del Mosela y Rhin en Alemania y en cambio en otras regiones, se generan importantes desafíos para mitigar las consecuencias negativas del incremento de las temperaturas durante el periodo vegetativo de la vid (Jones et al., 2005).

Existen numerosos ejemplos de regiones en las que se observa claramente como el nivel alcohólico de los vinos ha aumentado. Por ejemplo Duchêne y Schneider (2005) encontraron que el nivel de alcohol de "Riesling" en la cosecha en Alsacia (noreste de Francia) se ha incrementado en 2,5% en volumen en los últimos 30 años.

Mientras que un aumento de alcohol puede ser visto por algunos como algo positivo, el alcohol hace más caliente al vino y menos amigo de las comidas. Uno de los temas adicionales relacionados con los niveles superiores de alcohol es que los vinos normalmente no envejecerán tan bien o tanto tiempo como los vinos con niveles más bajos de alcohol (Jones y Alves, 2011).

Sobre el ácido málico, las concentraciones son mayores en viñas más frías que en regiones calientes. Así, el clima frío favorece altos contenidos en ácido málico. El ácido málico disminuye fuertemente, sobre todo a temperaturas superiores a 30°C. La temperatura estimula la actividad enzimática responsable de la degradación del ácido málico en glucosa (por glucogénesis) durante la maduración (Blouin and Guimberteau, 2004). Las temperaturas altas en las proximidades de la vendimia provocan una gran disminución de la acidez por combustión respiratoria (Maujean et al., 1983; citado por Andrades y González, 1995).

Pero las temperaturas afectan también a otros muchos componentes de la uva y del vino, de mucha mayor complejidad que el alcohol y la acidez, que definen el paladar y el aroma, todos ellos ligados al proceso de maduración (Hidalgo y Hidalgo, 2011).

Shaked-Sachray et al. (2002) estudió que la temperatura afectaba a la acumulación de los antocianos, que son los responsables del color de las uvas. Un ensayo a cargo de Sadras et al. (2007) observó que la actividad de las enzimas que producían antocianos oscilaba entre 17°C y 26°C. En regiones donde la temperatura era superior a 30°C después de envero podría inhibir la síntesis de antocianos (Mori et al., 2007).

Diferentes variedades de *Vitis vinífera* presentan mayor contenido de compuestos antociánicos en la piel cuanto menores son las temperaturas diurnas, y en general, en las regiones y en las estaciones más frías, se produce mayor cantidad de pigmentos. Las uvas que maduran a temperaturas elevadas presentan un contenido en compuestos antociánicos menor e incluso no llegan a desarrollar el color rojo característico (Kliewer, 1970; citado por Andrades y González, 1995).

Se mostró que las altas temperaturas diurnas aumentan los taninos y la síntesis de sabores (Mori et al., 2005). Segade et al. (2008) demostró que bajo condiciones de cambio climático las características de astringencia del vino podrían no estar afectadas.

1.6.2- Insolación

Un exceso de horas de insolación produce al vino una mayor graduación alcohólica, lo que supone un vino menos fino y elegante. En este sentido, los estudios de Nigond (1972), citado por Andrades y González (1995), señalan un contenido de ácido málico muy inferior en los racimos expuestos al sol respecto a los racimos a la sombra, mientras que el contenido de ácido tartárico es prácticamente estable. Carbonneau et al. (1980), citado por Andrades y González (1995), señala que la síntesis de polifenoles depende de la iluminación y de la temperatura que soporta el racimo. Así, todo lo que altere las condiciones óptimas, por exceso o por defecto, supone la inhibición en la síntesis de compuestos fenólicos.

1.6.3- Agua

Myburgh (2003) ya decía que la viña y su calidad dependían de la disponibilidad de agua. El riego puede ser un arma que, bien manejada, puede servir para variar las velocidades de crecimiento y maduración. El exceso de agua puede ser tan negativo como el estrés hídrico.

La acción combinada de la temperatura y la insolación favorece el crecimiento de las bayas, pero el volumen final depende en gran medida de la alimentación en agua. Las temperaturas excesivas y, sobre todo, el estrés hídrico deprimen el crecimiento (Sotés, 2004).

Durante el crecimiento de la baya, no tener agua inhibía la división celular, reduciendo el tamaño de la baya (Ojeda et al., 2002).

Herrera et al. (2015) mostró cómo el déficit hídrico redujo un 30% el rendimiento por cepa debido a la reducción de la masa de la baya. El déficit hídrico afecta a la actividad fotosintética y al tamaño de la vegetación, además del ratio de importación de azúcar a la baya.

Ha sido probado el incremento del contenido de azúcar en la baya en respuesta al déficit hídrico y además la mejora en sustancias fenólicas y aromas del vino. Además riegos deficitarios antes del invierno, pueden aumentar la concentración de azúcar en la cosecha de la baya.

El tamaño de la baya puede indirectamente afectar al contenido fenólico, incluyendo antocianos, posiblemente debido a la modificación de la superficie y del volumen de la baya (Ojeda et al., 2002).

El volumen anual de la precipitación afecta a la composición fenólica de la uva, siendo ésta menor en los años lluviosos. La disponibilidad hídrica de la cepa tiene una gran influencia sobre el contenido de compuestos fenólicos, se encuentran menor coloración en los viñedos con mayor tamaño alcanzado por las bayas y por tanto con una menor relación hollejo/pulpa (Andrades y González, 1995).

Los efectos del estrés hídrico en la concentración del ácido málico de las bayas a día de hoy es contradictoria, se muestran aumentos, reducciones o sin cambios en respuesta a la sequía (Salazar-Parra et al., 2011).

La concentración de antocianos es promovido por el déficit de agua a través de la reducción del tamaño de la baya. Además la biosíntesis de antocianos también se incrementan directamente por déficit de agua (Herrera et al., 2015).

1.6.4- CO_2

En presencia de un aumento de CO_2 durante todo el periodo de crecimiento, la brotación y la elongación de los lanzamientos serían promovidos por el cambio climático, aumentando el crecimiento debido al alto CO_2 y la alta temperatura, lo que llevaría a un descenso en la calidad de la uva por exceso de vegetación. Los agricultores de viña lo controlarían a través de la poda en verde hasta que fuera ineficaz o poco rentable. Otros estudios vieron que había diferencias en peso de la uva debido a un enriquecimiento del CO_2 (Salazar-Parra et al., 2011).

Bindi et al. (2001b), observó que el aumento del CO_2 no afectaba a las cualidades de la uva o al vino. Aumentaban los ácidos y azúcares durante la maduración aunque estos efectos desaparecieron en la cosecha.

Algunos autores observaron que el enriquecimiento de CO_2 no afectaba ni al pH ni a la acidez a la hora de cosecha (Bindi et al., 2001b).

Al aumentar el CO₂ desde brotación, el azúcar, total antocianos, concentración de taninos en las bayas y vinos no le afectaba el CO₂ (Salazar-Parra et al., 2011). Igualmente, Bindi et al. (2001b), mostró que no había diferencias en las bayas y el vino en el contenido de polifenoles en plantas expuestas a aumento de CO₂.

El CO₂ podría tener un efecto significativo en la maduración solo cuando interactúa con otro factor de estrés (Salazar-Parra et al., 2011):

- En plantas a partir de maduración con elevada concentración de CO₂ y déficit de agua, independientemente de la temperatura, madura más rápido.
- En bayas tratadas a partir del cuajado, aumentando la temperatura y la concentración de CO₂ en ausencia de déficit hídrico, maduran antes.

1.6.5- Interacción entre factores

Además también algunos grupos de investigación han observado los efectos cuando dos o más factores que varían en el cambio climático actúan al mismo tiempo. Aquí se muestran algunas de las observaciones que puede ayudar a entender cómo será el futuro de la viticultura si se mantienen las previsiones del cambio climático.

Comparando bayas crecidas en un ambiente corriente y crecidas en un ambiente de cambio climático, observaron que estas últimas tienen un mayor contenido en sólidos solubles totales a la hora de la cosecha, sugiriendo una cosecha más adelantada en un futuro. Otro efecto indicativo del exceso de maduración es el aumento de la intensidad de color de la uva, el incremento del índice de extractabilidad, es decir, mayor dificultad para la extracción de antocianos, reducción de la concentración del ácido málico y un aumento del pH (Salazar-Parra et al., 2011).

Salazar-Parra et al. (2011) observaron los siguientes efectos cuando interactúan más de un factor que supone el cambio climático:

- Bajo corriente CO₂ y temperatura, con riego parcial disminuye la concentración de ácido málico.
- Riego parcial aumenta la cantidad de antocianos extraídos sobre el máximo posible con CO₂ y temperatura normales. Pero disminuye bajo elevado CO₂ y temperatura.
- En ausencia de sequía, elevado CO₂ y temperatura disminuye el ácido málico y la concentración total de antocianos.
- En presencia o ausencia de sequía, elevado CO₂ y temperatura aumenta el índice de tonalidad que modificará las características del vino si se confirman los futuros escenarios del cambio climático (Bindi et al., (2001b), al contrario no observó diferencias en tonalidad del color o intensidad de color en vinos obtenidos de viñas bajo elevada concentración de CO₂ con respecto a los controles).

No hay efecto en el total antocianos, taninos y madurez fenólica de las uvas bajo condiciones de cambio climático. Por lo que no influenciará la calidad del vino en la composición fenólica y desde

el punto de vista de la astringencia del vino. Estos últimos resultados están en la línea de otros, mostrando que no hay diferencias en taninos (Salazar-Parra et al., 2011). Tampoco hay efectos en los polifenoles de las bayas que formarán los vinos, cuando están expuestas a elevado CO₂ (Bindi et al., 2001b).

Se mostró que el ácido málico que influye en la acidez decrecía marcadamente debido a la sequía y al aumento de la concentración de CO₂ y de la temperatura tratada desde envero. Bayas crecidas bajo estrés hídrico, tanto en el cuajado como en el envero han aumentado el ácido málico debido al efecto del aumento de la concentración del CO₂ en plantas a temperatura ambiente (Salazar-Parra et al., 2011).

1.6.6- Manejo de vegetación

Stoll et al. (2009) citado por Martínez de Toda et al. (2014), dice que un despunte severo retrasa la maduración en la variedad “Riesling” en un periodo de quince a veinte días.

Kliewer y Antcliff (1970) citado por Herrera et al. (2015) observaron que la reducción del área foliar en la variedad “Sultana” un mes antes del envero, afectaba a la reducción de acúmulo de azúcares en la baya durante maduración, pero esta diferencia se vio reducida en cosecha. Este último efecto pudo ser debido a expensas de otro órgano sumidero, como puede ser la raíz o el tallo.

Herrera et al. (2015) realizó un ensayo aplicando la técnica del despuntado sobre la variedad “Merlot” y observó lo siguiente:

- El despunte severo tras el cuajado puede reducir la cantidad de azúcares sin afectar a la acumulación de antocianos y además no afectó al rendimiento de la viña.
- La realización del despunte no tiene un efecto significativo en el potencial hídrico de la planta.
- Si se aplica el despunte en etapas tempranas de maduración, no limita ni la acumulación de antocianos ni en general la composición del vino y sus características sensoriales.

Martínez de Toda y Balda (2013) experimentaron con la realización de varios despuntes sobre la variedad Garnacha. El ensayo consistió en comparar el efecto de un despunte (tras el cuajado) y la realización de dos despuntes (uno tras cuajado y el otro tras envero) a lo largo de la campaña. Los resultados que consiguieron fueron los siguientes:

- Reducción (9%) del peso de la baya y del racimo fue similar en los dos tratamientos.
- Se retrasó en envero para ambos tratamientos entre 18 – 20 días.
- Disminuyó la concentración de sólidos solubles (15%), el pH (0,1 – 0,3) pero no en acidez total en ambos tratamientos.

- La concentración de antocianos se redujo (27%) en el tratamiento del doble despunte, mayor que en el tratamiento de un solo despunte (10%).
- En general, el tratamiento de un solo despunte es mejor que el de dos, ya que se obtienen resultados parecidos para retraso de maduración, reducción de ρ Brix y pH. La reducción de antocianos es menor y además no presenta efectos negativos en los próximos años.

Martínez de Toda et al. (2014) practicaron la técnica del despunte después del cuajado (sobre el 1 de julio) en las variedades “Tempranillo” y “Garnacha”, estos fueron los resultados:

- Realizado el despunte, la reducción de la baya y del peso del racimo (entre 10% en “Garnacha” y 15% en “Tempranillo”) fue similar a lo encontrado por Stoll et al. (2009).
- El despunte supuso un retraso del envero de veinte días.
- Uvas recogidas con el mismo nivel de sólidos solubles, la técnica del despunte supuso un mayor contenido en antocianos totales respecto del testigo para las dos variedades. Más concretamente, en la “Garnacha” aumentó entre un 8% y 18%, mientras que en “Tempranillo” se incrementó un 21%.

2- OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN

2.1- *Objetivo del trabajo*

El objetivo del presente Trabajo de Fin de Grado es evaluar diferentes técnicas de cultivo para propiciar una mejor sincronía entre la madurez fenológica y la madurez sacarimétrica en la variedad de vid “Tempranillo”.

2.2- *Justificación del trabajo*

El cambio climático está afectando a toda la superficie mundial, como demuestra el quinto informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2013). En España, las temperaturas se están viendo incrementadas, las precipitaciones están disminuyendo y la concentración de CO₂ en la atmósfera está aumentando. Por todo esto, las condiciones climáticas están cambiando y eso repercute en nuestro comportamiento y más claramente en el de las plantas.

Más concretamente la vid, es una planta que ante estas nuevas condiciones climáticas está modificando su comportamiento, llevando este nuevo escenario a alcanzar elevados grados alcohólicos probables, es decir, un alto contenido de azúcar en la baya al igual que el pH que aumenta muy rápidamente. Mientras tanto, las pieles y las semillas maduran de una manera más lenta y esto supone un problema ya que a la hora de decidir la fecha de vendimia tenemos un grado alcohólico excesivo, un pH muy elevado y sin embargo estas pieles y estas semillas no se encuentran lo suficiente maduras. Todo esto condiciona a que se tenga problemas de falta de color y que en ocasiones se produzcan vinos que debido al estar todavía las semillas verdes, se libera un tanino muy astringente que puede causar que los vinos no presenten la cualidad que deberían tener.

Por ello, a comienzo de 2014, Bodegas Ochoa S.A. se puso en contacto con el grupo de investigación “Fruticultura y Viticultura Avanzadas” del Departamento de Producción Agraria de la Universidad Pública de Navarra, liderada por el Dr. J. Bernardo Royo, al objeto de plantear ensayos que evaluaran estrategias de manejo del viñedo orientadas a conseguir una mejor sincronización entre la madurez sacarimétrica y la madurez fenológica. Este TFG corresponde a los datos obtenidos en la primera campaña de ensayo.

3- MATERIAL Y MÉTODO

3.1- *Material vegetal*

El presente Trabajo se ha llevado a cabo en el paraje llamado Santa Cruz, propiedad de Bodegas Ochoa S.A. Se encuentra en el término municipal de Traibuenas (Navarra), está a 400 metros de altura, posee un suelo arcillo-calcáreo profundo y muy drenante. La superficie de viñedo de esta finca es de 33 ha, en la cual se encuentran dos tipos de variedades de uva, 6 ha están plantadas con la variedad “Cabernet Sauvignon” y el resto con la variedad “Tempranillo”.

Los ensayos se realizaron en una parcela de 4,2 ha, con “Tempranillo”, la viña se encuentra emparrada con postes metálicos y en total los ensayos realizados ocupaban alrededor de 2 ha. La variedad “Tempranillo” está injertada sobre el patrón 110 Richter, con un marco de plantación de 3 x 1 m, con sistema de riego por goteo con emisores cada 60 cm y con un caudal de 2 l/h cada uno.

3.2- *Material instrumental*

Los diferentes análisis realizados para la elaboración del presente trabajo se han realizado algunos en campo y otros en el laboratorio.

El material utilizado en campo durante la realización de este ensayo ha sido:

- Calibre digital
- Peso
- Sprays
- Tijeras
- Bolsas de plástico
- Bolsas opacas
- Dinamómetro
- Dispositivo metálico para inclinación
- Desbrozadora de hilo
- Cámara de presión
- HOBO Micro Station Data Logger H21, Onset
- HOBO 4-Channel External Data Logger U12, Onset
- Cámara de presión P-3005, Soilmoisture Corp. California, USA

Otro tipo de material utilizado para analizar las muestras en el laboratorio:

- Refractómetro, Bellingham + Stanley, RFM840
- pH-metro, Crison, PH-Burette 24
- Espectrofotómetro (UV-Vis), Thermo Spectronic Biomate3
- Cromoenos, Bioenos S.L

3.3- Diseño del ensayo

3.3.1- Ensayo 1: Manejo de la vegetación

Con este ensayo se pretende evaluar diferentes operaciones en el manejo de la vegetación orientadas a proteger la cara de la tarde de la insolación, con la intención de producir un retraso en la maduración de las uvas. Con este manejo de la vegetación se busca el sombreado de los racimos durante la tarde y así disminuir la temperatura.

De acuerdo con los objetivos del ensayo, se plantearon los siguientes tratamientos (Tabla 1) para el manejo de la vegetación:

Tabla 1. Descripción de los tratamientos realizados en el Ensayo 1.

DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN
Inclinada	Se inclina la vegetación con la ayuda de unas piezas metálicas de modo que la superficie de intercepción queda inclina unos grados sobre la vertical, favoreciendo la exposición de la cara E
No recogida W	No se recoge la vegetación de la cara oeste de la cepa, buscando un efecto similar al del tratamiento anterior pero con un menor coste
Testigo	Se recoge la vegetación de ambas caras de la espaldera

Para cada tratamiento se realizaron 6 repeticiones de filas completas tal y como muestra el Anexo 1. En cada una de las filas se seleccionaron un total de 20 cepas, 10 de ellas para realizar los controles no destructivos y las otras 10 cepas para el seguimiento de la maduración. En el Anexo 3, se presentan algunas fotografías de este ensayo.

3.3.2- Ensayo 2: Modificación de los ritmos de maduración propiciando la competencia con los ápices a través de la técnica del despunte y del riego

El objeto de este ensayo es evaluar cómo un despuntado severo realizado con posterioridad al cuajado, acompañado de diferentes dosis de riego que estimularán el crecimiento de los anticipados, puede modificar los ritmos del proceso de maduración de las uvas.

En la Tabla 2, se muestran los diferentes tratamientos que aplicaron para este ensayo y una breve descripción de lo que trata cada uno de ellos.

Tabla 2. Descripción de los tratamientos realizados en el Ensayo 2.

DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN
Despunte + R1	Se realizó un despunte severo en el estado tamaño guisante (25/6/2014), dejando entre 40 y 50 cm de vegetación. A partir del 21/7/2014 se empezó a regar una vez por semana (6h/riego)
Despunte + R2	Es el mismo tratamiento que el anterior pero la diferencia es que en este se riega dos veces por semana (6h/riego)
Despunte + R3	Mismo tratamiento que los anteriores pero dando tres riegos por semana (6h/riego)
Testigo	No se realizó el despunte y se aplicó la misma dosis de riego que en el primer tratamiento, un riego por semana (6h/riego)

De la misma forma que para el anterior ensayo, se realizaron 6 repeticiones de filas completas tal y como muestra el Anexo 1. En cada una de las filas se seleccionaron en total 20 cepas, 10 de ellas para realizar los controles no destructivos y las otras 10 cepas para el seguimiento de la maduración.

3.4- Método

3.4.1- Evaluación del estrés hídrico de las plantas

El estrés hídrico de la planta se llevó a cabo con una cámara de presión, la cual mide el potencial xilemático de la planta. Las mediciones que se realizaron a mediodía solar (14:00) que es el momento del día cuando las plantas se encuentran más estresadas. Las hojas analizadas pertenecían a los pámpanos principales y no debían de tener ningún tipo de daño. Antes de comenzar a medir el potencial, las hojas tenían que estar alrededor de dos horas cubiertas por una bolsa que no dejaba pasar la luz para que se produjera el equilibrio entre el potencial hídrico foliar y el xilemático. De esta manera al estar a oscuras no produce la fotosíntesis y el interior de la bolsa llega al 100% de humedad, entonces la transpiración es prácticamente cero. De esta manera se consigue una medida más estable para el potencial hídrico de la planta.

Pasado el tiempo de espera, se extrae del pámpano la hoja con el peciolo incluido, y se realiza un corte raso en este último y sin extraer la bolsa se coloca la hoja en la cámara de presión con el

extremo del peciolo sobresaliendo al exterior. Se empieza a inyectarle gas, en este caso nitrógeno, hasta que aparezca la savia en forma de gota sobre el corte practicado anteriormente en el peciolo y se anota la medida que marca el manómetro.

3.4.2- Evaluación del rendimiento de las cepas y peso de la uva

El rendimiento se estimó en vendimia, pesando todos los racimos obtenidos en 10 cepas de cada repetición. Estos racimos fueron pesados en la misma parcela con un dinamómetro de campo. El número de racimos se estimó a la vez que el rendimiento, contando los racimos que se pesaban en la báscula.

El peso de la baya se estimó en 6 momentos diferentes a lo largo de su desarrollo. La primera valoración se realizó con muestras de 50 bayas, pero las restantes se realizaron con muestras de 200 bayas. Todas estas muestras se recogían en campo y se transportaban en cámara hasta el laboratorio.

3.4.3- Evaluación de los parámetros básicos de calidad

Se llevaron a cabo análisis de grado probable, pH, acidez total, ácido málico, ácido tartárico, nitrógeno fácilmente asimilable (FAN) y concentración de potasio. Todos estos análisis fueron realizados por la empresa navarra Enonatura, utilizando un analizador NIR y realizaba los informes para después enviarlos al departamento. Las muestras que se llevaban para analizar eran de 100 bayas, se recogían en el campo y se transportaban hasta la empresa situada en Villatuerta (Navarra) en una cámara refrigerada para mantenerlas en las mejores condiciones posibles.

3.4.4- Evaluación de los parámetros de madurez fenólica

Se recogieron muestras de 200 bayas y se procedió al análisis de los parámetros de maduración en el laboratorio. La técnica que se utilizó fue el método Cromoenos (Anexo 4), que permite conocer:

- Índice de madurez fenólica (IMF): durante la maduración, indica si estamos cerca o lejos de obtener el valor máximo de color y el momento perfecto de inicio de la vendimia.
- Color probable embotellado (CPE): predice la intensidad colorante del vino obtenido después de la fermentación.
- Índice de polifenoles totales (IPT)
- Antocianos totales

4- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1- Ensayo 1: manejo de la vegetación

4.1.1- Efecto de la inclinación de la vegetación sobre la temperatura de los racimos

En el Anexo 2 se ve representada la evolución de la temperatura media observada en la zona de los racimos dependiendo del tipo de manejo de vegetación aplicado, esta evolución abarca más de tres meses, exactamente del 20/6/2014 al 27/9/2014. Los resultados presentados son el promedio de cuatro sondas colocadas en cada uno de los tratamientos, las tendencias observadas tendrán que ser confirmadas en las próximas campañas, ya que resulta muy complicado asegurar que las ubicaciones de las sondas consideradas en las cepas testigo y en las cepas sometidas a los tratamientos posean las mismas características entre ellas.

La Figura 12, muestra la diferencia media de temperaturas observada en las cepas de los dos tratamientos de manejo de vegetación teniendo como referencia el testigo a lo largo del verano. Se observa que el manejo de vegetación realizado afecta claramente a las temperaturas registradas en la zona de los racimos.

Cuando no se recogió la vegetación de la cara oeste, las temperaturas eran más bajas durante las primeras horas del día (aproximadamente hasta las 10-12 h), hasta las 16 h las temperaturas eran en general similares o en algunos casos algo mayores respecto al testigo, a partir de ese momento se observa un periodo de tiempo de 2-3 horas en el que las temperaturas eran claramente inferiores a las del testigo.

Este comportamiento coincide en general con lo buscado, especialmente el haber disminuido las temperaturas a la hora de la tarde. De esta forma se cumpliría el objetivo de evitar el sobrecalentamiento de los racimos cuando la insolación viene de la parte oeste, ya que es en ese momento en el que las temperaturas son las más elevadas. En cuanto a la caída inicial de la temperatura que se observa en la Figura 12 podría atribuirse al efecto del sombreado entre filas contiguas.

Respecto al otro tratamiento, en el cual se inclinaba la vegetación, el comportamiento que siguen las temperaturas es ligeramente distinto. En este caso, también se observa que a primera hora las temperaturas eran más bajas que en el testigo, pero a partir de entonces se observa un aumento de la temperatura bastante marcado hasta las 12 h, un descenso más o menos claro de 12 a 16 h, para después manifestarse de nuevo un aumento de temperatura respecto a la del testigo entre las 16:30 y las 19:30 h.

Es necesario verificar que este comportamiento se manifieste también en las próximas campañas, según lo que parece es que en este caso se consiguen modificar el régimen de temperaturas de los racimos, si bien la reducción de las temperaturas conseguida ocurre durante las horas centrales del día y no durante la tarde. Por lo que este tratamiento no cumple del todo el objetivo buscado.

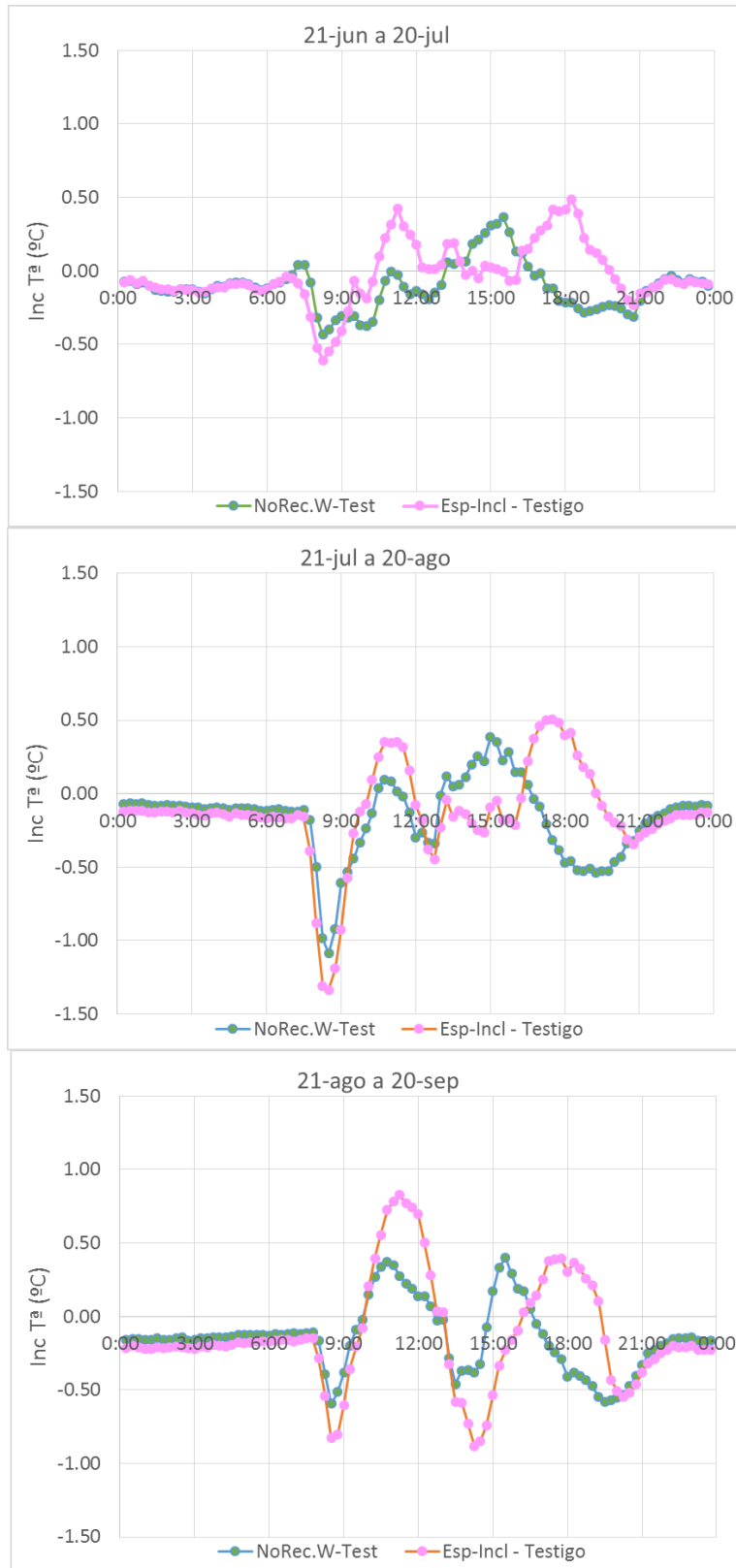


Figura 12. Evolución diaria del diferencial de temperatura (°C) respecto al testigo de las cepas en las que no se recogía la vegetación de la cara oeste o se inclinaba la vegetación.

4.1.2- Efecto de la inclinación de la vegetación sobre el estado hídrico de las cepas

La Figura 13 representa la evolución del potencial hídrico xilemático medido a mediodía solar (14:00) en los dos tratamientos en los que se inclinó la vegetación comparándolos con el testigo. Se observa como la inclinación de la vegetación provocó diferencias en dicho estado hídrico, produciendo niveles de estrés mayores (potencial hídrico más bajo) que en el testigo. Estas diferencias pueden ser debidas a que, la inclinación de la vegetación favorece una mayor interceptación de radiación por la mañana, y a su vez una mayor demanda de agua en ese periodo.

Si se observa la figura, se ve claramente como el 19 de agosto cambia totalmente la tendencia de la evolución del estrés de la planta. Esto se debe a que el día anterior, se registró una lluvia caída de 11 mm, de ahí el aumento de potencial hídrico de la planta.

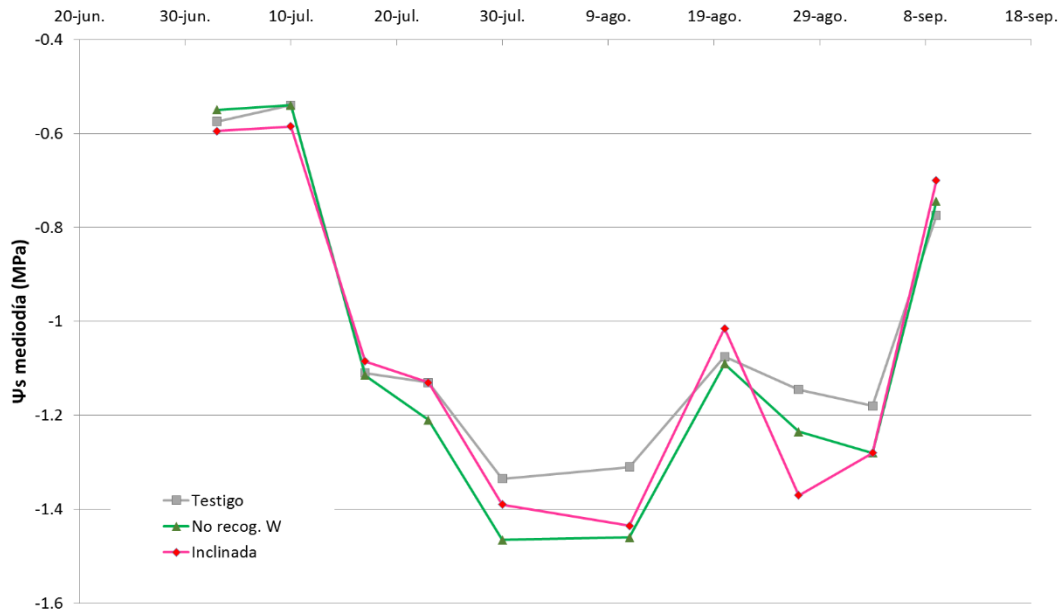


Figura 13. Efecto de la inclinación de la vegetación sobre la evolución del potencial hídrico xilemático a mediodía solar.

4.1.3- Efecto de la inclinación de la vegetación sobre la evolución del envero

La Figura 14 representa la evolución del envero de las cepas seleccionadas dependiendo del tipo de manejo de vegetación que se esté aplicando. Se observa como el manejo de no recoger la vegetación de la cara oeste causó un ligero retraso en las fases iniciales del envero, con una diferencia máxima que no superó el 10% de bayas enveradas entre los tratamientos, aunque a partir del 50% de envero el comportamiento de los dos manejos fue bastante similar respecto al testigo.

Por lo tanto, aunque parezca que el mayor sombreado en los racimos de las cepas en las que no se recogió la vegetación pueda retrasar el inicio del envero, estas diferencias no son especialmente relevantes para el conjunto de este proceso. También hay que decir que la medición del porcentaje de envero es bastante subjetiva, ya que se realiza a “ojo”, por lo que tampoco se puede garantizar que los datos obtenidos sean del todo precisos.

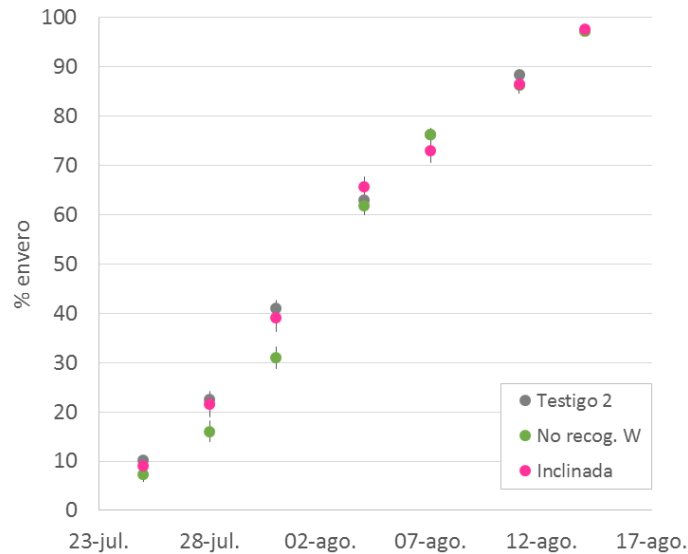


Figura 14. Efecto de la inclinación de la espaldera sobre la evolución del envero. Las barras verticales representan los valores del error estándar observadas para la variable.

4.1.4- Efecto de la inclinación de la vegetación sobre el rendimiento y sobre el desarrollo de las bayas

En la Figura 15 se muestran los rendimientos obtenidos en los tratamientos de inclinación de vegetación, además del número de racimos producidos por cada una de las cepas. Viendo los resultados, se deduce que los tratamientos de inclinación de la espaldera no han producido diferencias claras de rendimiento, no obstante se aprecia una ligera tendencia a que en aquellas cepas en las que se inclinaba la vegetación fueran más bajos.

Esta tendencia se ve confirmada al comparar los valores obtenidos del peso de baya (Figura 16), se observa que en cinco de las seis fechas de muestreo realizadas, las cepas del testigo eran de mayor peso en comparación con las cepas en las que se aplicaban los tratamientos de inclinación de la vegetación. Una de las causas podría haber sido que el número de racimos presentes en la cepa testigo fuera menor que el resto de tratamientos, pero se observa en la Figura 15 que el número de racimos por tratamiento son prácticamente los mismos, por lo que esta causa queda descartada.

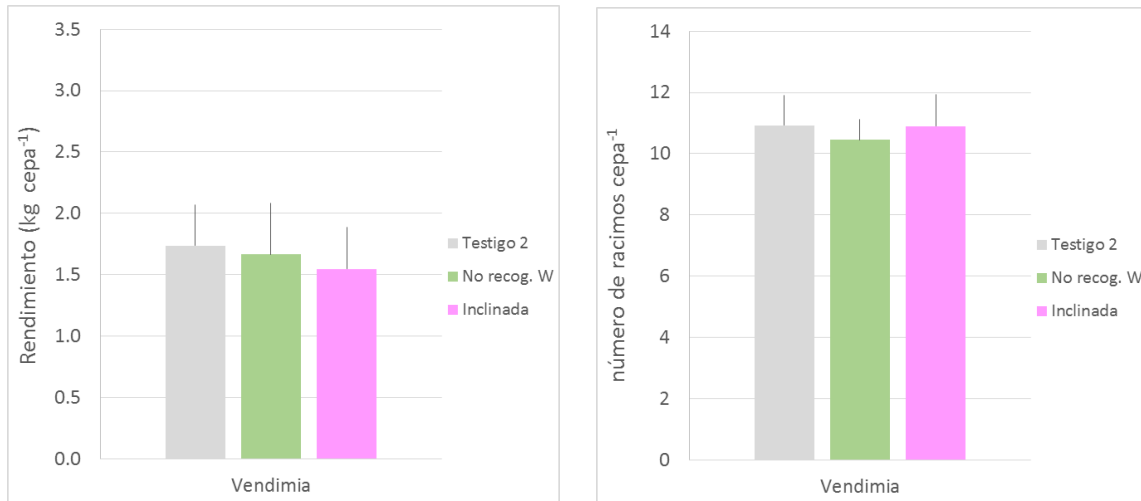


Figura 15. Efecto de la inclinación de la espaldera sobre el rendimiento y el número de racimos. Las barras verticales representan los valores del error estándar observados para la variable.

Una de las razones de este comportamiento estaría relacionada con el régimen de temperaturas de los racimos. Estas técnicas del manejo de la vegetación producen temperaturas más frescas, ya que se sombrea la cara de la tarde que es cuando los racimos reciben normalmente la mayor intercepción de radiación directa. Esto puede provocar que los racimos no reciban toda la radiación que necesiten, provocando así una disminución en el peso de la baya (Figura 16). Sería necesario confirmar este efecto en las próximas campañas, dado que el verano de 2014 ha sido anormalmente fresco, y en otras condiciones dicho efecto podría ser distinto al que ha resultado esta campaña.

Asimismo, se podría destacar que no se observa una reducción relevante en el peso de las bayas al final del periodo de maduración, algo que ocurre de una forma muy habitual en la variedad “Tempranillo”. Por lo que se puede decir que la inclinación de la vegetación podría tener un efecto favorable adicional, reduciendo este fenómeno y evitando pasificaciones de las uvas por golpes de calor, si bien este último efecto no se ha observado esta campaña dadas las frescas temperaturas.

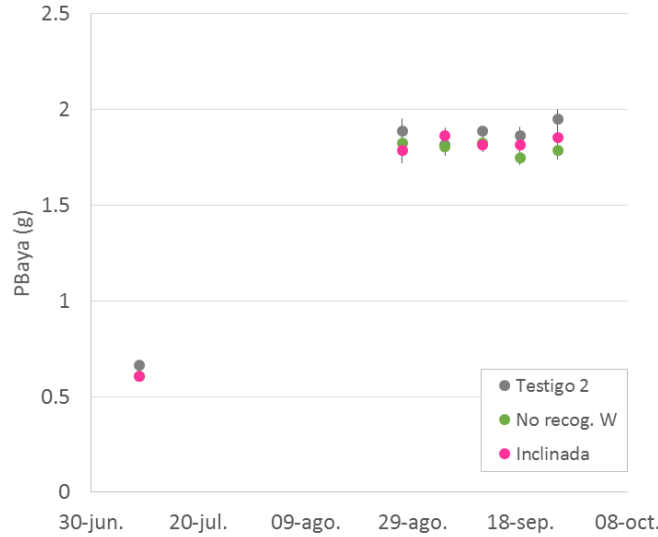


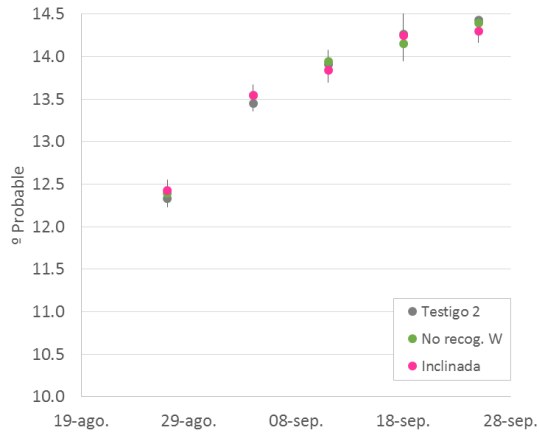
Figura 16. Efecto de la inclinación de la vegetación sobre el desarrollo de las bayas. Las barras verticales representan los valores del error estándar observados para la variable.

4.1.5- Efecto de la inclinación de la vegetación sobre la evolución de la maduración

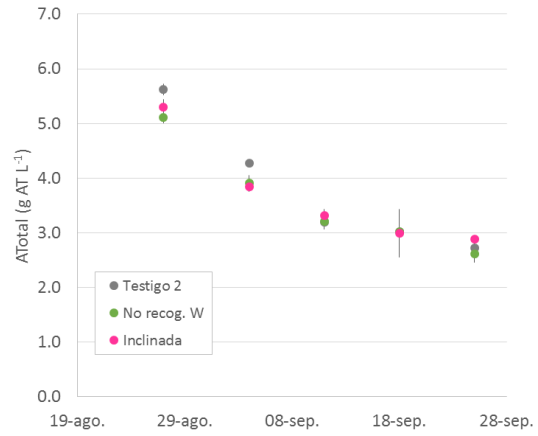
La Figura 17 representa los resultados de la evolución de los parámetros básicos de madurez obtenidos a lo largo del ensayo. En términos generales no se observan diferencias marcadas entre los diferentes tratamientos, y las que se observan pueden deberse más al error experimental del muestreo y del análisis que al efecto de las técnicas de manejo de vegetación que se aplica.

El único parámetro en el que se observa alguna diferencia entre los tratamientos y el testigo es en la concentración de potasio, los dos tratamientos de inclinación de la vegetación poseen concentraciones de potasio más elevadas que el testigo. Esto podría explicar el porqué en vendimia los pH de los tratamientos son algo mayores, ya que a mayor concentración de potasio mayor es el pH de la uva.

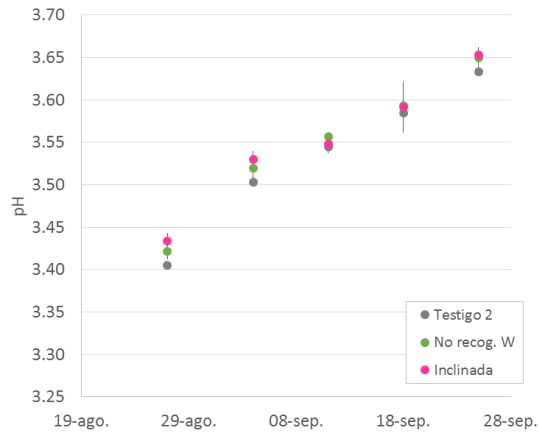
A) Grado probable



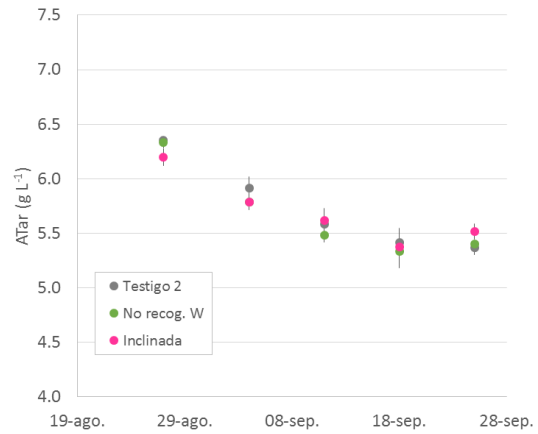
B) Acidez total



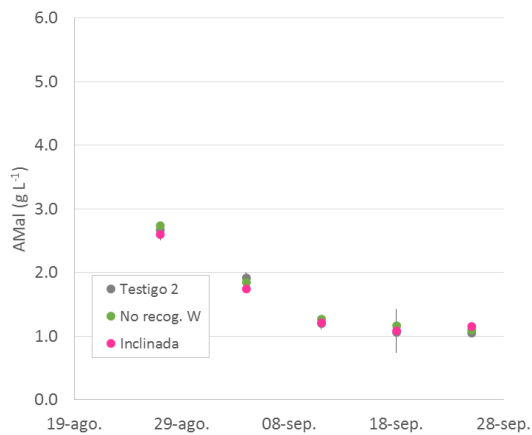
C) pH



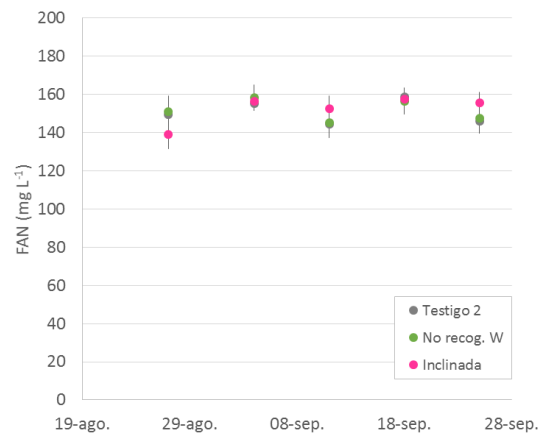
D) Ácido tartárico



E) Ácido málico



F) Nitrógeno fácilmente asimilable



G) Potasio

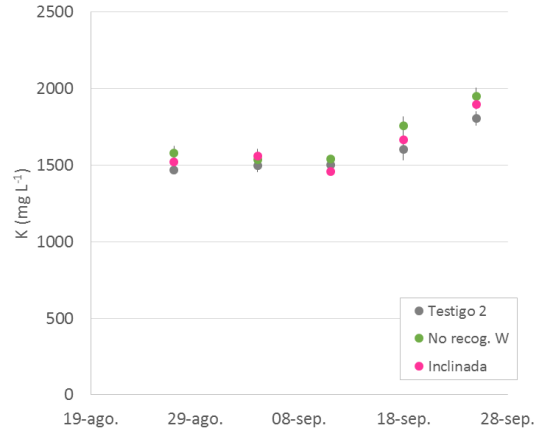


Figura 17. Efecto de la inclinación de la vegetación sobre la evolución de la maduración: A) Grado alcohólico, B) Acidez total, C) pH, D) Ácido málico, E) Ácido tartárico, F) Nitrógeno fácilmente asimilable y G) Potasio. Las barras verticales representan los valores del error estándar observados para cada variable.

En lo que respecta a los parámetros de madurez fenólica, se presentan únicamente los resultados de dos fechas (11 de septiembre y vendimia que fue el 25 de septiembre) dado que un problema técnico en el proceso de extracción invalidó las medidas realizadas el 18 de septiembre.

En el caso de la madurez fenólica, los resultados sí que se observan tendencias de interés cuando se aplica la inclinación de la vegetación (Figura 18), destacando por encima de todos los tratamientos el que no se recogió la vegetación de la cara oeste. Las cepas de este tratamiento presentaron los valores más altos en antocianos totales, color probable y en el índice de polifenoles totales (8A, B, C).

En cuanto al objetivo principal, el de retrasar la maduración, se observa que los valores de IMF del tratamiento de no recoger la cara oeste son similares o ligeramente superiores al resto de los tratamientos (Figura 8D), lo que indica una maduración fenólica ligeramente más retrasada. Esto es debido a que cuanto más elevado sea el valor a partir del 1,5, indica que más verde se encuentra la uva y por lo tanto más astringente sería el vino.

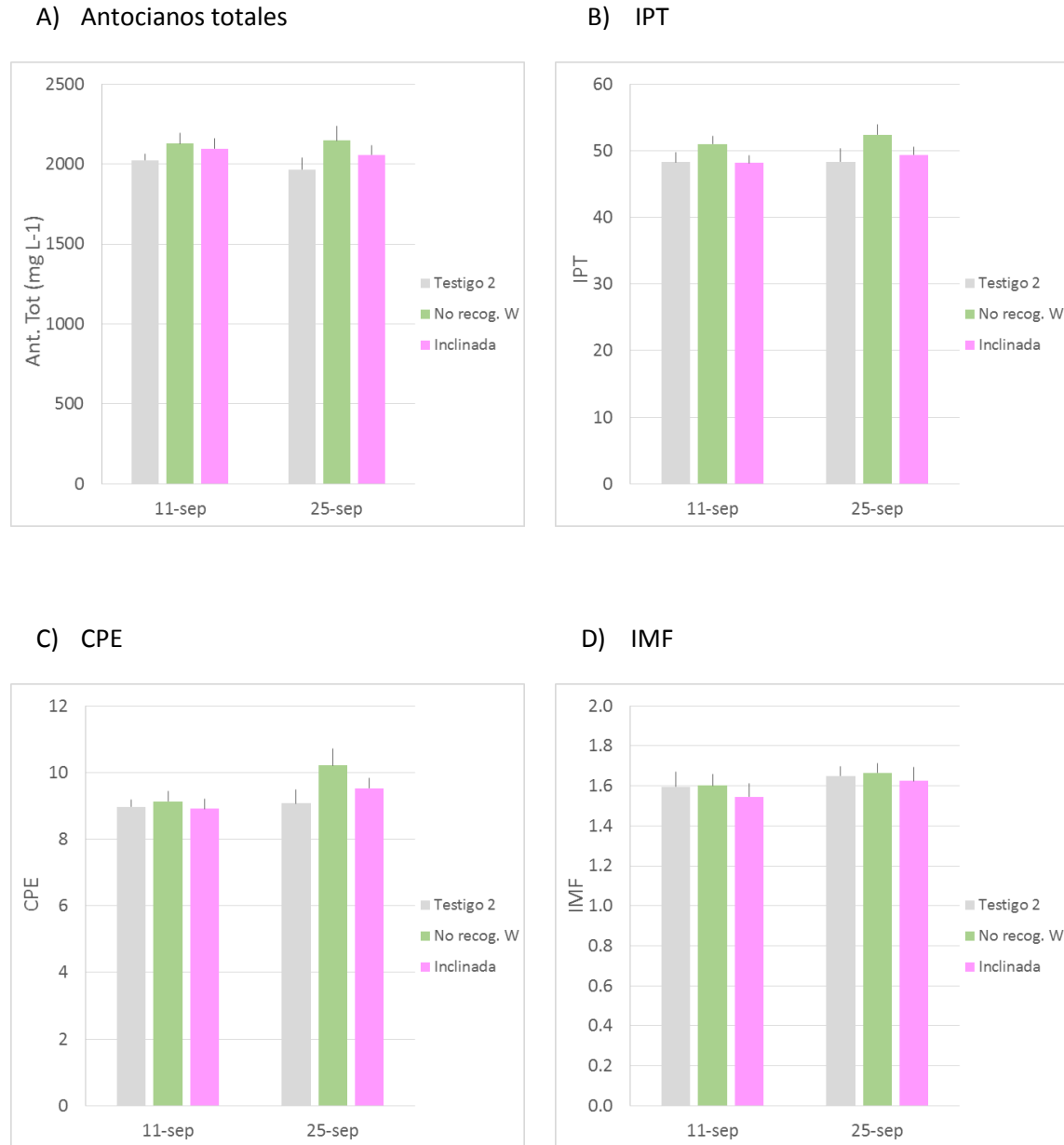


Figura 18. Efecto de la inclinación de la vegetación sobre la madurez fenológica: A) Antocianos totales, B) Índice de polifenoles totales (IPT), C) Color probable en embotellado e D) Índice de madurez fenológica. Las barras verticales representan los valores del error estándar observados para cada variable.

El conjunto de estos efectos hace considerar que, en las condiciones de este año, en las que el verano ha sido anormalmente fresco, la técnica que podría tener más interés sería la de no recoger la espaldera en la cara oeste.

4.2- Ensayo 2: efecto del despunte severo y la aplicación de riego

4.2.1- Efecto del despunte severo y la aplicación de riego sobre el estado hídrico de las cepas

En la Figura 19 se presenta la evolución del potencial hídrico xilemático medido a mediodía solar (14:00) en los cuatro tratamientos aplicados en este segundo ensayo. Como era de esperar, las diferencias en las dosis de riego provocaron diferencias muy notables en el estado hídrico, de forma que los riegos más frecuentes resultaron cepas menos estresadas (potencial hídrico más alto).

Las diferencias observadas en el estado hídrico han sido muy notables, de forma que puede considerarse que las cepas del tratamiento R3 sólo sufrieron algo de estrés a mediados de julio, ya que es justamente antes de que se comenzaran a dar los riegos. Las cepas de R2 estuvieron sometidas a un estrés medio durante la mayor parte del mes de agosto, mientras que las de R1 alcanzaron niveles de estrés relativamente alto a finales de julio, manteniéndose en estos niveles hasta principios de septiembre.

Las cepas del testigo, es decir, las no despuntadas, presentaban un nivel de estrés algo mayor que las de las plantas despuntadas con la misma dosis de agua (R1). Estas diferencias entre los tratamientos fueron estables a lo largo de todo el ciclo, y son probablemente consecuencia de un menor gasto de agua asociado a una menor superficie foliar producida por el despunte severo.

Al igual que en el Ensayo 1, hay que recalcar que la lluvia ocurrida el día 18 de agosto provocó una recuperación hídrica, aunque los tratamientos menos regados (R1 y R2) no llegaron a igualarse con el tratamiento más regado (R3).

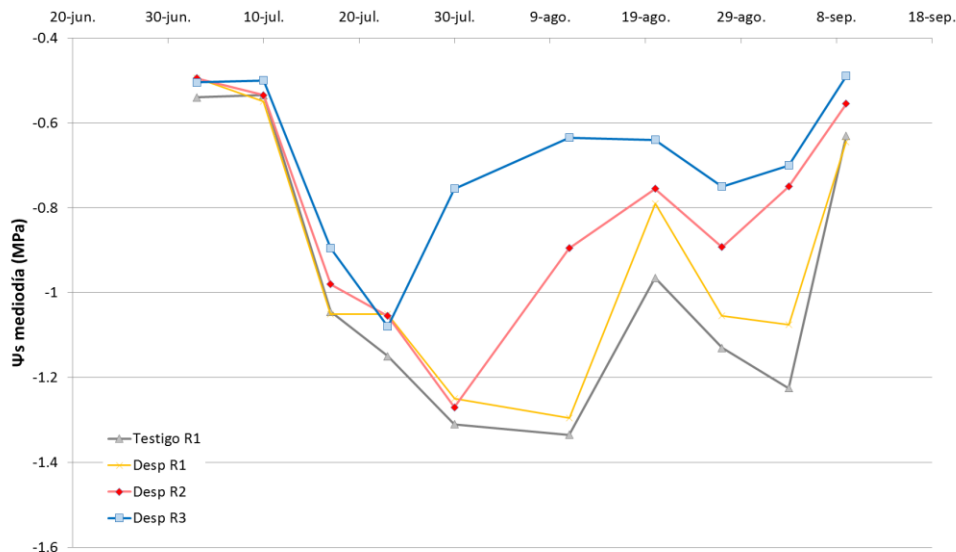


Figura 19. Efecto del despunte severo y la aplicación de riego sobre la evolución del potencial hídrico xilemático a mediodía solar.

4.2.2- Efecto del despunte severo y la aplicación de riego sobre la evolución del envero

En la Figura 20 se observa la evolución del envero en función de si se realizaba despunte o no, y de las dosis de riego aportadas. Se observa que el despunte realizado tuvo un efecto muy relevante sobre la evolución del envero, se alcanzó una diferencia de más del 15% entre el testigo y el R1 para una misma fecha, todo esto supuso un retraso de alrededor de cinco días respecto al testigo.

Además, se puede observar claramente como las dosis de riego han supuesto también un retraso en la maduración, contra mayor es la dosis mayor retraso se produce. Aquí las diferencias se ven de una forma menos marcada, pero aún así se observa que han llegado a distanciarse casi un 10% entre distintas dosis de riego.

Por lo tanto la aplicación de ambas técnicas, es decir, el despunte seguido de diferentes dosis de riego, ha conseguido provocar el efecto del retraso fenológico de aproximadamente una semana, lo cual supone un alargue del periodo herbáceo en el desarrollo de las bayas.

De todas formas, como ya se ha explicado en el ensayo anterior, los datos del porcentaje de envero son tomados de una forma muy subjetiva por lo que hay que tomarlos como datos orientativos ya que dependiendo de la persona que realice las observaciones de envero pueden ser unos valores u otros.

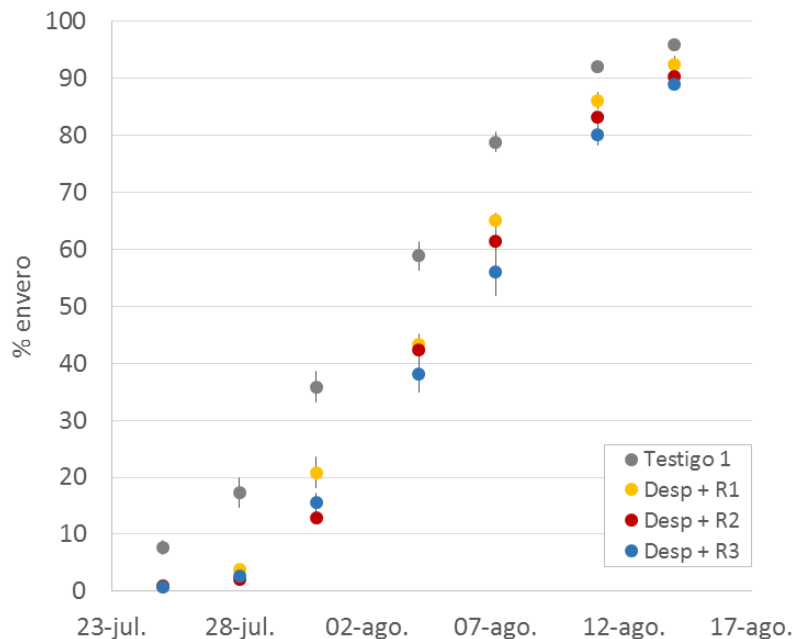


Figura 20. Efecto del despunte severo y la aplicación de riego sobre la evolución del envero. Las barras verticales representan los valores del error estándar observadas para la variable.

4.2.3- Efecto del despunte severo y la aplicación de riego sobre el rendimiento y sobre el desarrollo de las bayas

La Figura 21 representa el rendimiento obtenido en los diferentes tratamientos aplicados y el número de racimos que produjeron las cepas en cada uno de ellos. Se observa claramente que las cepas que sufrieron el despunte severo resultaron menos productivas que las no despuntadas.

Estas diferencias pueden explicarse en parte por las diferencias en el número de racimos que portaban las cepas, algo menor en las cepas despuntadas, probablemente como consecuencia de que a la hora de realizar el despunte no se tuvo el suficiente cuidado y se produjeron roturas de pámpanos o de racimos. Además, es posible que el despunte, al realizarse de una forma tan severa, pueda haber afectado de alguna manera al desarrollo inicial de las bayas. Se dice esto ya que no se puede explicar que la pérdida de producción sea tan alta, un 31% menos en el caso de R1, ya que si sólo se atiende al número de racimos se observa que solo es un 11% menos. Además teniendo en cuenta que el peso de las bayas del testigo era más bajo, como se muestra en la Figura 22.

La próxima campaña se deberá prestar mayor atención al desarrollo de las bayas en las cepas despuntadas, para poder valorar si la ejecución de esta técnica podría reducir el rendimiento y poder tomar alguna medida al respecto.

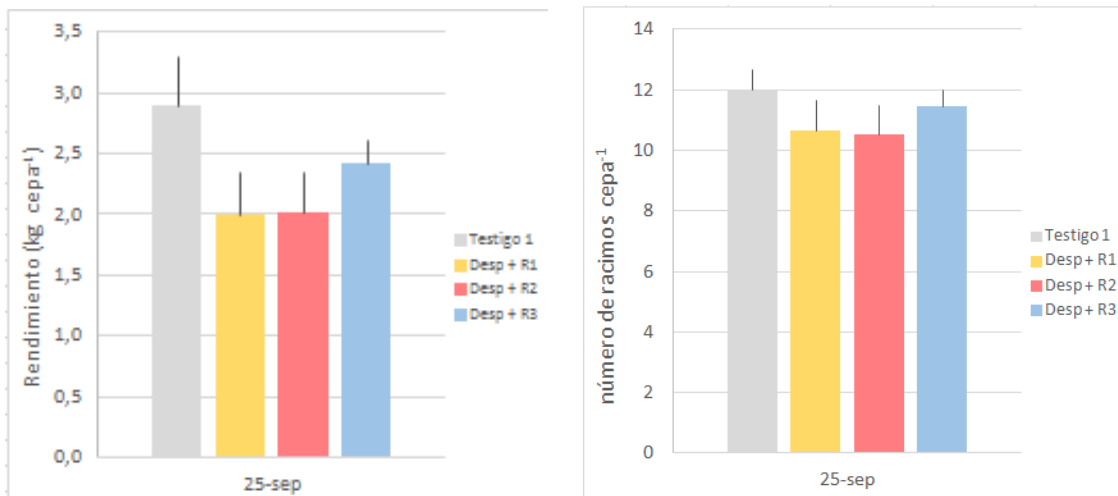


Figura 21. Efecto de la inclinación de la espaldera sobre el rendimiento y el número de racimos. Las barras verticales representan los valores del error estándar observados para la variable.

En relación al efecto que ejerce las distintas dosis de riego aplicadas (Figura 21), se observa que hay un aumento claro en el rendimiento de las cepas con el tratamiento R3 respecto al R2 y R1, más concretamente el R3 le supera a los otros dos en un 17%. Todos estos datos se demuestran en

la Figura 22, ya que el tratamiento R3 posee el mayor peso por baya en la mayoría de los muestreos realizados.

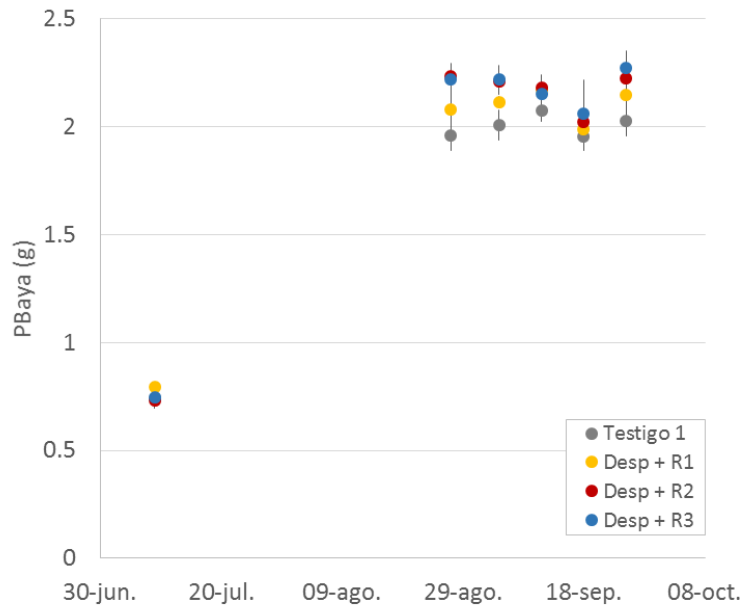


Figura 22. Efecto del despunte severo y la aplicación de riego sobre el desarrollo de las bayas. Las barras verticales representan los valores del error estándar observados para la variable.

4.2.4- Efecto del despunte severo y la aplicación de riego sobre la evolución de la maduración

La ejecución del despunte severo ha logrado el objetivo propuesto de retrasar todo el proceso de maduración, por lo que desde este punto de vista consigue el efecto buscado. Si se compara el testigo y las cepas despuntadas con igual dosis de riego que el anterior (R1), algo de retraso se observa en términos de acidez total, málica y tartárica, sin que se observen diferencias respecto al testigo ni en el grado probable ni en el pH (Figura 23). Sin embargo, si se tiene en cuenta que las diferencias de rendimiento eran notables, el hecho de que su evolución fuera similar es indicativo de un retraso fisiológico en la maduración, ya que lo normal sería que al tener menor rendimiento, el grado probable y el pH fueran más elevados.

Los valores del pH (Figura 23C) muestran un claro retraso en la maduración, ya que aún cuando el tratamiento R1 posee niveles de concentración de potasio mayores que el testigo (Figura 23G), el pH del testigo está siempre por encima del R1. Al final del periodo de maduración los pH se igualan entre los dos tratamientos al igual que la concentración de potasio.

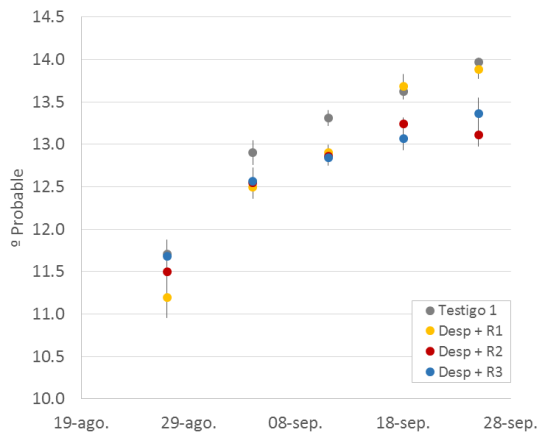
Cuando se considera el efecto combinado del despunte y la aplicación de una mayor dosis de riego, el efecto observado es mucho más claro, existiendo diferencias claras en la evolución de todos los parámetros básicos de maduración respecto al testigo. A fecha de vendimia, el testigo se encontraba casi un grado por encima del R2 y R3. En la acidez total se observa como en los

tratamientos en los que se aplicaron el despunte y diferentes dosis de riego, provocó 1 g/l por encima del testigo. La diferencia en el pH entre estos tratamientos es menos marcada pero muestra la misma tendencia, los tratamientos de despunte y riego poseen menor pH en comparación con el testigo.

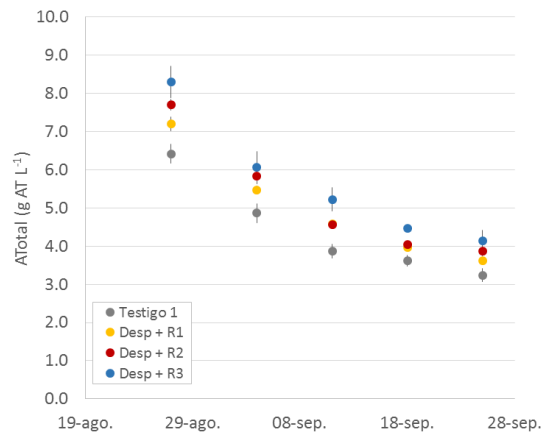
El único parámetro que no se ha visto influenciado por los diferentes tratamientos ha sido el nitrógeno fácilmente asimilable (FAN), que como se observa en la Figura 23E no existen diferencias.

Todo esto hace que se justifique el notable interés que se tiene en estos tratamientos ya que consiguen el objetivo de retrasar la maduración.

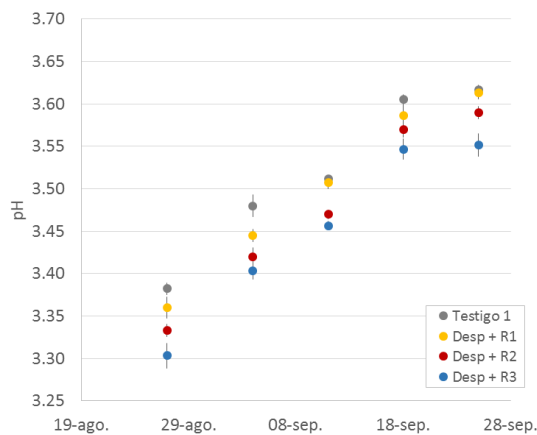
A) Grado probable



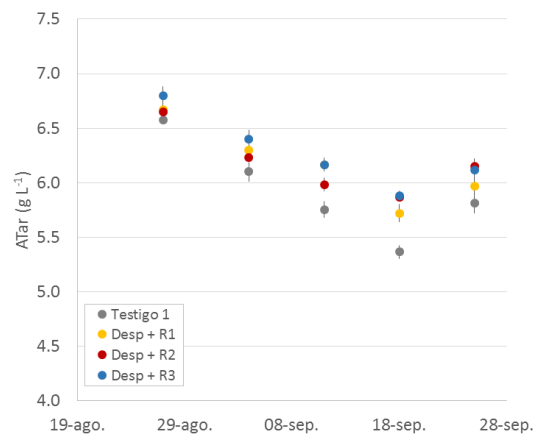
B) Acidez total



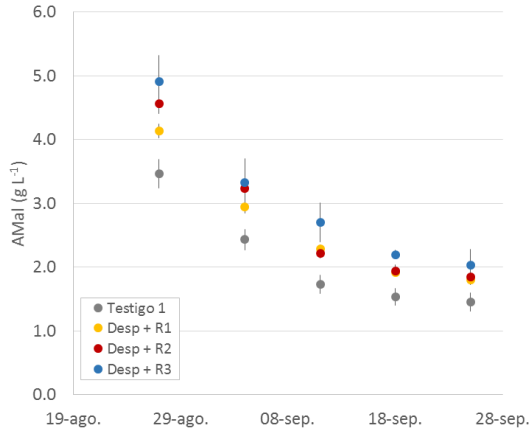
C) pH



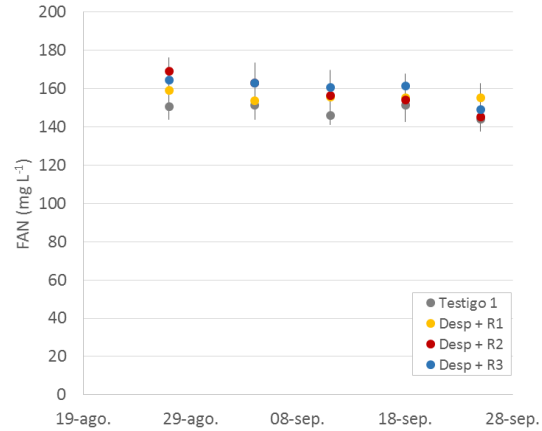
D) Acidez tartárica



E) Acidez málica



F) Nitrógeno fácilmente asimilable



G) Potasio

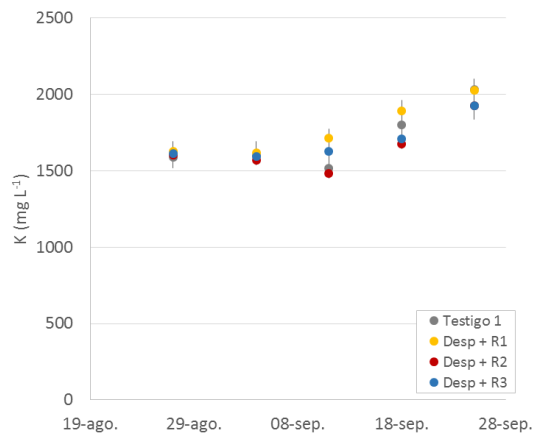


Figura 23. Efecto del despunte severo y la aplicación de riego sobre la evolución de la maduración:

A) Grado alcohólico, B) Acidez total, C) pH, D) Ácido málico, E) Ácido tartárico, F) Nitrógeno fácilmente asimilable y G) Potasio. Las barras verticales representan los valores del error estándar observados para cada variable.

En lo que respecta a la madurez fenólica, al igual que en el ensayo anterior, se presentan solamente los resultados de dos fechas de análisis (11 de septiembre y 25 de septiembre), al no ser correctos las mediciones del día 18 de septiembre, como consecuencia de un problema técnico en el proceso de extracción. Los resultados de estos análisis se representan en la Figura 24.

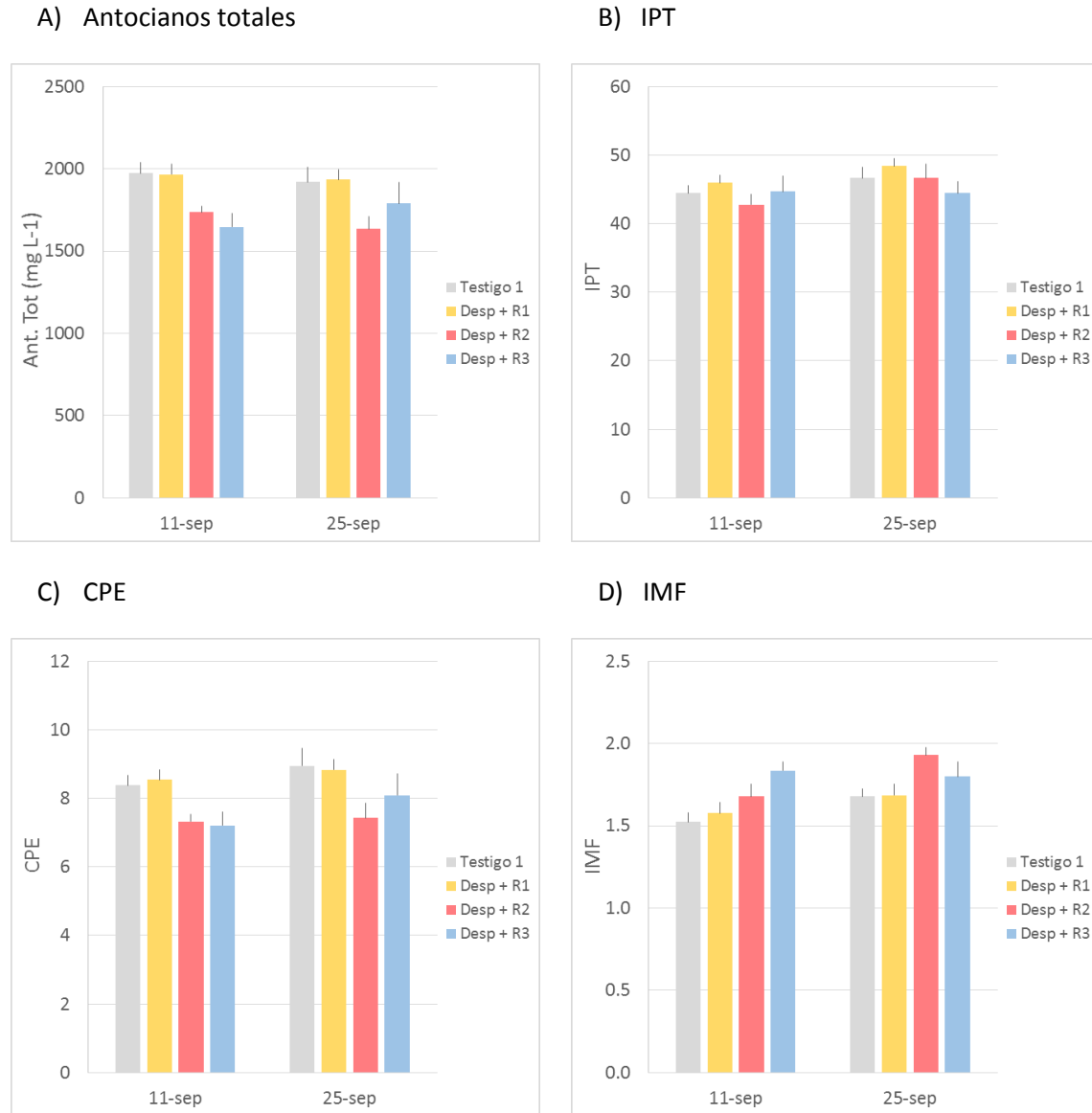


Figura 24. Efecto del despunte y la aplicación de riego sobre la madurez fenólica: A) Antocianos totales, B) Índice de polifenoles totales (IPT), C) Color probable en embotellado e D) Índice de madurez fenólica. Las barras verticales representan los valores del error estándar observados para cada variable.

Se comprueba que la madurez fenólica entre las cepas despuntadas que recibían el mismo aporte de agua que el testigo era similar a la de este último, tanto en antocianos totales, polifenoles totales, color probable del embotellado y el índice de madurez fenólica. Por lo que se puede decir que la acción del despunte no ha afectado en gran medida a los parámetros enológicos estudiados.

En cuanto a los tratamientos que recibían una mayor dosis de riego, se observó una menor concentración de antocianos totales lo que ha derivado en un menor color probable (Figura 25A, C); pero con niveles de polifenoles totales similares a los del testigo. Si se observa el índice de madurez fenólica (Figura 25D), en el cual se muestra el momento de madurez fenólica de las bayas, se ve como existe un retraso en la madurez fenólica que, unida a la menor concentración de azúcares y mayor de ácidos, permitiría retrasar la fecha de vendimia, lo que podría suponer una mejor madurez fenólica.

No ha sido posible comprobar este supuesto ya que, por razones logísticas, no se pudieron dejar las cepas de los tratamientos con más dosis de riego para vendimiarlas cuando las bayas hubiesen alcanzado la misma graduación alcohólica que la del testigo. Sin embargo estos resultados justifican el interés de seguir evaluando estas técnicas en próximas campañas y así poder aplicarlas en un futuro a toda la finca.

4.3- Discusión final

Los resultados obtenidos en general han sido prometedores con los objetivos de los ensayos, por un lado la inclinación de la vegetación para intentar disminuir la temperatura en la parte de los racimos y por otro lado el despunte con diferentes dosis de riego. Ambos ensayos tenían como objetivo principal el retraso de la maduración de las uvas.

En el primer ensayo, que trataba de diferentes técnicas utilizadas para variar la orientación de la vegetación, los resultados han sido positivos pero no del todo concluyentes. Se ha observado que sin recoger la cara oeste de la cepa se puede retrasar algo la maduración, pero no todo lo que se pretende. En esta campaña, se ha modificado la temperatura en los racimos pero no supone un retraso claro de la maduración, aún siendo uno de los factores más influyentes del proceso. Será necesario realizar de nuevo el ensayo la próxima campaña, para observar los resultados en un verano más caluroso, ya que el de este año fue bastante fresco.

Respecto al ensayo del despuntado seguido de diferentes dosis de riego, los resultados han sido positivos en lo que respecta al retraso de maduración. Cuando se realiza el despunte severo y se aplica dosis de riego elevadas, se produce una competencia entre el crecimiento de los ápices y el desarrollo de los racimos lo que lleva a retrasar de la maduración. Con esta técnica se ha llegado a demorar la maduración hasta una semana respecto del testigo, con lo cual se puede afirmar que esta técnica causa retraso en la maduración. No obstante, esta técnica ha supuesto que los rendimientos obtenidos han sido más bajos que de normal, este efecto no coincide con Martínez de Toda et al. (2014). Por lo que se piensa que el despunte severo realizado ha tenido que ver en ello, entonces las próximas campañas se debería aplicar un despunte menos severo para ver cómo afecta al rendimiento y al desarrollo de la maduración de la uva.

La dosis de riego más baja supuso un aumento en la concentración de azúcar y un incremento en el nivel de antocianos en las bayas, además el despunte severo no afectó al contenido de antocianos. Estos resultados fueron confirmados a través de los ensayos de Herrera et al. (2015). Además en uno de los años de este último ensayo, el efecto del despunte supuso un descenso en la concentración de azúcar al igual que ocurre en este Trabajo.

En conjunto, los resultados obtenidos son bastante prometedores en lo que respecta al retraso de la maduración, pero se debería haber cosechado las cepas seleccionadas para un mismo valor de grado alcohólico. De esta forma se podría haber analizado los datos de manera más objetiva, ya que de la forma en que se recogieron no se sabe si se produce una madurez retardada o incompleta.

Además, debido a que el verano fue bastante atípico no se deberían sacar conclusiones definitivas. Estos resultados hay que considerarlos como orientativos y habrá que esperar a los resultados de las próximas campañas para poder sacar conclusiones ya definitivas acerca del efecto de estas técnicas.

5- CONCLUSIONES

Las conclusiones de este Trabajo de Fin de Grado son las siguientes:

- Es posible retrasar el ciclo de la vid, mediante intervenciones en la vegetación y con la ayuda del riego.
- De las dos técnicas utilizadas, el despunte seguido de diferentes dosis de agua, ha resultado ser más eficaz ya que ha retrasado la fecha de envero una semana y consigo los principales parámetros analíticos de dichas uvas.
- Los resultados presentados hasta el momento corresponden a una sola campaña, siendo esta atípica por las frescas temperaturas dadas en el verano, por lo que deben tomarse con cierta precaución.

6- BIBLIOGRAFÍA

- Aguirrezábal, F. (1989). *Poda en verde I*. Estación de viticultura y enología de navarra. Navarra agraria 43-55.
- Andrades, M.S. y González, M.L. (1995). *Influencia climática en la maduración de la uva: estudio de cultivares de La Rioja y de Madrid*. Zubia, 7, 79-102.
- Armas, C.I. (2013). *Viticultura y cambio climático*. Trabajo Fin de Grado. Facultad de Ciencias, Estudios Agroalimentarios e Informática de la Universidad Pública de La Rioja.
- Bindi, M., Fibbi, L., Gozzini, B., Orlandini, S., Miglietta, F. (1996). *Modelling the impact of future climate scenarios on yield and yield variability of grapevine*. Climate Research, 7, 213-224.
- Bindi, M., Fibbi, L., Miglietta, F. (2001b). *Free Air CO₂ Enrichment (FACE) of grapevine (Vitis vinifera L.): II. Growth and quality of grape and wine in response to elevated CO₂ concentrations*. European Journal of Agronomy, 14, 145-155.
- Blouin, J. y Guimberteau, G. (2004). *Maduración y madurez de la uva*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Carroll, D.E., Marcy, J.E. (1982). *Chemical and physical changes during maturation of Muscadine grapes (Vitis rotundifolia)*. American Journal of enology and viticulture, 33 (3), 172-186.
- Duchêne, E., Schneider, C. (2005). *Grapevine and climatic changes: a glance at the situation in Alsace*. Agronomic for Sustainable Development, 25, 93-99.
- Herrera, J.C., Bucchetti, B., Sabbatini, P., Comuzzo, P., et al. (2015). *Effect of wáter déficit and severe shoot trimming on the composition of Vitis vinifera L. Merlot grapes and wines*. Autralian Journal of Grape and Wine Research, 21 (2), 254-265.
- Hidalgo, L. y Hidalgo, J. (2011). *Tratado de Viticultura*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Hrazdina, G., Parsons, G.F., Mattic, L.R. (1984). *Phylogical and biochemical events during development and maturation of grape berries*. American Journal of enology and viticulture, 35 (4), 220-227.
- Huglin, P. (1986). *Biologie et ecologie de la vigne*. Payot., Paris.
- IPCC (2013). *Cambio climático 2013*. Resumen técnico. Recuperado el 1 de junio de 2015 de: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
- Jones, G.V., Alves, F. (2011). *Impacts of climate change on wine production: a global overview and regional assessment in the Douro valley of Portugal*. Proceedings of the global conference on global warming (11-14 July 2011, Lisbon, Portugal).

Jones, G.V., Davis, R.E. (2000) *Climate influences on grapevine phenology, grape composition, and wine production and quality for Bordeaux; France*. Australian Journal of Grape and Wine Research, 51 (3), 249-261.

Jones, G.V., Webb, L. (2010). *Climate change, viticulture, and wine: Challenges and opportunities*. Journal of Wine Research, 21 (2-3), 103-106.

Jones, G.V., White, M.A., Cooper, O.R., Storchmann, K. (2005). *Climate change and global wine quality*. Climatic change, 73, 319-343.

Lissarrague, J.R., Baeza, P., Sanchez de Miguel, P. *Operaciones en verde en el viñedo*. Grupo de investigación en viticultura - Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Recuperado el 10 de junio de 2015 de: <http://ocw.upm.es/produccion-vegetal/viticultura/contenidos/tema52operacionesverdeviñedo.pdf/view>.

Martínez de Toda, F., Balda, P. (2013). *Delaying berry ripening through manipulating leaf area to fruit ratio*. Vitis, 52 (4), 171-176.

Martínez de Toda, F., Sancha, J.C., Zheng, W., Balda, P. (2014). *Leaf area reduction by trimming, a growing technique to restore the anthocyanins: sugar ratio decoupled by the warming climate*. Vitis, 53 (4), 189-192.

Mira de Orduña, R. (2010). *Climate change associated effects on grape and wine quality and production*. Food Research International, 43, 1844-1855.

Moreno, J.M. (Director), Aguiló, S., Alonso, M., Álvarez, M., Andón, R., Ballester, F., et al. (2005). *Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático*. Madrid: Secretaría general técnica. Ministerio de Medio Ambiente, y del Medio Rural y Marino.

Mori, K., Goto-Yamamoto, N., Kitayama, M., Hashizume, K. (2007). *Loss of anthocyanins in red-wine grape under high temperature*. Journal of Experimental Botany, 58 (8), 1935-1945.

Mori, K., Saito, H., Goto-Yamamoto, N., Kitayama, M., et al. (2005). *Effects of abscisic acid treatment and night temperatures on anthocyanin composition in Pinot noir grapes*. Vitis, 44 (4), 161-165.

Myburgh, P.A. (2003). *Responses of Vitis Vinifera L. cv. Sultanina to water deficits during various pre- and post-harvest phases under semi-arid conditions*. South African journal for enology and viticulture, 24 (1), 25-33.

Ojeda, H., Andary, C., Kraeva, E., Carbonneau, A., Deloire, A. (2002). *Influence of pre- and postveraison water deficit on synthesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growth of Vitis vinifera cv. Shiraz*. American Journal of enology and viticulture, 53 (4), 261-267.

Resco, P. (2012). *Impacto del cambio climático en el viñedo en España*. Trabajo Fin de Master. Departamento de economía y ciencias sociales agrarias de la Universidad Politécnica de Madrid.

- Reynier, A. (2013). *Manual de viticultura*. Barcelona: Omega.
- Rodriguez, L.C., López, C., Lissarrague J.R., Torres, M., Martínez, L. (2012). *Consecuencias de la aplicación del riego para atenuar los efectos del calentamiento global en el viñedo*. Agricultura, 953, julio-agosto.
- Sadras, V.O., Stevens, R.M., Pech, J.M., Taylor, E.J., Nicholas, P.R., McCarthy, M.G. (2007). *Quantifying phenotypic plasticity of berry traits using an allometric-type approach: a case study on anthocyanins and sugars in berries of Cabernet Sauvignon*. Australian Journal of Grape and Wine Research, 13, 72-80.
- Salazar-Parra, C. (2011). *Vid y cambio climático. Estudio del proceso de maduración de la baya en esquejes fructíferos de tempranillo en respuesta a la interacción de CO2 elevado, estrés hídrico y temperatura levada*. Tesis doctoral. Facultad de ciencias de la Universidad de Navarra.
- Schultz, H.R. (2000). *Climate change and viticulture: An European perspective on climatology, carbón dioxide, and UV-B effects*. Australian Journal of Grape and Wine Research, 6, 2-12.
- Segade, S., Soto, E., Díaz, E. (2008), *Influence of ripeness grade on accumulation and extractability anthocyanins in different cultivars*. Journal of Food Composition and Analysis, 21, 599-607.
- Shaked-Sachray, L., Weiss, D., Reuveni, M., Nissim-Levi, A., Oren-Shamir, M. (2002). *Increased anthocyanin accumulation in aster flowers at elevated temperatures due to magnesium treatment*. Physiologia plantarum, 114, 559-565.
- Sotés, V. (2004). *Comportamiento fisiológico de la vid en climas cálidos y en particular durante el periodo de maduración de la uva*. 1º Workshop Internacional de Pesquisa: A Produção de Vinhos em Regiões Tropicais. Recife e Petrolina, PE, Brasil.
- Stock, M., Gerstengarbe, F., Kartschall, T., Werner, P. (2005). *Reliability of climate change impact assessments for viticulture*. Potsdam Institute for Climate Impact Research.
- Tesfaye, W., Morata, A., Suarez-Lepe, J.A. (2011). *Medidas para paliar los efectos del cambio climático*. Semana vitivinícola, 3343, 342-347.
- Vasconcelos, M.C., Castagnoli, S. (2000). *Leaf canopy structure and vine performance*. American Journal of enology and viticulture, 51 (4), 390-396.

ANEXOS

Anexo 1. Croquis con la ubicación de los ensayos y de las parcelas elementales establecidas para cada uno de ellos

Anexo 2. Evolución de las temperaturas en función del manejo de la vegetación

Anexo 3. Fotos

Anexo 4. Protocolo del método Cromoenos

ANEXO 1. CROQUIS CON LA UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS Y DE LAS PARCELAS ELEMENTALES ESTABLECIDAS PARA CADA UNO DE ELLOS



□ Testigo (Filas 2-4; 14-16; 26-30; 37-39; 46-48)

■ Despunte + R1 (Filas 5-7; 17-19)

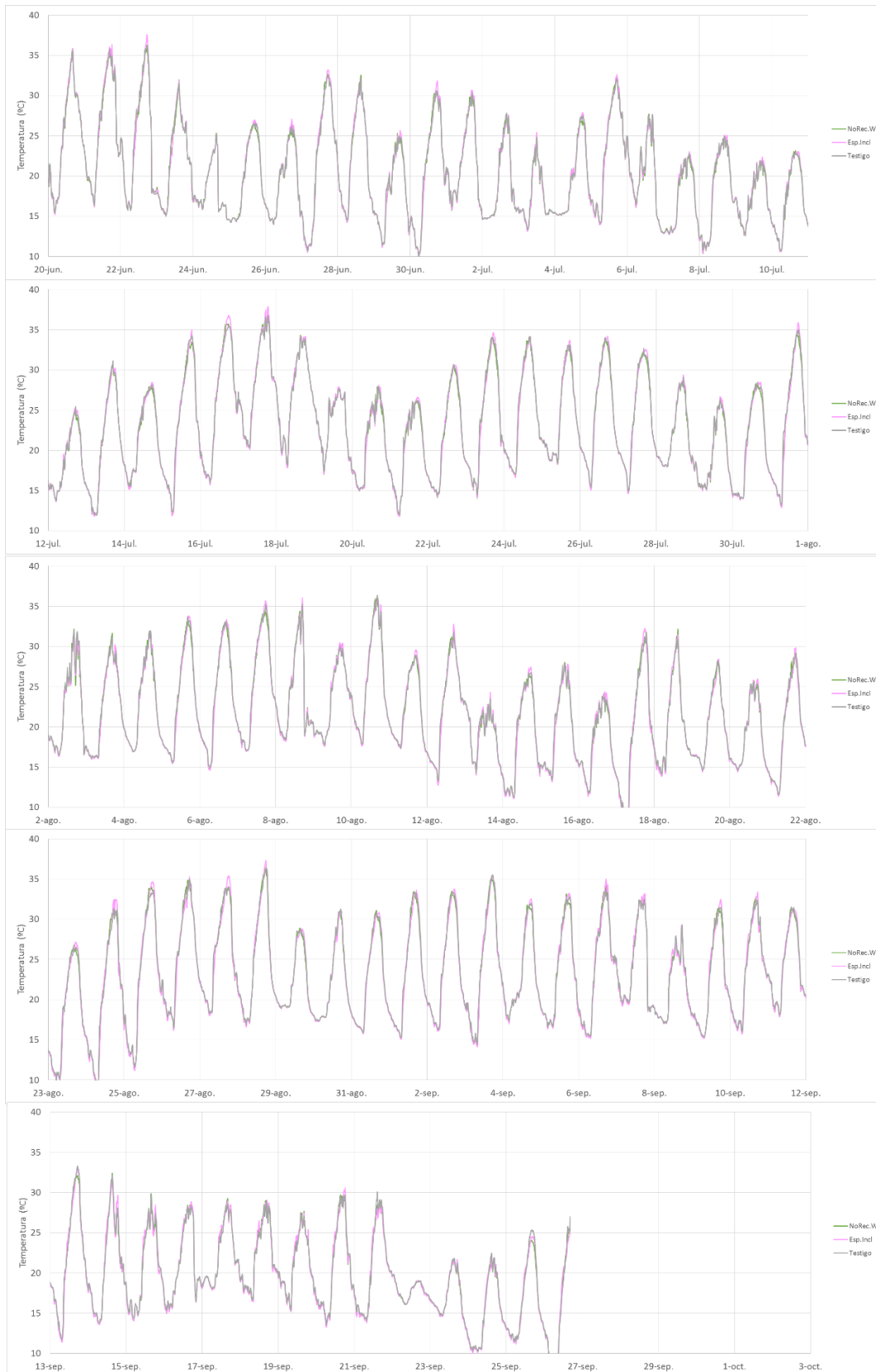
■ Despunte + R2 (Filas 8-10; 20-22)

■ Despunte + R3 (Filas 11-13; 23-25)

■ NO recoger cara Oeste (Filas 31-33; 40-42)

■ Espaldera inclinada (Filas 34-36; 43-45)

ANEXO 2. EVOLUCIÓN DE LAS TEMPERATURAS EN FUNCIÓN DEL MANEJO DE LA VEGETACIÓN



ANEXO 3. FOTOS

A



B



C



La figura A enseña la disposición de los pámpanos en la cara oeste. La figura B muestra la posición de los pámpanos de la cara este. Ese es el resultado tras la instalación del dispositivo metálico para la inclinación de los pámpanos, objeto que se aprecia en la figura C.

ANEXO 4. PROTOCOLO DEL MÉTODO CROMOENOS

El método Cromoenos consta de los siguientes pasos:

- 1.** Se prepara el baño termostático, rellenando de agua destilada hasta cubrir las resistencias y se deja calentar entre 9-10 minutos hasta que la temperatura del agua sea de 83 °C.
- 2.** Se toman muestras de 200 bayas y se introducen en la batidora de vaso, se tritura a velocidad 7, durante 1 minuto hasta obtener una mermelada homogénea. Se separa la muestra en dos partes, se miden 100 ml de mermelada en un vaso de precipitados para seguir el método de Cromoenos y el resto se guarda para medir pH y grados brix con el pH-metro y el refractómetro respectivamente.
- 3.** Se coloca el imán circular en el vaso de acero inoxidable, con el lado liso hacia abajo, y se vierten los 100 ml. Después se introduce el vaso en el baño de agua caliente, con el regulador de la velocidad al mínimo y se sube hasta alcanzar el 60 – 70 %.
- 4.** En cuanto la muestra este agitada, se echan 4 ml de reactivo B, y diez segundos después se añaden 1 ml de reactivo A. Se coloca la tapa del vaso, se introduce por el agujero de la tapa la sonda y esperar hasta que suene la alarma del dispositivo. Las condiciones de la digestión son de 1 minuto a 78 °C, tardar en alcanzar esa temperatura 2-3 minutos.
- 5.** Después, con la ayuda de una micropipeta, se cogen 500 µl de la muestra y se vierten en un eppendorf de 1,5 ml y repetimos esta misma acción para tener al final dos eppendorf, este último para calibrar la centrifugadora.
- 6.** Se coloca el eppendorf en la centrifugadora, 2 minutos a 14500 rpm. Luego en una cubeta de plástico PMMA de 1 cm se diluye la muestra 1/100 con HCl 2% (3960 µl y 40 µl de muestra centrifugada) y se revuelve la muestra.
- 7.** Medida de absorbancias con el espectrofotómetro, la primera D520 nm, en cubeta de plástico PMMA de 1cm. Para la lectura D280 nm, se pasa el cero (se utilizó HCl 2%) y las muestras a cubeta de cuarzo. El resultado de las distintas absorbancias se multiplica por 100 para corregir la dilución.
- 8.** Anotadas las absorbancias, los pH obtenidos y el grado probable (% vol a 20°C), queda conocer la acidez total (AT). Para ello se utilizan los valores obtenidos en Enonatura, y se comienza a utilizar el software de Cromoenos.

Dentro del software, se elige el tipo de variedad analizada, en este caso “Tempranillo” y el tipo de test que se va a aplicar UV-Visible. El algoritmo tiene unos rangos de valores permitidos para los datos iniciales (Tabla 3), fuera de estos parámetros el algoritmo no puede ser utilizado.

Tabla. Rango de valores para uso del software Cromoenos.

	MIN	MAX
pH	2,70	4,2
AT	2,50	9
% vol (20°C)	10	17
D280 * 100	70	300
D520 * 100	20	175

Rellenados todos los datos, el algoritmo proporciona diferentes resultados. De todos ellos, los que interesan para este Trabajo son: IMF, CPE, IPT y antocianos totales.