



/ 10

Documentos **Técnicos**

Manejo del agua y la vegetación en el viñedo mediterráneo

Ignacio Buesa, Felipe Sanz,
Diego Pérez, Antonio Yeves,
Alejandro Martínez, Camilo Chirivella,
Luis Bonet y Diego S. Intrigliolo

Manejo del agua y la vegetación en el viñedo mediterráneo

Documentos **Técnicos** [nº 10]

Manejo del agua y la vegetación en el viñedo mediterráneo

**Ignacio Buesa
Felipe Sanz
Diego Pérez
Antonio Yeves
Alejandro Martínez
Camilo Chirivella
Luis Bonet
Diego S. Intrigliolo**

MANEJO DEL AGUA Y LA VEGETACIÓN EN EL VIÑEDO MEDITERRÁNEO

© 2017 del texto y las imágenes que se reproducen (excepto mención expresa): los autores
© 2017 de la edición: Cajamar Caja Rural

Redacción:

Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS) Consejo Superior de Investigaciones Científicas

Ignacio Buesa
Felipe Sanz
Antonio Yeves
Alejandro Martínez
Diego S. Intrigliolo

Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) Unidad Asociada al CSIC «Riego en la Agricultura Mediterránea»

Diego Pérez
Luis Bonet

Instituto Tecnológico de Viticultura y Enología

Camilo Chirivella

Edita: Cajamar Caja Rural
www.publicacionescajamar.es
publicaciones@cajamar.com

Diseño y maquetación: Beatriz Martínez Belmonte
Imagen cubierta: Gettyimages (Photo by DeivySV [David Juan])

Depósito Legal: AL-1318-2017

Fecha de publicación: julio de 2017

Todos los derechos reservados. Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta publicación, así como la edición de su contenido por medio de cualquier proceso reprográfico o fónico, electrónico o mecánico, especialmente imprenta, fotocopia, microfilm, offset o mimeógrafo, sin la previa autorización escrita de los titulares del Copyright.

Índice

Prólogo y agradecimientos.....	7
1. Introducción	9
2. Caracterización climática de la comarca de Requena-Utiel	10
3. Caracterización edáfica (suelos)	12
4. La práctica del riego en la vid	14
4.1. <i>Generalidades</i>	14
4.2. <i>Programación del riego</i>	16
4.3. <i>El portal de riegos del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias</i>	18
4.3.1. Cálculo de las necesidades de riego	19
4.3.2. Base de parcelas propias en el portal web.....	22
4.4. <i>Determinación del estado hídrico del suelo</i>	24
4.5. <i>Determinación del estado hídrico de las cepas</i>	28
4.6. <i>Otras recomendaciones para mejorar la eficiencia en el uso del riego</i>	29
4.7. <i>Recomendaciones prácticas para el riego en Tempranillo</i>	30
4.7.1. Maximizar calidad	33
4.7.2. Maximizar producción.....	34

4.8. Recomendaciones prácticas para el riego en Bobal.....	35
4.8.1. Maximizar calidad	38
4.8.2. Maximizar producción.....	39
4.9. Recomendaciones prácticas para el riego en Monastrell.....	40
4.9.1. Maximizar calidad	41
4.9.2. Maximizar producción.....	42
5. Técnicas agronómicas para incrementar la calidad de la uva y del vino	44
5.1. Aclareo de racimos	45
5.2. Deshojado temprano	47
5.2.1. Recomendaciones para la variedad Tempranillo ...	49
5.2.2. Recomendaciones para la variedad Mandó.....	49
6. Técnicas agronómicas para la adaptación a los efectos del cambio climático	50
6.1. Manejo del suelo y acolchado	52
6.2. Deshojado tardío	54
6.3. Poda tardía	57
6.4. Altura de la espaldera	59
6.5. Orientación de las filas del viñedo.....	61
7. Nuevos retos a nivel de investigación e innovación.....	62

Anexos

Planos de las parcelas experimentales empleadas para la obtención de los resultados transferidos en este manual.....	64
---	----

Prólogo y agradecimientos

En este manual tenemos el placer de resumir y transferir el conocimiento de casi dos décadas de investigaciones llevadas a cabo por nuestro grupo de investigación en la materia de riego y otras prácticas de cultivo en la vid para la vinificación de tintos.

Fue en el año 1996 cuando se levantó el veto al uso del riego en la vid para vinificación. A partir de entonces empezaron a llevarse a cabo numerosos estudios encaminados a cuantificar los efectos del aporte adicional de agua mediante el riego en la vid, tanto a nivel de la producción de las cepas como, sobre todo, en lo relativo a la calidad de la uva. En el Levante español, los técnicos del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Pedro Ferrer Talón y Juan Ramón Castel Sánchez, empezaron los primeros estudios, llevados a cabo en la zona vitivinícola de Utiel-Requena, contando con el apoyo de diversas instituciones locales y nacionales, y en particular, con CajaCampo Caja Rural, ahora integrada en Cajamar Caja Rural, que entre otras aportaciones contrató a Jose Luis Salón para el seguimiento de los ensayos. Desafortunadamente, Juan Ramón y Pedro ya no están entre nosotros, nos gustaría recordarles y agradecerles su gran esfuerzo y dedicación en estos temas. Sin duda alguna, ellos marcaron el camino de la investigación y transferencia tecnológica, que hemos tenido el orgullo de poder continuar.

Tras ese impulso inicial, los trabajos inicialmente emprendidos con la variedad Bobal cultivada en vaso fueron seguidos de estudios en una parcela de Tempranillo reconvertida de vaso a espaldera y de riego a secano. Estos análisis contaron con la inestimable colaboración de la Fundación Lucio Gil de Fagoaga, que ha estado siempre dispuesta a ceder sus viñedos para las investigaciones. Actualmente, la Unidad del IVIA Asociada al CSIC

«Riego en la Agricultura Mediterránea» tiene en marcha nuevos ensayos también en Bobal, fruto del creciente interés por esta variedad autóctona. La posibilidad del empleo del riego abre la puerta a emprender nuevas prácticas agronómicas que permiten modular los efectos del riego y aprovechar en su totalidad las posibles ventajas del uso de esta técnica. Así pues, desde el riego hemos recorrido el camino hacia otras prácticas agronómicas que pueden emplearse para optimizar el uso del agua en el viñedo y mejorar la calidad de la uva y del vino.

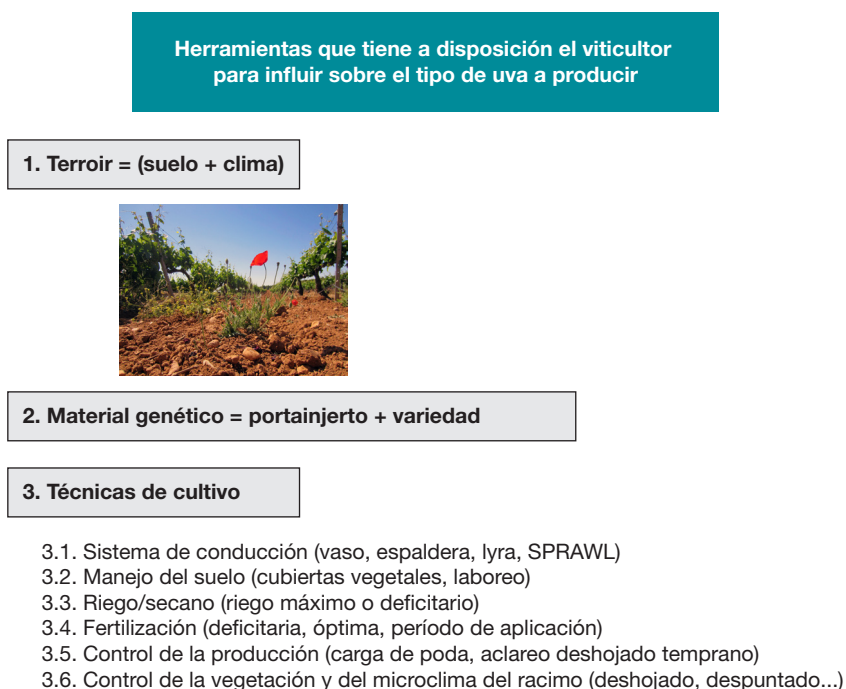
Hoy día el sector vitivinícola se enfrenta a nuevos desafíos, en cierto modo consecuencia de los efectos del cambio climático sobre el régimen térmico, que requieren de nuevas investigaciones, en particular dirigidas a optimizar la eficiencia en el uso del agua y mejorar el acoplamiento entre la madurez glúcida y fenólica de las uvas. Esperamos que con este manual podamos por un lado dejar constancia de una serie de recomendaciones, pero también señalar nuevas necesidades que creemos que hay que afrontar, confiando de nuevo en el esfuerzo coordinado de distintas entidades y agentes financiadores.

En este sentido queremos agradecer el continuo esfuerzo económico y humano que ha venido realizando Cajamar Caja Rural para apoyar las investigaciones y trabajos. Actualmente los ensayos realizados son cofinanciados por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, a través del proyecto con cofinanciación FEDER «SOSTGRAPE» con código AGL2014-54201-C4-4-R y por el contrato de investigación suscrito entre Cajamar Caja Rural y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas «Experimentación sobre prácticas de cultivo dirigidas a optimizar la composición de la uva y la rentabilidad del cultivo de la vid para vinificación en el sureste de España».

1. Introducción

El cultivo de la vid para la elaboración de vinos depende en gran medida de la calidad del producto final que se va a producir, lo que condiciona de forma importante las prácticas agronómicas de campo que el viticultor deberá llevar a cabo. Dichas prácticas dependerán también del material genético (portainjerto y variedad) que se emplee y del *Terroir* del viñedo, es decir, de las condiciones de suelo y clima, según se resumen en la Figura 1.

Figura 1. Esquema resumen de los distintos factores que determinan la respuesta del viñedo



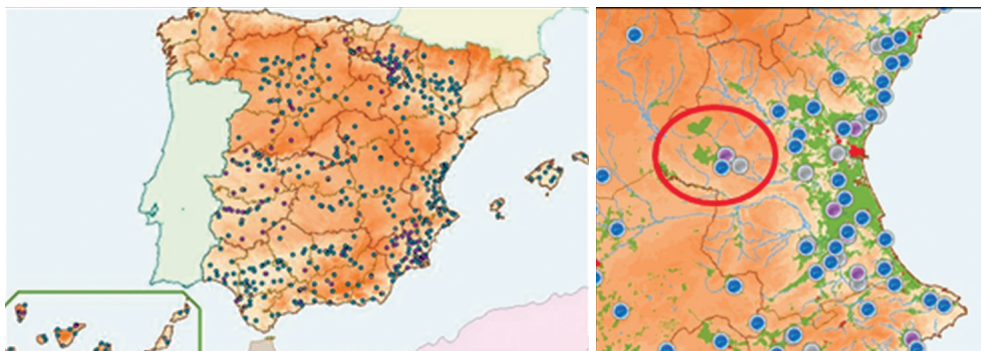
En los climas semiáridos del este de España, la aplicación del riego es una de las herramientas que más puede influir sobre la producción y composición final de la uva, además de condicionar gran parte del resto de técnicas de cultivo que se emplean. De ahí la importancia que se le ha prestado a los temas relacionados con el riego en este manual práctico. Sin embargo, debe tenerse presente que la respuesta de la vid al riego depende del resto de prácticas agronómicas, que finalmente condicionarán

los resultados. Además, la posibilidad de aplicación del riego en la vid ha convertido un cultivo tradicionalmente de secano y con pocos *inputs* en un agroecosistema distinto, donde pueden realizarse otras prácticas agronómicas complementarias que permitan aprovechar las virtudes de poder controlar el estado hídrico de las cepas mediante el riego.

2. Caracterización climática de la comarca de Requena-Utiel

Existen dos estaciones agroclimáticas en la zona de Requena-Utiel, ambas situadas dentro del término municipal de Requena y pertenecientes a la red del Sistema de Información Agroclimática para el Regadío (SIAR) del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Su mantenimiento y gestión es desempeñado por el Servicio de Tecnología del Riego (STR) del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (<http://riegos.ivia.es>), órgano dependiente de la Consellería de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural en colaboración con el propio Ministerio.

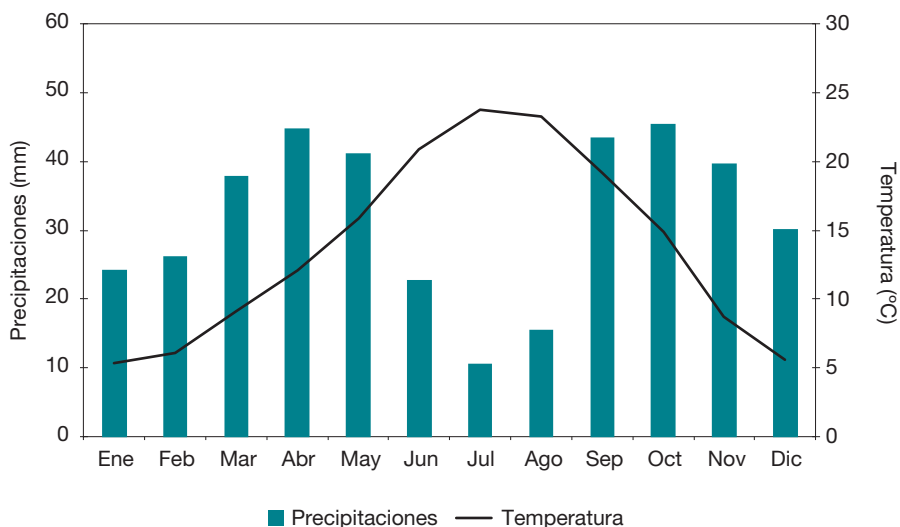
Figura 2. Mapas de España y de la Comunidad Valenciana en el que se encuadran bajo un círculo las dos estaciones agroclimáticas situadas en el término municipal de Requena



Las dos estaciones a las que se hace referencia son las situadas en las inmediaciones de la pedanía de Campo Arcís y la otra en una finca de viñedo particular llamada ‘El Cerrito’, en la carretera de Utiel-Los Isidros (CV-460), a la altura del km 7. Un análisis previo realizado de los datos me-

teorológicos de ambas estaciones nos permite considerar de forma genérica que, climatológicamente hablando, la Comarca Requena-Utiel resulta parecida en la gran mayoría de las subzonas, con la pequeña salvedad de que el parámetro de precipitaciones anuales puede variar un poco debido al efecto localización de las tormentas de verano, las cuales, debido a su superficie de afección más pequeña y localizada, sumarían unas cantidades algo diferentes de unas subzonas a otras. Así pues, a continuación se representan gráficamente los valores medios del periodo 2001-2016, tanto para la temperatura como para las precipitaciones (Gráfico 1).

Gráfico 1. Diagrama ombrotérmico de la zona de Requena-Utiel para el promedio de los años 2001-2016



Nos encontramos por lo tanto ante un clima caracterizado por un período húmedo de 7 meses (de octubre a abril), un periodo semihúmedo de 2 meses (mayo y septiembre) y un período seco de 3 meses (de junio a agosto), que precisamente coincide con los meses de máxima actividad fotosintética del ciclo vegetativo de la vid. Por lo tanto, el clima puede ser clasificado dentro de los de tipo mediterráneo, aunque presenta rasgos de continentalidad que le vienen dados por su altitud (entre 600 y 900 m s.n.m.) y alejamiento al mar (entre 60-90 km).

Los inviernos son fríos y largos. Las heladas suelen ser más frecuentes durante este periodo, adelantándose muy a menudo incluso a los últimos

días del mes de octubre. La estación primaveral suele retrasarse a menudo, acompañada de altibajos en las temperaturas, con heladas frecuentes en los meses de abril y mayo. El verano es relativamente corto y seco, ya que no suele sobrepasar los meses de julio y agosto, pero de fuerte calor en las horas centrales del día. Cuando el viento predominante es el poniente, la temperatura puede alcanzar los 39 o 40° C. Por las noches suele producirse un brusco bajón de las temperaturas, debido a la entrada de viento de levante que empieza a soplar a mitad de la tarde hasta bien entrada la noche, provocando en muchos casos oscilaciones térmicas entre el día y la noche de más de 20 grados. El otoño es relativamente corto. Las temperaturas sufren un acusado descenso y comienzan a prodigarse las escarchas y heladas matutinas. La temperatura media anual es de 13,6 °C con amplitud térmica anual de 18,3 °C entre el mes más cálido (julio, 23,5 °C) y el mes más frío (enero, 5,2 °C).

Respecto a las precipitaciones, la característica más notable es la irregularidad de las mismas. Las precipitaciones medias anuales oscilan en torno a los 385 mm (l/m²). Los periodos más húmedos son de septiembre a noviembre y de marzo a mayo. Los meses más lluviosos son abril y octubre, con una media de 49 y 48 mm, respectivamente. Las escasas precipitaciones en verano suelen ir acompañadas de tormentas de granizo, y en muchos casos en forma torrencial, siendo julio el mes con precipitaciones más bajas (12 mm, es decir, 12 l/m²).

3. Caracterización edáfica (suelos)

Cuando hablamos del suelo nos referimos a la capa superficial del terreno, la que ostenta la capacidad de sostener a la vegetación. Su proceso de formación requiere de siglos y es el resultado de una serie de procesos físico-químicos y de las actividades de los organismos vivos. El conocimiento de los distintos tipos de suelos que integran el territorio del sudeste español y de sus propiedades edáficas es de gran importancia para la estima de su capacidad de uso en agricultura. En viticultura, este cobra especial protagonismo por la gran dependencia de la vid del agua acumulada en él, dado el potente sistema radicular del que dispone la planta. Cabe resaltar que en España más del 60 % de la superficie de viñedo se encuentra en régimen de secano.

Los suelos agrícolas del área mediterránea habitualmente se caracterizan por encontrarse muy alterados por el hombre y haber sufrido procesos

erosivos. Si bien los hay muy diversos, cabría destacar los suelos rojos mediterráneos. Estos aparecen en zonas calizas y silíceas, y que suelen presentar un segundo horizonte de acumulación de arcillas (Figura 3). Desde el punto de vista geomorfológico, son de origen sedimentario. En ellos suelen aflorar materiales consolidados carbonatados como calizas y consolidados silíceos como areniscas de grano grueso a medio. Sirva como ejemplo la región vitivinícola de Utiel-Requena, que se encuentra asentada sobre una meseta, y en la zona regada por el río Magro predominan los suelos aluviales mientras que en el otro lado de la Sierra de Torrubia predominan los suelos arcillosos.

Figura 3. Suelo de un viñedo representativo de la región de Utiel-Requena de tipo arcilloso y profundo



Debido a la elevada heterogeneidad de los suelos recomienda un conocimiento local del perfil edáfico, puesto que ello es esencial para planificar una plantación. La realización de calicatas, cortes verticales del terreno, permite caracterizar el suelo en su conjunto desde su superficie hasta el material originario. De especial interés agronómico resulta el estudio de las propiedades edafológicas, principalmente las características del suelo en relación con el agua y la expansión del sistema radicular.

Una característica de importante determinación en un suelo agrícola es la capacidad de infiltración, que viene condicionada por las propiedades edáficas de textura, estructura y capacidad de intercambio catiónico de la

arcilla presente. Además de otras propiedades como la capacidad de retención hídrica del suelo que viene determinada por la densidad aparente, la granulometría y el contenido en materia orgánica. También es de importancia la determinación del porcentaje de elementos gruesos, así como la capacidad de intercambio catiónico y el porcentaje de saturación de bases. Una correcta caracterización del suelo nos aportará el conocimiento necesario para la elección de las mejores prácticas agronómicas a realizar, pues los procesos erosivos que generan las lluvias de alta intensidad características de la región mediterránea cuestionan la sostenibilidad de algunas de las técnicas de manejo del suelo actuales. Además, según las predicciones de cambio climático del IPCC (2014), este problema tenderá a agravarse por la mayor probabilidad de lluvias torrenciales. Otro efecto del cambio climático sobre el suelo, es la tendencia observada al incremento en el pH debido a un menor lavado de las sales, lo que está íntimamente ligado al régimen de precipitaciones y podría ser un indicador de la aridización.

4. La práctica del riego en la vid

4.1. Generalidades

En la vid para la producción de vinos, la aplicación del riego estuvo prohibida hasta el año 1996, debido en particular a una creencia empírica de que el aporte adicional de riego puede ser perjudicial para la calidad del vino. Una vez levantada la prohibición sobre el riego en la vid durante la última década del siglo pasado, y en particular a principios del siglo XXI, se multiplicaron los ensayos realizados para determinar los efectos del riego en el cultivo de la vid para la producción de vino.

Dado que en particular en ambientes semiáridos, el agua disponible es un determinante crucial de la calidad de la uva y de la productividad del viñedo, el riego en la vid debe adaptarse a los objetivos enológicos de cada productor y el tipo de vino al que va destinada la uva producida. En este sentido no puede ser lo mismo manejar el riego en un viñedo que va a ir destinado a la producción de vino de alta gama, que para un vino más corriente y con menor valor comercial.

Si bien en cualquier cultivo frutal, el riego suele emplearse para cubrir el total de las necesidades hídricas potenciales del cultivo para evitar que las plantas sufran un déficit hídrico y por lo tanto se vea mermada la capacidad productiva, en la vid, el riego debe manejarse teniendo en cuenta los

efectos del mismo, no solamente sobre la producción, sino también sobre la calidad de la uva y del vino resultante. Todo ello complica enormemente la toma de decisiones sobre riego, dado que la respuesta al mismo puede variar en función de la variedad y el nivel de producción general del viñedo, entre otros factores.

Por otra parte debe tenerse en cuenta que las necesidades hídricas de la vid no son las mismas a lo largo del ciclo vegetativo, ni tampoco lo es el efecto del riego o no riego dependiendo del momento fenológico. Por ello habrá que cubrir los objetivos fisiológicos de cada fase de forma distinta, pudiéndose diferenciar en 4 etapas:

- Etapa 1. *Brotación-cujado*: periodo en el cual se produce la mayor parte del crecimiento vegetativo. Es de gran importancia porque durante esta fase la planta es muy sensible a la escasez de agua y, ante un nivel de estrés hídrico moderado, puede que no desarrolle toda la superficie vegetativa necesaria para conseguir fruta de calidad óptima. También es cierto que no suele ser necesario la aplicación de riego durante este periodo gracias al agua almacenada en el suelo por las lluvias del invierno y a la baja demanda evaporativa de la atmósfera.



Figura 4. Etapa 1. Brotación-Cujado

- Etapa 2. *Cujado-envero*: periodo crítico en el cual se produce una rápida división celular de las bayas tras el cuajado, lo que conformará el tamaño potencial del grano. Una adecuada dosis de agua en este periodo será fundamental para conseguir un equilibrio entre rendimiento y calidad, ya que un exceso de agua produciría granos de mayor tamaño aumentando el rendimiento, lo que habitualmente disminuye la calidad.



Figura 5. Etapa 2. Cujado-envero

- Etapa 3. *Envero-vendimia*: si en la etapa anterior se configuraba el rendimiento, podría decirse que durante esta etapa se desarrollarán todos los parámetros de calidad (contenido en sólidos solubles, pH, acidez, polifenoles, entre otros). Para conseguir la mejor calidad habrá que adecuar estos parámetros cualitativos a la producción. Un elevado aporte de agua favorecerá la acumulación de potasio, con el consiguiente efecto del aumento de pH en los vinos, así como la dilución de compuestos fenólicos, especialmente de los antocianos.



Figura 6. Etapa 3. Envero-vendimia

- Etapa 4. *Vendimia-caída de hoja*: aunque muchos agricultores dejan «olvidada» a las cepas después de vendimia, esta última etapa es de vital importancia, ya que la planta continúa teniendo actividad fotosintética, y acumulando reservas en la parte leñosa que serán las utilizadas al año siguiente durante la brotación de las yemas y los primeros estadios del desarrollo vegetativo. Una dosis adecuada de agua después de la vendimia ayudará a las cepas a un mejor almacenamiento de dichas reservas.



Figura 7. Etapa 4. Vendimia-caída de hoja

4.2. Programación del riego

Por otra parte, dado que el riego en la viña se ha implantado recientemente, en este cultivo predomina la utilización del riego a presión mediante goteo (Figura 8), lo cual permite un mejor control en la aplicación del riego y su uniformidad. Este sistema facilita poder llevar a cabo una programación del mismo de acuerdo a criterios técnicos.

Mediante los programadores de riego es posible su automatización, y por lo tanto llevar a cabo una programación acorde a los objetivos enológicos del viñedo y las características del suelo de la parcela.

Todo lo relativo a la toma de decisiones sobre la cantidad de agua a aplicar se detallará a continuación. De todos modos, queremos recordar que con el riego localizado los aportes tienen que ser de corta duración y de alta frecuencia. Aplicaciones de riego excesivas, por ejemplo superiores a 4 horas continuadas al día, provocarán una pérdida de agua por debajo de la zona radicular de la vid. Los aportes deben ser de baja duración, en particular en aquellos terrenos poco profundos y de textura arenosa.

Figura 8. Riego localizado en viña



Recomendación sobre duración de los riegos para goteros de un caudal entre 3 y 4 l/h

Terrenos arcillosos y profundos. Riegos de hasta tres horas

Terrenos arenosos y poco profundos. Riegos de hasta hora y media

Los terrenos arcillosos y profundos además son capaces de retener una gran cantidad de agua (por ejemplo, de hasta 180 mm por cada metro de profundidad). Sin embargo, en los terrenos más arenosos la capacidad retención de agua puede llegar a ser de 50 mm por cada metro de profundidad en los casos más extremos. Todo ello habrá que tenerlo en cuenta de cara a los aportes hídricos a realizar, que deberán modularse en función de las características del suelo de cada parcela y la pluviometría de cada campaña.

4.3. El portal de riegos del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias

El avance técnico que supone el riego a presión permite además un adecuado ajuste de las cantidades de agua a las necesidades de los cultivos. Para ello, esas necesidades deben ser conocidas por técnicos y agricultores.

En este sentido, el Servicio de Tecnología del Riego, integrado en el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), desempeña las funciones de Centro Zonal en la Comunitat Valenciana del Sistema de Información Agroclimática para el Regadío (SIAR) del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA). También colabora en el desarrollo y mantenimiento de la red de estaciones agrometeorológicas, base del asesoramiento en materia de agua de riego. La red se compone de 56 estaciones, 45 pertenecientes al MAPAMA y 11 de titularidad del IVIA.

Gracias a la extensión y accesibilidad de las tecnologías de la información, Internet constituye una vía efectiva para la difusión y asesoramiento al regante. Por todo ello, en 2012 el IVIA puso en funcionamiento un portal web donde los regantes pueden encontrar información y herramientas que mejoran la utilización del agua a través de la determinación de las necesidades del cultivo.

El portal de riegos del IVIA ofrece un sencillo programa que permite obtener *online* las dosis recomendadas de riego según la metodología propuesta por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), recogida en la publicación de la serie Riego y Drenaje 56; *Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*.

Este método se basa en determinar lo que se conoce como evapotranspiración del cultivo (ETc). El procedimiento, en síntesis, estima las necesidades hídricas a partir de las variables meteorológicas (Figura 9) que determinan la demanda evaporativa o evapotranspiración de referencia (ETo), y de un factor ligado al cultivo, denominado coeficiente del cultivo (Kc).

Dada la dependencia de la información meteorológica, el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, al amparo de la Iniciativa Comunitaria «INTERREG II-C: Lucha contra la sequía», desarrolló durante los años 1998-2001 un proyecto consistente en la instalación de un Sistema de Información Agroclimática para el Regadío (SIAR), con el objeto de proporcionar a los agricultores y técnicos información de base para calcular necesidades de riego de los cultivos.

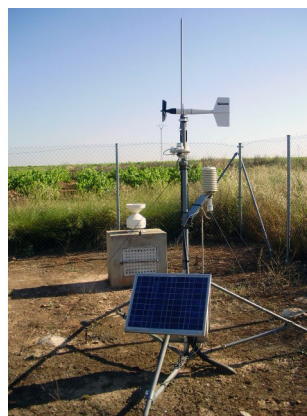


Figura 9. Estación agrometeorológica en Campo Arcís

Con este soporte, el agricultor o técnico puede tener acceso al cálculo de necesidades de riego para más de 30 cultivos, entre hortícolas y leñosos, contemplando además, tanto el riego por aspersión como por goteo.

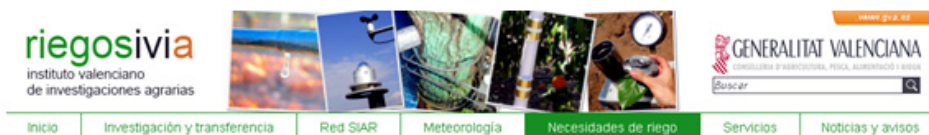
En el caso del viñedo para vinificación se dispone de hasta 6 propuestas de riego diferentes que pretenden dar respuesta a la orientación de la explotación vitivinícola (calidad o producción) o a las circunstancias coyunturales o estructurales respecto de la disponibilidad de agua (genérico o apoyo).

4.3.1. Cálculo de las necesidades de riego

Al portal de riegos se accede a través de la dirección <http://riegos.ivia.es/> o bien por el vínculo específico que figura en la página del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (<http://www.ivia.es/>).

El apartado correspondiente a la programación de riego se encuentra en ‘Necesidades de riego’.

Figura 10. Cabecera del Portal de Riegos del IVIA con la opción para cálculo de necesidades de riego



El subapartado ‘Cálculo de necesidades de riego’ permite obtener la recomendación de riego en función de las características de la explotación. Dentro de esta pantalla, se debe seleccionar la estación agrometeorológica que se va a utilizar de referencia, pudiéndose seleccionar hasta tres. A continuación debemos ir rellenando los campos que definen las características de nuestra parcela: cultivo, tamaño de los árboles en su caso, marco de plantación; así como los que definen la instalación de riego (número de goteros por planta o marco de aspersión, caudal de los emisores y, en su caso, eficiencia de la instalación).

Con estos datos, el siguiente paso es indicar el periodo de cálculo, que preferiblemente será la semana inmediatamente anterior a la que realizamos la programación. De esta manera podremos reponer el total del agua que la planta ha tomado durante la semana precedente, o el porcentaje que consideremos conveniente.

Una vez cumplimentado el formulario, con el botón ‘Calcular’ nos ofrecerá la recomendación de riego. Los resultados pueden ser descargados por el usuario para su tratamiento mediante ficheros en diversos formatos.

De este modo, se proporciona al técnico o agricultor una referencia de los litros/cepa semana u horas de riego/semana que debe aplicar para tener garantías de que su plantación recibe la cantidad de agua que necesita. La distribución de la cantidad recomendada o fraccionamiento depende de las características del suelo; fundamentalmente la textura como ya se ha comentado.


Como ya se ha indicado, el procedimiento se podría resumir en «regar con una semana de retraso», en tanto que nos estamos basando en la cuantificación de la exigencia atmosférica de la semana anterior. Por ello, es muy importante tener en cuenta la previsión meteorológica para realizar tanto los ajustes que correspondan al alza, en caso de preverse una semana más exigente (ponientes, altas temperaturas), o a la baja en caso contrario (lluvias, temperaturas suaves). Para facilitararlo, el Portal de Riegos propor-

ción en la ficha de la estación, accesible con solo pinchar en el nombre de la misma, la previsión meteorológica proporcionada por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

Figura 11. Ejemplo del formulario de ‘Cálculo de necesidades de riego’ con datos para una parcela estándar de viña adulta en Requena sin restricción de agua para la segunda semana de mayo de 2017

CÁLCULO DE NECESIDADES DE RIEGO

Provincia: Estación Propia

Estación	Provincia	Término	Instalación	Fecha primer dato	Fecha último dato	Estado
<input checked="" type="checkbox"/> Requena Carrito 	Valencia	Requena	27/07/1999	19/01/2000	29/06/2017	Con incidencias

Cultivo*

PARCELA

Diámetro de copa* m

Marco de plantación* DP* x DF* = m²

INSTALACIÓN DE RIEGO

Número de emisores por planta* emisores/planta

Caudal unitario (QU)* litros/hora

Eficiencia de la Instalación (EA) %

Coefficiente de parcela (CP) %

AGUA DE RIEGO

Salinidad (CE) mS/cm - dS/m

PARÁMETROS AUXILIARES

Área sombreada m²

Porcentaje de área sombreada %

Coefficiente de cultivo medio

Coefficiente de cultivo

Factor de modulación de dosis de riego % teórico

Factor de precipitación efectiva (Fpe) %

Fracción de lavado %

CÁLCULO DE NECESIDADES DE RIEGO

Período de cálculo* -

Utilizar precipitación Si

Realizar cálculo

Figura 12. Ejemplo de resultado de la recomendación de riego semanal


Mes	Desde	Hasta	ETo Reg	Días con datos	ETo	Kc	ETc	P	Pu	Pe	Nec. riego	Nec. riego brutas	Factor de modulación	Litros/planta	Horas riego
5	15/05/2017	21/05/2017	35.19	7	35.19	0.288	10.14	1.9	0	0	10.14	11.28	<input type="text" value="100"/>	 33.79	07:21
TOTALES			35.19	7	35.19	0.288	10.14	1.9	0	0	10.14	11.28		33.79	07:21

Figura 13. Ficha de la estación de Requena con la previsión meteorológica de la AEMET



4.3.2. Base de parcelas propias en el portal web

Para mayor comodidad, el portal ofrece la posibilidad al agricultor de crear una pequeña base de parcelas propias que quedan alojadas en la página web, visible solo para el usuario registrado. Tanto la subscripción a la página web como el acceso a los servicios que ofrece son completamente gratuitos.

De este modo, siempre que entremos en el área personal de la página y accedamos a ‘Cálculo de Necesidades de Riego’, nos ofrecerá un desplegable con la relación de parcelas de la base de datos personal para

que, con solo elegir la que nos interese, recupere los datos básicos para el cálculo de necesidades de riego.

En el proceso de dar de alta una parcela, puede marcarse la opción de «Envío de recomendaciones», lo que proporcionará al usuario la recomendación semanal de riego a la dirección de correo electrónico que se indique y el día que se desee.

Figura 14. Alta de parcela de viñedo en el apartado ‘Gestión de Parcelas’ del Área ‘Personal’ de la web

▲ OPCIONES DE LA PARCELA

Identificación*

Estado Activa

Cultivo*

Variedad

Propietario*

Recomendaciones Enviar recomendaciones

Email recomendaciones*

Día de envío de recomendaciones*

▲ ESTACIÓN METEOROLÓGICA

Selección de estaciones meteorológicas cercanas a la parcela (máximo 3):

Provincia:

Estación	Provincia	Término	Instalación	Fecha primer dato
<input checked="" type="checkbox"/> Campo Arcís	Valencia	Requena	22/01/2001	21/12/1999
<input checked="" type="checkbox"/> Requena Cerro	Valencia	Requena	27/07/1999	19/01/2000

▲ PARCELA

Diámetro de copa* m

Marco de plantación* D^m x D^m = m²

▲ INSTALACIÓN DE RIEGO

Número de emisores por planta* emisores/planta

Caudal unitario (Cu)* litros/hora

Eficiencia de la Instalación (EA) %

Coefficiente de parcela (CP) %

▲ AGUA DE RIEGO

Salinidad (CE) mS/cm - dS/m

Figura 15. Base de datos de parcelas

■ GESTIÓN DE PARCELAS

Identificador	Estado	Cultivo	Grupo de cultivo	Variedad	Propietario	Actualizado	Operaciones
Almendra Liria	Activa	Almendra Riego Apoyo	Frutal cáscara	Ferraduel	Coop Liria	11/06/2012 14:00:21	
Bobal Requena	Activa	Bobal MaxProd	Viñedo	Sin definir	Fundación Lucio Gil Fagoaga	25/05/2017 09:05:55	
Caqui Liria	Activa	Caqui	Frutal pepita	Rojo Brillante	Coop Liria	11/06/2012 14:00:35	
Viña adulta	Activa	Viña Vino	Viñedo	Bobal	Cooperativa	03/07/2017 12:59:59	

Figura 16. Desplegable con las parcelas dadas de alta para el cálculo de recomendaciones

CÁLCULO DE NECESIDADES DE RIEGO

Mis parcelas: -- mis parcelas-- | Provincia: -- Provincia -- | Estación Propia: Seleccionar

Estación	Provincia	Término	Instalación	Fecha primer dato	Fecha último dato	Estado
<input type="checkbox"/> Agost	Alicante	Agost	03/12/2002	04/12/2002	02/07/2017	Con incidencias
<input type="checkbox"/> Algemesí	Valencia	Algemesí	26/11/1999	07/03/2001	02/07/2017	Con incidencias
<input type="checkbox"/> Algimia	Valencia	Algimia de Alfara	07/02/2017	07/02/2017	01/07/2017	Con incidencias
<input type="checkbox"/> Almoradí	Alicante	Almoradí	23/11/1999	24/11/1999	02/07/2017	Con incidencias
<input type="checkbox"/> Altea	Alicante	Altea	30/11/1999	01/12/1999	02/07/2017	Con incidencias

Figura 17. Detalle del fichero de recomendaciones remitido por correo electrónico

Mes	Desde	Hasta	ETo Reg	Días con datos	ETo	Kc	ETc	P	Pu	Pe	Nec. riego	Nec. riego brutas	Factor de modulación	Litros/planta	Horas riego
6	19/06/2017	25/06/2017	43.95	7	43.95	0.143	6.29	0.85	0	0	6.29	6.63	100	23.19	05.16
TOTALES			43.95	7	43.95	0.143	6.29	0.85	0	0	6.29	6.63		23.19	05.16

4.4. Determinación del estado hídrico del suelo

El método señalado anteriormente permite cuantificar la dosis de riego, pero no informa sobre la frecuencia de la aplicación del mismo. Para ello, además de tener en cuenta la recomendación general de la dosis previamente comentada, es necesario utilizar herramientas que permitan visualizar la evolución temporal del contenido de agua. En la actualidad, los equipos más adecuados para la determinación del estado hídrico del suelo del viñedo son las sondas FDR *Frequency Domain Reflectometry* que utilizan la capacitancia para medir la constante dieléctrica (ϵ) de la matriz del suelo y, a partir de esta variable, estimar el contenido volumétrico de agua en el suelo gracias a la fuerte correlación entre ambas variables. Dentro de este tipo de sensores existen sondas simples de un solo sensor (Theta Probe®, ECH2O, Diviner2000®) y sondas multisensor (EnviroScan®, C-probe®, Aquacheck®, Tanit). Las sondas multisensor suelen llevar instalados varios sensores a profundidades variables, lo que permite la estimación de la humedad del suelo simultáneamente a varias profundidades (Figura 18).

Figura 18. Imagen de una sonda capacitiva multisensor instalada en un viñedo

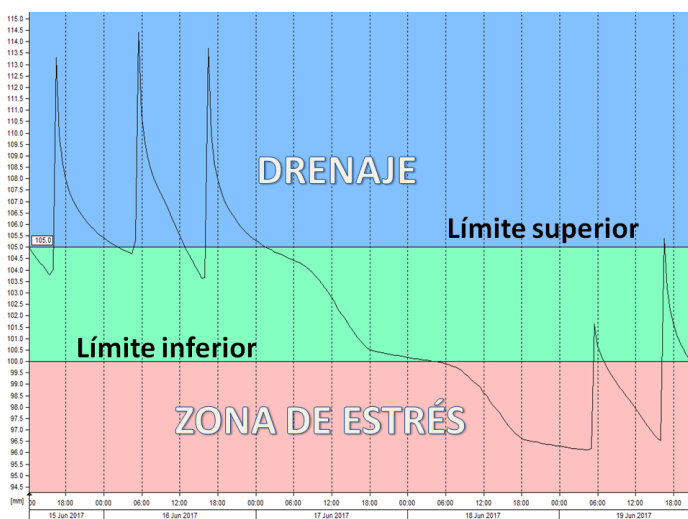


Uno de los problemas que presentan estos equipos es que la zona de medida es limitada, correspondiendo tan solo a aproximadamente 6 cm de radio alrededor del anillo. Además, cabe tener en cuenta que el contenido de humedad en el suelo de una parcela es muy variable y más aún cuando se emplea riego localizado, donde no se humedece uniformemente toda la superficie; además la distribución del sistema radicular dista mucho de ser homogénea, tanto en profundidad como horizontalmente. Todo ello hace que se recomiende instalar más de una sonda por parcela, con el fin de disponer de una medida más representativa del contenido de agua en el suelo.

Además, cabe tener en cuenta que este tipo de sondas ofrecen el valor del contenido total de agua en el suelo, aunque solo una parte de este contenido medido es realmente aprovechable por la vid (agua útil), dependiendo fundamentalmente de la textura del suelo.

El valor absoluto del contenido de agua a cada profundidad no es lo más importante, sino cómo evoluciona y cuál es su tendencia a lo largo de un determinado periodo. Para el manejo del riego por este procedimiento es necesario definir un límite superior de contenido de agua que, generalmente, se establece en el valor a partir del cual no se produce drenaje por debajo de la zona radicular; y un límite inferior que corresponderá al nivel de estrés que no se desea sobrepasar (Gráfico 2).

Gráfico 2. Zona óptima para el manejo del riego



Los límites superior e inferior no tienen por qué ser constantes a lo largo del año. Lo ideal sería tener definidos estos límites para cada fase del cultivo. Asimismo, se deben tener en cuenta los objetivos que se pretenden alcanzar a nivel de producción y calidad en el viñedo en cuestión, así como si se trata de variedades blancas o tintas. Por ejemplo, en el momento de la brotación el nivel de agua en el suelo debe ser relativamente elevado, aunque esta fase se corresponde con periodos de demanda evapotranspi-

4.5. Determinación del estado hídrico de las cepas

Las dos estrategias de riego arriba mencionadas (información climática y medida de la humedad del suelo) tratan, en definitiva, de estimar de manera indirecta la «salud» hídrica de las cepas. Dado que las plantas integran las condiciones externas del entorno, clima y suelo a la vez, reflejándolo en su estado hídrico, parece lógica la utilización de métodos de programación del riego basados en la propia planta. El instrumento más empleado para cuantificar el estado hídrico de los árboles y cepas es la cámara de presión con la que se mide el potencial hídrico (Figura 19).

Figura 19. Imagen de una cámara de presión y de hojas de vid embolsadas para determinación del potencial hídrico de hoja embolsada o de tallo



La determinación más usual es la del potencial hídrico de hoja no transpirante, comúnmente denominado «potencial de tallo» (Y_t). En este caso, la hoja a medir se cubre con una bolsa de plástico de cierre hermético (que impide la transpiración) y exteriormente aluminizada (que refleja la radiación solar y reduce el calentamiento). Tras aproximadamente 20 minutos,

su estado hídrico se iguala con el del tallo, se corta la hoja por el pecíolo y se coloca en el interior de una cámara de cierre estanco, de modo que el borde cortado queda hacia el exterior. Se inyecta nitrógeno o aire comprimido a presión en la cámara y cuando empieza a salir savia por el corte del pecíolo, se lee la presión en el manómetro. Esa lectura representa la tensión o potencial hídrico a la que se encontraba la savia en el xilema antes del corte de la hoja.

Las determinaciones se llevan a cabo preferentemente a mediodía solar, que es cuando habitualmente se produce el grado máximo de estrés alcanzado por las plantas. En los apartados correspondientes a las variedades estudiadas se indicarán los umbrales de potencial hídrico de tallo que pueden emplearse para la programación del riego.

4.6. Otras recomendaciones para mejorar la eficiencia en el uso del riego

A continuación se detallan otras recomendaciones y estrategias que pueden emplearse:

- Instalación de caudalímetros volumétricos para medir el consumo de agua, conocer la uniformidad de aplicación de la instalación y detectar las posibles fugas.
- Analizar la composición del agua disponible para evitar problemas de salinización del suelo mediante la aplicación de una fracción de lavado o incluso para corregir la fertilización necesaria.
- Analizar las características texturales del suelo para calcular su capacidad de retención de agua. En función de ellas y de su profundidad se puede valorar regar durante la noche, cuando la evaporación es mucho menor y además el coste de la energía eléctrica también lo es. Otra opción es la instalación enterrada de las mangueras de riego.
- Realizar un mantenimiento frecuente de la instalación de riego y comprobar en campo al comienzo de la campaña de riego, que los caudales suministrados por los goteros sean semejantes a los teóricos.
- El empleo de técnicas derivadas de la teledetección pueden resultar de mucha utilidad para la determinación de las necesidades hí-

dricas y son muy útiles para la zonificación de las parcelas y sectorización de la red de riego.

- El uso de dendrometría o tecnologías similares de agricultura de precisión permiten ajustar la dosis de agua a las necesidades reales del cultivo, si bien su interpretación requiere de mucho conocimiento.

4.7. Recomendaciones prácticas para el riego en Tempranillo

Tempranillo es una variedad de uva autóctona española, siendo la variedad tinta más cultivada en el territorio nacional. Su superficie de cultivo representa un 21 % de la superficie total de viñedo con 201.081 ha. Esto supone más de la mitad de la superficie destinada a variedades tintas y evidencia su amplia distribución. Es especialmente importante en La Rioja donde ocupa una superficie de cultivo de 31.046 ha, es decir, un 61 % de la DO Calificada Rioja. Es una variedad preferente gracias a su rusticidad, elevada productividad y por estar bien adaptada a las prácticas culturales y enológicas del país. Su principal peculiaridad es que es de ciclo más corto que la mayor parte de las variedades de uva tinta españolas, y por tanto minimiza los riesgos sanitarios en fruto propiciados por la climatología otoñal.

Es una variedad bastante vigorosa en condiciones de ausencia de estrés hídrico. Se caracteriza por tener un porte erguido, lo que le confiere sensibilidad al viento. Sus limbos son grandes, de cinco a siete lóbulos bien diferenciados, con forma pentagonal y de color verde oscuro con vellosidad media-alta en su envés. Sus sarmientos son de color amarillento con la superficie ligeramente estriada. El racimo es de tamaño mediano-grande, compacto y de pedúnculo corto-medio. La baya es pequeña y circular, con un hollejo de elevado grosor y de color negro-azul. Su pulpa es blanda y muy jugosa, y no tiene pigmentación o es muy débil. La fertilidad de sus yemas es muy alta y da una producción alta. Es por ello que es habitual podarla a pulgares de dos yemas vistas. Es sensible al estrés hídrico severo y un riego moderado durante los procesos de maduración de la uva beneficia la composición de sus mostos. No obstante, el portainjerto empleado en su cultivo le puede conferir cierta tolerancia al estrés hídrico así como su capacidad de adaptación a diferentes tipos de suelo. Es sensible a enfermedades fúngicas como el oídio y a la excoriosis.

Sus mostos se caracterizan por tener baja acidez a igualdad de grado alcohólico probable en comparación al resto de las variedades más cultivadas en España. Produce unos vinos de color rojo rubí de media capa. Su

perfil aromático se caracteriza por tener notas a vainilla, cuero, tabaco o ci-ruelo y ciertos tonos herbáceos. Es apta para crianza en bodega de roble, lo que le confiere un interesante carácter aterciopelado. La uva Tempranillo da muy buenos resultados en la elaboración de vinos jóvenes con maceración carbónica, si bien, no es frecuente su elaboración como vino varietal. Se suele mezclar con otras variedades como la Garnacha, Mazuela, Graciano, Merlot o Cabernet Sauvignon.

Figura 20. Imagen de unas cepas de la variedad Tempranillo regadas por goteo



El riego en la variedad Tempranillo influye positivamente sobre su productividad. En un ensayo de riego realizado durante seis campañas por Yeves *et al.* (2011)¹ en Requena, se observó que el rendimiento se incrementa de manera casi lineal en respuesta a volúmenes de riego de hasta 1.000 m³/ha. Esto es debido principalmente al incremento del peso medio de la baya. Los efectos más habituales del riego sobre la composición de

¹ YEYES, A.; PÉREZ, D.; RISCO, D.; INTRIGLILO, D. S. y CASTEL, J. R. (2011): «Obtención de una pauta de riego óptima en la variedad Tempranillo en Utiel-Requena»; *Vida Rural* (325); pp. 42-46.

los mostos en Tempranillo es incrementar la concentración de ácido málico, aunque los efectos sobre la acidez titulable no son tan concluyentes. El riego deficitario aplicado en la época de posenvero atenúa el estrés hídrico de las cepas en comparación al secano, lo que propicia el incremento de la acumulación de azúcares en la baya. No obstante, el efecto del riego sobre el pH de los mostos también es un incremento del mismo. Las restricciones de riego durante el periodo preenvero fomentan la concentración de compuestos fenólicos y de antocianos en la uva, y por consiguiente la intensidad colorante de los vinos resultantes. Si bien, cuando se habla de dosis de riego en vid, se ha de prestar especial atención a la precipitación acumulada en el suelo, así como el efecto de la carga de cosecha.

Figura 21. Detalle de racimos de Tempranillo enverando



Por tanto la decisión de una estrategia de riego es función del objetivo productivo pretendido y de las singularidades de un viñedo concreto. En este capítulo se proponen dos opciones de manejo del riego en Tempranillo fundamentadas en los ensayos realizados en la finca «El Cerrito» ubicada Requena. Ambas consisten en el aprovechamiento del agua de lluvia

acumulada en el perfil de suelo durante el otoño-invierno, así como de las lluvias estivales y se limitan a cubrir parcialmente las necesidades hídricas del viñedo durante los meses de verano.

4.7.1. Maximizar calidad

Con el objetivo productivo de obtener una uva Tempranillo para vinificación de características enológicas óptimas se recomienda la aplicación de un riego deficitario que para la región de Utiel-Requena correspondería a una aplicación anual de 120 mm (1.200 m³/ha) para un año de climatología media (Tabla 2). Esta estrategia de riego busca maximizar la relación hollejo-pulpa así como un desarrollo vegetativo y estado fisiológico que posibiliten alcanzar la completa madurez fenólica del hollejo y tánica en la pepita con el objetivo de obtener buenos rendimientos y poder destinar la uva para la elaboración de vinos de guarda.

Tabla 2. Resumen mensual de los componentes del balance hídrico en un viñedo de Tempranillo situado en Requena (Valencia) para un año de climatología media con el objetivo de maximizar la calidad

Mes	ET _o (mm)	Kc	ET _c (mm)	P (mm)	Pe (mm)	ET _c -Pe (mm)	Riego goteo (m ³ ha ⁻¹)
Ene	29,9	0,0	0,0	24,4	18,1	0,0	0,0
Feb	44,3	0,0	0,0	25,9	19,4	0,0	0,0
Mar	77,4	0,0	0,0	42,6	30,9	0,0	0,0
Abr	104,5	0,0	0,0	48,9	35,4	0,0	0,0
May	139,0	0,0	0,0	45,3	32,4	0,0	0,0
Jun	156,4	0,0	0,0	22,7	5,6	0,0	0,0
Jul	175,2	0,2	35,0	10,3	2,5	32,5	325,3
Ago	159,0	0,4	63,6	18,9	4,7	58,9	588,8
Sep	102,2	0,4	40,9	49,3	12,3	28,5	285,4
Oct	63,4	0,3	19,0	48,1	32,9	0,0	0,0
Nov	36,1	0,0	0,0	42,3	28,1	0,0	0,0
Dic	25,2	0,0	0,0	27,9	19,6	0,0	0,0
Total	1.112,0	0,1	158,5	406,6	241,9	120,0	1.200,0

ET_o: evapotranspiración de referencia; Kc: coeficiente del cultivo; ET_c: evapotranspiración del cultivo; P: precipitación; Pe: precipitación efectiva.

4.7.2. Maximizar producción

Con el objetivo productivo de maximizar la producción de uva Tempranillo para vinificación, se recomienda la aplicación de un riego deficitario que para un viñedo de la zona de Utiel-Requena correspondería a una aplicación anual de 256,5 mm (2.565 m³/ha) para un año de climatología media (Tabla 3). Destacar, que estas recomendaciones de riego en muchas regiones no son aplicables en una determinada Denominación de Origen o las concesiones de uso del agua expedidas por el organismo de cuenca no permite la aplicación de dichos volúmenes de riego en vid.

Tabla 3. Resumen mensual de los componentes del balance hídrico en un viñedo de Tempranillo situado en Requena (Valencia) para un año de climatología media con el objetivo de maximizar la producción

Mes	ET _o (mm)	Kc	ET _c (mm)	P (mm)	Pe (mm)	ET _c -Pe (mm)	Riego goteo (m ³ ha ⁻¹)
Ene	29,9	0,0	0,0	24,4	18,1	0,0	0,0
Feb	44,3	0,0	0,0	25,9	19,4	0,0	0,0
Mar	77,4	0,0	0,0	42,6	30,9	0,0	0,0
Abr	104,5	0,2	15,6	48,9	35,4	0,0	0,0
May	139,0	0,3	34,5	45,3	32,4	2,0	21,0
Jun	156,4	0,4	54,9	22,7	5,6	49,0	494,0
Jul	175,2	0,6	96,3	10,3	2,5	93,7	937,4
Ago	159,0	0,6	87,4	18,9	4,7	82,6	826,4
Sep	102,2	0,4	40,9	49,3	12,3	28,6	285,9
Oct	63,4	0,3	15,7	48,1	32,9	0,0	0,0
Nov	36,1	0,2	5,4	42,3	28,1	0,0	0,0
Dic	25,2	0,0	0,0	27,9	19,6	0,0	0,0
Total	1.112,0	0,2	350,6	406,6	241,9	256,0	2.565,0

ET_o: evapotranspiración de referencia; Kc: coeficiente del cultivo; ET_c: evapotranspiración del cultivo; P: precipitación; Pe: precipitación efectiva.

Los cálculos teóricos de la Tabla 2 son orientativos y están realizados para un año medio y por tanto son susceptibles de importantes variaciones anuales. Para una programación del riego por goteo más eficiente es conveniente conocer la textura y profundidad del suelo, así como el indicador más veraz del estado hídrico de la planta, el potencial hídrico de tallo determinado mediante cámara de presión tipo «Scholander» a medio día solar.

En la Tabla 4 se sugieren unos umbrales de estrés hídrico para cada periodo fenológico y tipo de manejo.

Tabla 4. Recomendación orientativa del estado hídrico en Tempranillo para cada estado fenológico según la estrategia objetivo; maximizar calidad o maximizar producción

Estado fenológico	Max. calidad Ψ tallo (MPa)	Max. producción Ψ tallo (MPa)
Brotación-cuajado	> -0,9	> -0,7
Cuajado-envero	-0,9 a -1,3	-0,7 a -1,0
Maduración	-1,0 a -1,2	- 0,9 a -1,1
Posvendima	> -1,1	> -1,0

4.8. Recomendaciones prácticas para el riego en Bobal

La Bobal es una variedad de uva tinta autóctona de la comarca de Requena-Utiel (Valencia, España). En superficie de cultivo es la segunda variedad tinta más cultivada tras la de Tempranillo con 60.301 has. Es especialmente importante en la Comunidad Valenciana, donde ocupa el 75 % de la superficie total de viñedo incluida en la Denominación de Origen Utiel-Requena. Puesto que hay vestigios de su presencia en la zona desde hace más de dos mil años, se considera que está muy bien adaptada a las condiciones edafo-climáticas de la región.

Es una variedad vigorosa si se satisface su demanda evapotranspirativa potencial (ETc). No obstante, ello afecta negativamente a su potencial enológico. Se caracteriza por tener un porte semierguido, con hojas grandes de cinco lóbulos de color verde claro con velloso alta en su envés. Cerca de su senescencia (agostamiento) cambian su pigmentación, tornándose de un característico rojizo-violáceo. El racimo es de tamaño grande, compacto y de pedúnculo corto. La baya es mediana-grande y redonda, con un hollejo de grosor medio, resistente y muy oscuro. Su pulpa es blanda y sin pigmentación. La fertilidad de sus yemas es alta y da una producción media-alta. Por tanto, se adapta bien a podas cortas. Es muy resistente a la sequía, ya que madura bien en condiciones de estrés hídrico elevado. Destacar que el patrón sobre el que esté injertada modula ligeramente su tolerancia al estrés hídrico, así como su capacidad de adaptación a diferentes tipos de suelo. Su ciclo fenológico se considera tardío o medio. Esto propicia que la

maduración coincide con las condiciones climatológicas adecuadas para desarrollar enfermedades fúngicas como el oídio y a la botrytis.

Figura 22. Imagen de una cepa vigorosa de la variedad Bobal



Sus mostos se caracterizan por tener la acidez más elevada que la mayor parte de las variedades españolas a igualdad de grado alcohólico probable. Produce unos vinos de color cereza oscuro con tonos violáceos muy estables en el tiempo. Su perfil aromático se caracteriza por tener notas a frutos rojos, regaliz, pimienta, tabaco y ligeros tonos herbáceos. Actualmente se están obteniendo buenos resultados en la elaboración de vinos añejados dado su elevado contenido en taninos. También es adecuada para la elaboración de rosados frescos y afrutados.

El aporte del riego influye muy positivamente sobre la productividad de la variedad Bobal. En un ensayo de riego realizado por Intrigliolo *et al.* (2014)² realizado en Requena se observó que el rendimiento se incrementa de manera casi lineal en respuesta a volúmenes de riego de hasta 150 mm (1.500 m³/ha).

² INTRIGLIOLO, D. S.; PUERTO, H.; ÁLVAREZ, I.; GARCÍA-ESPARZA, M. J.; CHIRIVELLA, C.; LIZAMA, V. y RUIZ-CANALES, A. (2014): «Efectos del riego sobre la producción y la calidad de la uva y del vino en la variedad Bobal en Utiel-Requena»; *Enovicultura* (31); pp. 92-100.

Esto se debió principalmente al gran incremento del peso de la baya que favorece el estado del viñedo de estrés ligero. Los efectos más habituales del riego sobre la composición de los mostos en Bobal es incrementar la acidez total debido a incrementos en la concentración de ácido málico. Sin embargo, los efectos sobre el pH no son tan concluyentes. No obstante, el contenido en sólidos solubles totales, la concentración de compuestos fenólicos y de antocianos, así como la intensidad colorante de los vinos resultantes disminuye, debido a un efecto dilución en las bayas grandes.

Figura 23. Detalle de una hoja de Bobal virando de color durante su senescencia



Nuevamente, la decisión de una estrategia de riego depende del objetivo productivo pretendido. Por ello, en este capítulo se proponen dos opciones de manejo del riego en Bobal fundamentadas en los ensayos rea-

lizados en la finca «El Cerrito» ubicada Requena. Ambas consisten en el aprovechamiento del agua de lluvia acumulada en el perfil del suelo durante el otoño-invierno y se limitan a cubrir parcialmente las necesidades hídricas del viñedo durante los meses de verano.

4.8.1. Maximizar calidad

Con el objetivo productivo de obtener una uva Bobal para vinificación de características enológicas óptimas se recomienda la aplicación de un riego deficitario que para la región de Utiel-Requena correspondería a una aplicación anual de 76 mm (760 m³/ha) para un año de climatología media (Tabla 5). Esta estrategia de riego busca maximizar la relación hollejo-pulpa así como un desarrollo vegetativo y estado fisiológico que posibiliten alcanzar la completa madurez fenólica y elaborar vinos de guarda.

Tabla 5. Resumen mensual de los componentes del balance hídrico en un viñedo de Bobal situado en Requena (Valencia) para un año de climatología media con el objetivo de maximizar la calidad

Mes	ET _o (mm)	Kc	ET _c (mm)	P (mm)	Pe (mm)	ET _c -Pe (mm)	Riego goteo (m ³ ha ⁻¹)
Ene	29,9	0,0	0,0	24,4	18,1	0,0	0,0
Feb	44,3	0,0	0,0	25,9	19,4	0,0	0,0
Mar	77,4	0,0	0,0	42,6	30,9	0,0	0,0
Abr	104,5	0,0	0,0	48,9	35,4	0,0	0,0
May	139,0	0,0	0,0	45,3	32,4	0,0	0,0
Jun	155,7	0,0	0,0	22,7	5,6	0,0	0,0
Jul	175,2	0,2	26,3	10,3	2,5	23,8	250,8
Ago	159,0	0,3	39,8	18,9	4,7	35,1	369,8
Sep	102,2	0,3	25,6	49,3	12,3	13,3	139,7
Oct	63,4	0,2	12,7	48,1	32,9	0,0	0,0
Nov	36,1	0,0	0,0	42,3	28,1	0,0	0,0
Dic	25,2	0,0	0,0	27,9	19,6	0,0	0,0
Total	1.111,7	0,1	104,5	406,6	241,9	72,2	760,0

ET_o: evapotranspiración de referencia; Kc: coeficiente del cultivo; ET_c: evapotranspiración del cultivo; P: precipitación; Pe: precipitación efectiva.

4.8.2. Maximizar producción

Con el objetivo de maximizar la producción de uva Bobal para vinificación de rosados o vinos no de guarda se recomienda la aplicación de un riego deficitario, que para la región de Utiel-Requena correspondería a una aplicación anual de 2.696 m³/ha para un año de climatología media (Tabla 6). Si bien en muchas regiones, las concesiones de uso del agua expedidas por el organismo competente no permiten la aplicación de dichos volúmenes de riego en vid.

Tabla 6. Resumen mensual de los componentes del balance hídrico en un viñedo de Bobal situado en Requena (Valencia) para un año de climatología media con el objetivo de maximizar la producción

Mes	ET _o (mm)	Kc	ET _c (mm)	P (mm)	Pe (mm)	ET _c -Pe (mm)	Riego goteo (m ³ ha ⁻¹)
Ene	29,9	0,0	0,0	24,4	18,1	0,0	0,0
Feb	44,3	0,0	0,0	25,9	19,4	0,0	0,0
Mar	77,4	0,0	0,0	42,6	30,9	0,0	0,0
Abr	104,5	0,2	15,6	48,9	35,4	0,0	0,0
May	139,0	0,3	34,5	45,3	32,4	2,1	22,1
Jun	155,7	0,4	54,6	22,7	5,6	49,0	516,2
Jul	175,2	0,6	96,3	10,3	2,5	93,7	986,8
Ago	159,0	0,6	87,4	18,9	4,7	82,6	869,9
Sep	102,2	0,4	40,9	49,3	12,3	28,6	301,0
Oct	63,4	0,3	15,7	48,1	32,9	0,0	0,0
Nov	36,1	0,2	5,4	42,3	28,1	0,0	0,0
Dic	25,2	0,0	0,0	27,9	19,6	0,0	0,0
Total	1.112,0	0,2	350,3	406,6	241,9	256,1	2.696,0

ET_o: evapotranspiración de referencia; Kc: coeficiente del cultivo; ET_c: evapotranspiración del cultivo; P: precipitación; Pe: precipitación efectiva.

Estas recomendaciones de riego están calculadas para un año medio y por tanto son susceptibles de variaciones anuales importantes dada la elevada variabilidad temporal y espacial de las precipitaciones primaverales, muchas veces torrenciales. Para una aplicación del riego por goteo más eficiente es conveniente conocer el estado hídrico de la planta. Por ello se sugieren estos umbrales de potencial hídrico de tallo determinado mediante cámara de presión tipo «Scholander» a medio día solar (Tabla 7).

Tabla 7. Recomendación orientativa del estado hídrico en Bobal para cada estado fenológico según la estrategia objetivo; maximizar calidad o maximizar producción

Estado fenológico	Max. calidad Ψ tallo (MPa)	Max. producción Ψ tallo (MPa)
Brotación-cuajado	> -0,8	> -0,7
Cuajado-envero	-0,8 a -1,2	-0,7 a -0,9
Maduración	-1,2 a -1,4	- 0,9 a -1,2
Posvendima	-1,0 a -1,2	-0,8 a -1,0

4.9. Recomendaciones prácticas para el riego en Monastrell

La Monastrell como la conocemos hoy en día probablemente proceda del Levante español, no se conoce con certeza si es una variedad primigenia o llegó a la península ibérica de la mano de los primeros griegos que poblaron las costas levantinas, más concretamente El Camp de Morvedre, (Sagunto) del cual se tienen abundantes referencias históricas. Hoy día, la Monastrell es la cuarta variedad tinta más plantada en toda España con un 5 % (63.244 Ha) de la superficie total del viñedo nacional y está autorizada por 19 denominaciones de origen.

Algunas de las características principales de esta variedad de vid son: porte erguido, racimos medianos, cónicos y compactos, hojas pentalobuladas de color verde intenso y vello en el envés; bayas esféricas, medianas con piel gruesa de color negro azulado intenso y mucha pruina, pulpa blanda, carnosa y sin color.

La variedad Monastrell tiene una gran capacidad enológica como lo demuestra la gran variedad de vinos diferentes que se pueden elaborar con ella: rosados, tintos jóvenes, crianzas, reservas, grandes reservas, dulces, rancios, espumosos y Fondillón. El corte de vino Monastrell que se produce en el Mediterráneo ha evolucionado pasando de ser unos vinos alcohólicos, rancios, con poca fruta, poca extracción y largas crianzas a otro tipo de vinos más finos, balsámicos, potentes, frutales con crianzas cortas y buenas extracciones. Generalmente son mostos muy dulces y algo oxidativos, con poca acidez y alto pH y un desfase entre las maduraciones industriales y polifenólica/aromática

La variedad Monastrell ha desarrollado la capacidad de supervivencia en climas áridos y en cultivo de secano, aunque nuestros estudios y los realizados por el Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (IMIDA) (Romero *et al.* 2010)³ demuestran que suplementos adecuados de agua, mediante la gestión de un riego eficiente y con criterio, pueden mejorar significativamente el rendimiento y la calidad de la uva.

Figura 24. Imagen de cepas de Monastrell



4.9.1. Maximizar calidad

Con el objetivo productivo de obtener una uva Monastrell para vinificación de características enológicas óptimas se recomienda la aplicación de un riego deficitario que para la zona árida del sureste de España (Alicante, Murcia y sur de Albacete) correspondería a una aplicación anual de 102 mm (1.020 m³/ha) para un año de climatología media (Tabla 8). Esta estrategia

³ ROMERO, P.; FERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, J. I. y MARTÍNEZ-CUTILLAS, A. (2010): «Physiological thresholds for efficient regulated deficit-irrigation management in winegrapes grown under semiarid conditions»; *American Journal of Enology and Viticulture* (61); pp. 300-312.

de riego busca maximizar la relación hollejo-pulpa así como un desarrollo vegetativo y estado fisiológico que posibiliten alcanzar la completa madurez fenólica y elaborar vinos de guarda.

Tabla 8. Resumen mensual de los componentes del balance hídrico en un viñedo de Monastrell situado en Ontur (Albacete) para un año de climatología media con el objetivo de maximizar la calidad

Mes	ET _o (mm)	Kc	ET _c (mm)	P (mm)	Pe (mm)	ET _c -Pe (mm)	Riego goteo (m ³ ha ⁻¹)
Ene	48,9	0,0	0,0	17,1	11,9	0,0	0,0
Feb	56,2	0,0	0,0	19,4	13,6	0,0	0,0
Mar	86,5	0,0	0,0	33,2	23,2	0,0	0,0
Abr	113,9	0,0	0,0	36,9	25,9	0,0	0,0
May	146,5	0,2	21,9	34,7	24,3	0,0	0,0
Jun	171,3	0,2	34,3	13,6	9,5	24,7	247,2
Jul	197,7	0,2	39,5	8,5	5,9	33,6	336,2
Ago	172,1	0,3	43,0	17,9	12,5	30,5	305,0
Sep	116,4	0,3	34,9	31,7	22,2	12,8	127,6
Oct	78,8	0,2	11,8	30,9	21,7	0,0	0,0
Nov	50,9	0,0	0,0	27,8	19,5	0,0	0,0
Dic	40,4	0,0	0,0	19,7	13,8	0,0	0,0
Total	1.280,0	0,1	186,0	291,0	204,0	102,0	1.016,0

ET_o: evapotranspiración de referencia; Kc: coeficiente del cultivo; ET_c: evapotranspiración del cultivo; P: precipitación; Pe: precipitación efectiva.

4.9.2. Maximizar producción

Con el objetivo de maximizar la producción de uva Monastrell para vinificación de vinos más corrientes, se recomienda la aplicación de un riego deficitario que para el sureste de España correspondería a una aplicación anual de 272,1 mm (2.721 m³/ha) para un año de climatología media (Tabla 9). No obstante, en muchas regiones las concesiones de uso del agua expedidas por el organismo competente no permiten la aplicación de dichos volúmenes de riego en vid.

Estas recomendaciones de riego están calculadas para un año medio y son susceptibles de variaciones anuales importantes dada la elevada variabilidad temporal y espacial de las precipitaciones primaverales, muchas veces torrenciales. Para una aplicación del riego por goteo más eficiente es conveniente conocer el estado hídrico de la planta. Por ello se sugieren estos umbrales de potencial hídrico de tallo determinado mediante cámara de presión tipo «Scholander» a medio día solar (Tabla 10). Según Romero *et al.* (2010) un riego deficitario controlado, optimizará la producción y calidad de la uva, siempre y cuando se mantengan unos umbrales de estrés hídricos para cada etapa fisiológica. No siempre se tiene en consideración a la viña después de vendimia; sin embargo, para que la planta tenga reservas para el año siguiente será bueno continuar con la aplicación de agua hasta la caída de las hojas.

Tabla 9. Resumen mensual de los componentes del balance hídrico en un viñedo de Monastrell situado en Ontur (Albacete) para un año de climatología media con el objetivo de maximizar la producción

Mes	ET _o (mm)	Kc	ET _c (mm)	P (mm)	Pe (mm)	ET _c -Pe (mm)	Riego goteo (m ³ ha ⁻¹)
Ene	48,9	0,0	0,0	17,1	11,9	0,0	0,0
Feb	56,2	0,0	0,0	19,4	13,6	0,0	0,0
Mar	86,5	0,0	0,0	33,2	23,2	0,0	0,0
Abr	113,9	0,2	17,1	36,9	25,9	0,0	0,0
May	146,5	0,3	36,6	34,7	24,3	12,4	123,7
Jun	171,3	0,4	59,9	13,6	9,5	50,4	504,1
Jul	197,7	0,6	108,7	8,5	5,9	102,8	1028,1
Ago	172,1	0,6	94,6	17,9	12,5	82,1	821,2
Sep	116,4	0,4	46,5	31,7	22,2	24,4	243,9
Oct	78,8	0,3	19,7	30,9	21,7	0,0	0,0
Nov	50,9	0,2	7,6	27,8	19,5	0,0	0,0
Dic	40,4	0,0	0,0	19,7	13,8	0,0	0,0
Total	1.280,0	0,2	391,0	291,0	204,0	272,0	2.721,0

ET_o: evapotranspiración de referencia; Kc: coeficiente del cultivo; ET_c: evapotranspiración del cultivo; P: precipitación; Pe: precipitación efectiva.

Tabla 10. Recomendación orientativa del estado hídrico en Monastrell para cada estado fenológico según la estrategia objetivo; maximizar calidad o maximizar producción

Estado fenológico	Max. calidad Ψ tallo (MPa)	Max. producción Ψ tallo (MPa)
Brotación-cuajado	> -0,8	> -0,6
Cuajado-envero	-0,9 a -1,1	-0,9 a -1,1
Maduración	-1,2 a -1,4	- 1,0 a -1,2
Posvendima	-1,0 a -1,2	-0,8 a -1,0

5. Técnicas agronómicas para incrementar la calidad de la uva y del vino

En los casos de viñedos muy vigorosos o años de elevada fertilidad de las yemas (Figura 25), en ocasiones se hace necesario recurrir a prácticas agronómicas que puedan servir para controlar los rendimientos de las cepas para equilibrar el ratio de desarrollo vegetativo/producción y así mejorar la calidad de la uva, en particular cuando la misma va a ir destinada a vinos de gama alta.

Figura 25. Vista de una cepa de Tempranillo con elevada carga de racimos



En este sentido se ha estudiado la eficacia de dos técnicas: el aclareo de racimos y el deshojado temprano, cuyos efectos y forma de aplicación práctica se resumen a continuación.

5.1. Aclareo de racimos

El aclareo de racimos fue estudiado en detalle en la variedad Tempranillo a partir de unos resultados previos que demostraban que, para una determinada fecha de vendimia, el grado alcohólico del vino y el color de la uva incrementaban a medida que disminuía el nivel de producción de las cepas (Gráfico 4). En dicha figura se muestra también como en condiciones de riego deficitario frente al seco, el efecto negativo del incremento de la producción es algo menos acusado, lo que indica que el riego deficitario puede emplearse como herramienta para reducir la variabilidad entre años derivada del distinto nivel de producción.

Así pues se demostró que en condiciones de elevada producción por una alta fertilidad de las yemas, reducir los rendimientos de las cepas mediante aclareos realizados después del cuajado de bayas y antes del envero, permite incrementar la calidad de la uva (Gráfico 5). Sin embargo, si puede conseguirse un retraso en la época de maduración, es posible compensar los efectos negativos sobre la calidad de la uva de una elevada producción siempre y cuando se consiga mantener la uva sana. De hecho, retrasando la vendimia 15 días, las cepas sin aclareo podían llegar a alcanzar niveles de calidad de la uva similares a los que tenían las uvas provenientes de una aclareo intenso 15 días antes (Gráfico 5).

Gráfico 4. Relación existente en la variedad Tempranillo entre la producción de las cepas y el grado alcohólico y la intensidad de color del vino. Los triángulos equivalen a cepas con riego deficitario de 850 m³/ha

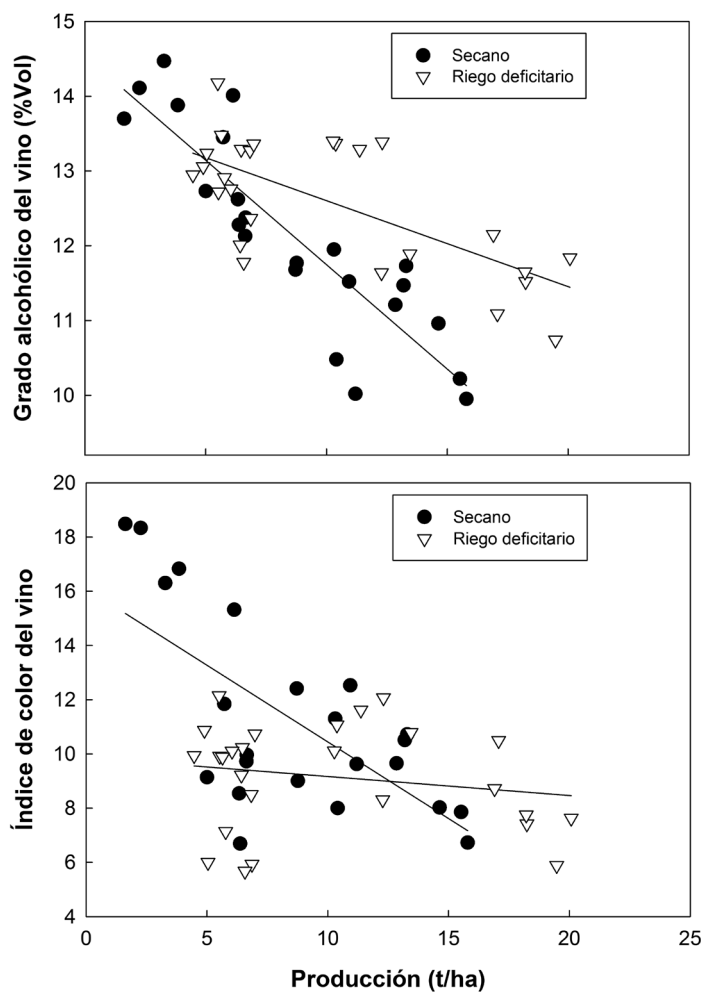
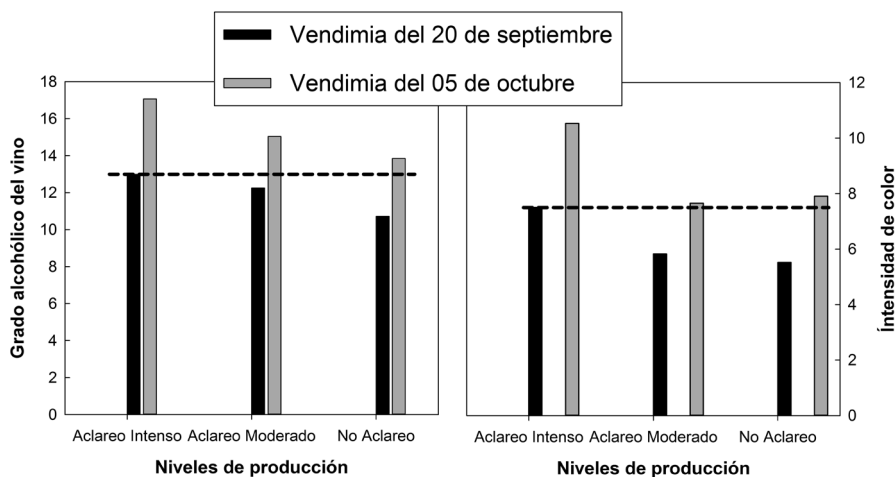


Gráfico 5. Grado alcohólico del vino e índice de color para dos fechas de vendimia a partir de uvas provenientes de distintos niveles de producción: no aclareo (22,2 t/ha), aclareo moderado (18,3 t/ha), aclareo intenso (10,4 t/ha)



5.2. Deshojado temprano

Actualmente, otra técnica que se utiliza para reducir la producción de la vid es el deshojado temprano que, además de aumentar la calidad de la uva, puede provocar una menor compactación de los racimos al tiempo que incrementa la exposición de los racimos a la radiación solar y a la aireación. Dicha técnica consiste en la eliminación de las hojas basales de los sarmientos en torno a la época de floración para reducir la capacidad de las cepas de producir foto-asimilados y provocar por lo tanto un cierto corrimiento (Figura 26).

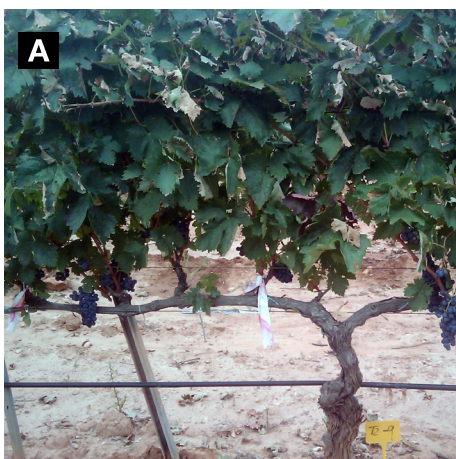
Una preocupación existente entre los viticultores sobre el uso de esta técnica es que un incremento excesivo de la radiación incidente sobre los racimos pueda provocar la aparición de manchas superficiales por quemadura solar, aunque nosotros, por lo observado en la zona vitivinícola de Valencia, no tenemos constancia de que estén asociadas al deshojado. También consideramos importante indicar que, tras el deshojado, crecen nuevas hojas, sobre todo en los nietos, y se restablecen rápidamente los niveles fotosintéticos de la planta (Figura 27).

El deshojado precoz se ha ensayado en las variedades Tempranillo y Mandó y a partir de los resultados obtenidos se resumen algunas recomendaciones prácticas para su posible empleo a escala comercial.

Figura 26. Imágenes de cepas deshojadas justo antes de floración (A) y durante el principio del cuajado de bayas (B)



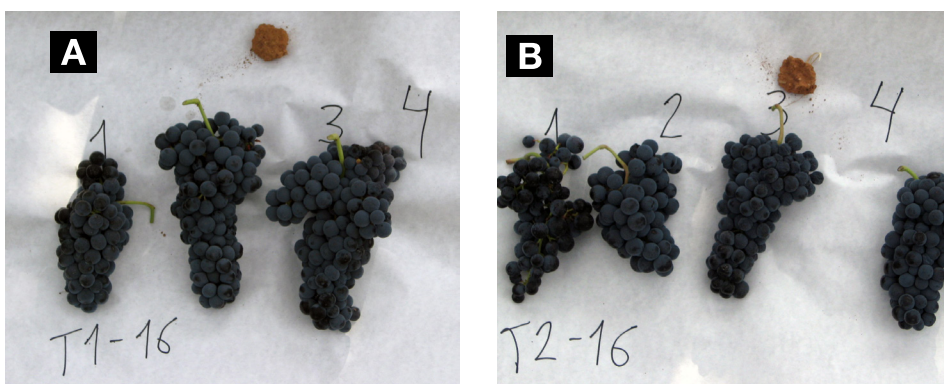
Figura 27. Imágenes de cepas que fueron deshojadas antes de floración (A) y durante el principio del cuajado de bayas (B) tomadas en el momento de la vendimia



5.2.1. Recomendaciones para la variedad Tempranillo

Se recomienda la realización del deshojado eliminando las 5 primeras hojas basales incluidas la de los secundarios o nietos en la fase fenológica de cuajado de bayas. De este modo puede reducirse el apiñamiento de los racimos (Figura 28) incrementarse el color (+30 %) y concentración de azúcares de la uva (+10 %) y mejorar el estado sanitario de la misma, aunque también puede reducirse la acidez (-8 %). La producción de las cepas se reduce en torno a un 20 % el primer año de aplicación de la técnica pudiendo llegar a mermas productivas del 40 % si la aplicación se lleva a cabo de forma continuada durante tres años consecutivos⁴.

Figura 28. Imágenes de racimos provenientes de cepas sin deshojar (A) y de cepas deshojadas (B)



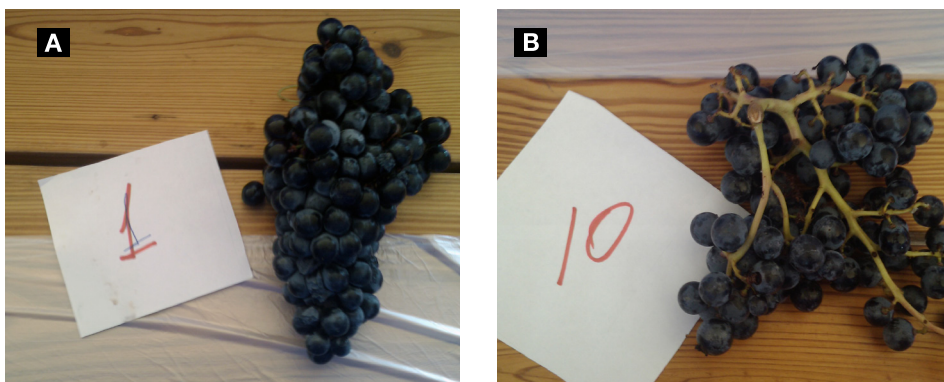
5.2.2. Recomendaciones para la variedad Mandó

En esta variedad se recomienda la aplicación de deshojado temprano llevado a cabo en la época de cuajado de flores eliminando las 7 primeras hojas del sarmiento principal (sin eliminar hojas de los sarmientos secundarios) para reducir la compacidad del racimo y mejorar la calidad de la uva. La realización de dicha práctica conlleva mermas productivas entre un 14 % y un 25 %, comercialmente asumibles si la uva se destina a la producción

⁴ YEYES, A.; RISCO, D.; PÉREZ, D.; CASTEL, J.; SANZ, F.; CASTEL, J. R. y INTRIGLIOLO, D. S. (2011): «Efectos del deshojado temprano en Tempranillo en Requena»; *La semana Vitivinícola* (3352); pp. 982-987.

de vinos de alta calidad. Así pues se reduce notablemente el apiñamiento del racimo (Figura 29) y puede mejorarse en 15-20 % la calidad de las uvas determinada mediante cata de bayas⁵.

Figura 29. Racimos de las variedad Mandó provenientes de cepas sin deshojar (A) o deshojadas (B)



6. Técnicas agronómicas para la adaptación a los efectos del cambio climático

En las regiones de clima mediterráneo se practica y desarrolla la viticultura desde hace milenios, adaptándola a las condiciones concretas de cada territorio (*terroir*). La primera adaptación al medio es la utilización de material vegetal local y la segunda el empleo de técnicas culturales adecuadas a las condiciones hídricas, edáficas y climáticas. De las tres variedades tintas que se presentan en este manual, es la variedad Bobal que tiene un mayor potencial de adaptación al cambio climático. Esto es debido a que es de ciclo largo y por tanto madura en periodos más frescos, y presenta los mayores valores de acidez a igualdad de grado alcohólico probable. Por el contrario, la variedad Tempranillo, por su precocidad y los elevados niveles de pH de sus mostos, parece la más susceptible al calentamiento global.

⁵ INTRIGLILOLO, D. S.; LLÁCER, E.; REVERT, J.; ESTEVE, M. D.; CLIMENT, M. D.; PALAU, D.; BOSCH, P. y GÓMEZ, I. (2014): «Deshojado temprano y calidad de la uva en la variedad Mandó»; *La Semana Vitivinícola* (3411); pp. 1862-1869.

De hecho, los incrementos térmicos y modificaciones en el patrón de precipitaciones ya son una realidad en las regiones de clima mediterráneo. Estos cambios en climas ya de por sí cálidos y semiáridos están propiciando que la maduración tecnológica de la uva ocurra más rápidamente que la síntesis de compuestos fenólicos y esto provoca un desequilibrio en los mostos. Las temperaturas elevadas favorecen la rápida concentración de sólidos solubles totales y el catabolismo de los ácidos orgánicos, y ello viene provocando adelantos en la fecha de vendimia en las regiones mediterráneas. Todo ello redundará en vinos tintos de elevado contenido alcohólico, menor color y aroma, y mayor astringencia y amargor.

Con el objetivo de preservar la tipicidad de las actuales zonas vitivinícolas se plantean técnicas culturales para la adaptación del viñedo al calentamiento global. Las estrategias propuestas van encaminadas a: 1) mitigar los efectos del estrés hídrico de las cepas y mejorar la fertilidad del suelo; 2) equilibrar el ratio desarrollo vegetativo/producción y maximizar la productividad del viñedo manteniendo altos estándares de calidad del mosto; y 3) retrasar el ciclo fenológico de la vid para así desplazar los procesos de maduración hacia periodos menos calurosos y reacomodar la maduración tecnológica a la fenológica. En este sentido, el presente manual propone las técnicas de acolchado del suelo, deshojado tardío, poda tardía, modificación de la altura de la espaldera y orientación de las filas del viñedo.

Además, todas estas técnicas encajan perfectamente en un manejo sostenible del viñedo, e incluso pueden resultar interesantes como técnicas agrícolas de mitigación del cambio climático. Desgraciadamente, el sector agroalimentario y concretamente la producción de alimentos, es uno de los sectores económicos que más emisiones de efecto invernadero emite y van en aumento.

No obstante, la agricultura actúa como fuente y también como sumidero de carbono. Técnicas que incrementen la materia orgánica del suelo como puede ser el uso de acolchados vegetales supone una interesante estrategia para el secuestro de carbono. Además, esta técnica protege la erosión hídrica y eólica del suelo. En cualquier caso, el conocimiento profundo del agrosistema vitícola y sus interacciones con el medio es la base para el diseño de modelos productivos no solo resilientes ante episodios climáticos extremos, sino con capacidad de mitigarlo. Sirva como ejemplo la inmensa capacidad de secuestro de carbono que la extensión nacional actual de viñedo (951.201 ha) permitiría con un incremento del 1 % del contenido de

materia orgánica en suelo. Además, esto ayudaría a mejorar la estructura del suelo y a reducir la erosión.

6.1. Manejo del suelo y acolchado

Las técnicas de manejo del suelo son prácticas culturales que tienen por objetivo mejorar las condiciones de cultivo. No obstante, esta definición que parece obvia no siempre se logra a pesar del empeño que se invierte en dichas operaciones. Estas pueden ser de muy diversa índole, desde el tradicional laboreo en zonas de pluviometrías bajas y estacionales, hasta el no laboreo o la escarda química. El empleo de cubiertas vegetales permanentes o temporales es una práctica de manejo de suelos habitual en viticultura que también puede servir como abono verde. Si bien en regiones semiáridas su empleo ha de coincidir con el periodo de latencia de la vid y conviene conocer muy bien las reservas de agua del suelo para decidir correctamente el momento de siega y así provocar o no la reducción del vigor del viñedo deseada. Otras posibles técnicas de manejo del suelo son el acolchado mediante materiales vegetales o plásticos. Estas técnicas van principalmente encaminadas a reducir la evaporación del agua del suelo más que a mejorar la infiltración del agua de lluvia como las cubiertas de gramíneas. Estudios recientes realizados en la Finca ‘Las Tiesas’, Albacete (López-Urrea *et al.* 2016)⁶, en la variedad Tempranillo, cuantificaron que el acolchado orgánico a base de triturado de sarmientos de poda redujo la ETC de la vid algo más de un 17 %, mientras que un acolchado plástico lo hizo en un 25 %.

Ser capaces de reducir la evaporación del agua de lluvia así como mejorar la capacidad de almacenamiento de la misma en el suelo en un contexto de cambio climático resulta trascendental para la sostenibilidad del viñedo tal y como lo conocemos. Porque de hecho, la disponibilidad de agua es el factor más limitante de la productividad del viñedo en condiciones mediterráneas. Por ello, si se van cumpliendo las predicciones climáticas del IPCC, cabe esperar que en la producción del viñedo se reduzca debido a los incrementos en la demanda evapotranspirativa.

Por todo ello, la técnica de acolchado o *mulching* a base de sarmientos de poda triturados parece una opción interesante para la adaptación del

⁶ LÓPEZ-URREA, R.; MONTORO, A.; MARTÍNEZ, L.; MAÑAS, F.; SÁNCHEZ, J. M. y INTRIGLILOLO, D. S. (2016): «¿Es posible mejorar la eficiencia en el uso del agua de un viñedo mediante un acolchado orgánico del suelo?»; XXXIV Congreso Nacional de Riegos. Sevilla.

viñedo al S. XXI. Porque el no aprovechamiento de los restos de poda supone una emisión neta de carbono a la atmósfera si su destino es ser quemado. En ensayos actualmente en curso con la variedad Bobal en la zona de Requena se han observado mejoras significativas del estado hídrico del viñedo regado por goteo que han permitido incrementar la composición polifenólica de la uva. Estos resultados, unidos al ahorro en la eliminación de la flora auxiliar, permiten aconsejar su uso. No obstante, al tratarse de materia orgánica no descompuesta de elevada relación carbono:nitrógeno, los microorganismos del suelo consumirán parte del nitrógeno presente en él para llevar a cabo el lento proceso de mineralización de los restos de poda. Por ello, es recomendable también completar los requerimientos de nitrógeno del viñedo teniendo en cuenta este aspecto. Una alternativa para la aplicación de los restos de poda de la vid y a la vez compensar el incremento en las necesidades de nitrógeno, podría ser su compostaje en pilas abiertas con estiércol previo a su aplicación. Si bien esto reduciría el volumen a aplicar y por tanto la capacidad de acolchar el terreno. En esta línea se han obtenido muy buenos resultados mediante el compostaje de sarmientos con gallinaza.

Figura 30. Imagen de un viñedo con «mulching» a base de restos de poda de la vid



La aplicación del compost se recomienda realizar en calles alternas dentro del viñedo, porque a pesar de reducir las pérdidas de lluvia por escorrentía, de aplicarse en toda la superficie podría evitar parcialmente la infiltración de precipitaciones inferiores a 5 mm. No se recomienda su aplicación en suelos encharcables de mal drenaje, pues el *mulching*, en forma de paja, el más tradicional podría provocar asfixia radicular y fomentar el desarrollo de enfermedades fúngicas.

Figura 31. Imagen del diseño experimental del ensayo de *mulching* en la Finca el Cerrito adquirida con un vehículo aéreo no tripulado



6.2. Deshojado tardío

La técnica de deshojado tiene como objetivo provocar un retraso en la acumulación de azúcares en la uva buscando incrementar la madurez fenólica sin provocar mermas productivas importantes. La técnica se fundamenta en que una reducción del área foliar de la cepa realizada 10 días antes del 50 % de envero, es decir, cuando inicia la fase III de acumulación de azúcares en la baya (10° Brix aprox.), ralentiza su acumulación. Al retrasarse la vendimia, se incrementa la probabilidad de que las temperaturas nocturnas bajen de 20 °C, lo que permitirá una mayor síntesis de compuestos polifenólicos. El deshojado se realiza de las hojas superiores al segundo entrenudo tras el último racimo, dejando los ápices intactos. De esta forma se eliminan las hojas fotosintéticamente más activas sin fomentar la bro-

tación de las yemas secundarias del sarmiento. Es una técnica que puede realizarse en cualquier tipo de arquitectura del dosel vegetal, pero que en espaldera vertical es fácilmente mecanizable. Este tipo de deshojado ha dado buenos resultados en Italia con la variedad Aglianico, donde, sin provocar diferencias en el rendimiento del viñedo, se redujo el contenido alcohólico del vino manteniendo la concentración de compuestos fenólicos. Un resultado muy interesante, dado que el mercado demanda cada vez más vinos de baja graduación alcohólica pero bien estructurados.

Figura 32. Cepas de la variedad Tempranillo bajo la técnica de deshojado tardío



En un ensayo llevado a cabo en Requena con las variedades Bobal y Tempranillo se estudiaron durante las campañas de 2014 y 2015 los efectos sobre la productividad de las cepas y la composición de la uva de un manejo de la vegetación en espaldera vertical habitual y del deshojado tardío. El deshojado tardío consistió en eliminar manualmente el 30-40 % del área foliar total entre los estados fenológicos 79 en la escala BBCH, es decir cuando todas las bayas de un racimo se tocan. Las hojas eliminadas fueron tanto del sarmiento principal como de los brotes secundarios. La reducción

del área foliar conllevó mejoras en el estado hídrico de las cepas, pero no se tradujo en mejoras productivas. La reducción del 30-40 % del área foliar en estas variedades tintas españolas, a diferencia de lo observado por otros autores en variedades extranjeras, redujo la producción en casi un 20 % y además repercutió negativamente en la composición fenólica de la uva. E incluso, la variedad Bobal, por ser más tardía que la Tempranillo, no llegó a alcanzar los niveles de sólidos solubles totales óptimos para su vendimia antes de que la climatología supusiera un impedimento para la maduración.

Figura 33. Cepas de la variedad Bobal bajo la técnica de deshojado tardío



Resumiendo, la técnica de deshojado tardío puede ser una alternativa para retrasar el ciclo fenológico de la vid y por tanto para desplazar los procesos de maduración hacia periodos de temperaturas menos cálidas. Sin embargo, esto por sí solo no reequilibrará la madurez de los mostos si el ratio área foliar/producción es demasiado bajo y, además, el estado hídrico del viñedo impide o ralentiza la maduración de la uva. Por tanto, si se decide probar su eficacia en las condiciones semiáridas de clima mediterráneo,

se recomienda su aplicación de forma menos intensa, dado que la reducción del 30-40 % de la superficie fotosintética más activa bajo las típicas condiciones de estrés hídrico moderado-elevado estival a estas latitudes, resulta excesivo. Por tanto, el aspecto crítico para el éxito de esta técnica es modular correctamente el porcentaje de deshojado y el estrés hídrico del viñedo, puesto que el momento de realización parece el adecuado para influir principalmente en la maduración, pero no tanto en el tamaño de baya y en la producción.

6.3. *Poda tardía*

Esta técnica se ha demostrado eficaz para paliar el desequilibrio que se está observando entre la madurez tecnológica y la fenólica en zonas vitícolas de clima mediterráneo a causa del incremento en las temperaturas estivales. Esto se consigue retrasando el ciclo fenológico de la vid y por tanto desplazando los procesos de maduración hacia periodos menos calurosos.

La poda tardía consiste en realizar la poda tradicionalmente invernal en primavera. De esta forma: 1) se equilibra la madurez tecnológica y fenólica de la uva, y 2) se minimiza el riesgo de daños por heladas primaverales. La poda tardía planteada aquí ha de realizarse en sistemas de podas cortas. En sistemas de poda tipo Guyot, los retrasos fenológicos provocados serían menos interesantes y el riesgo de sufrir heladas tardías ya se minimiza con tipo de poda debido a su brotación más escalonada. La poda tardía se realiza cuando las yemas que permanecerán en el pulgar alcanzan los estados de yema de invierno o de algodón, correspondiente con 01-03 de la escala BBCH. Esto corresponderá con el inicio de la expansión de las hojas de los brotes apicales de los sarmientos (12-14 BBCH) para un desarrollo vegetativo medio.

Los retrasos fenológicos que provoca esta técnica en la brotación de las cepas es de aproximadamente 20 días respecto a la poda realizada en invierno. El retraso inicial se va atenuando a medida que se incrementan los grados día. Los retrasos en la fecha de vendimia, si bien dependerán de las diferencias climáticas entre la primera y segunda vendimia, se estiman de una semana como mínimo a igualdad de contenido de azúcares. Este desfase entre vendimias compensa los adelantos de hasta 6 días de media en la fecha de vendimia que se han observado en los últimos 20 años. En vendimia, son esperables reducciones de la producción de un 10 o 15 % respecto de la poda invernal. Esto es debido al efecto de la técnica sobre

el tamaño del racimo, influido por el menor peso de la baya de las cepas podadas tardíamente. La composición de la uva sin embargo, tenderá a mejorarse por incrementos significativos en la acidez total, pero principalmente por los incrementos en la concentración de antocianos y polifenoles (para más información pueden consultar el artículo de Buesa *et al.*, 2017)⁷.

Figura 34. Detalle del momento de poda tardía



No obstante, si bien esta técnica se viene aplicando con el objetivo de evitar daños por helada, en la actualidad aún está en fase de evaluación para determinar el potencial enológico que las diferencias de composición en la uva otorgarán a sus vinos. Además, también es necesario investigar los posibles efectos acumulativos que la repetición de esta técnica año tras año pueda provocar sobre la fertilidad de las yemas y el vigor de las cepas.

Destacar que la rentabilidad económica de esta técnica depende en última instancia del objetivo productivo del viticultor. Es decir, del tipo de vino y nicho de mercado al que se quiera dirigir, puesto que las ligeras mer-

⁷ BUESA, I.; PÉREZ, D.; YEVES, A.; SANZ, F.; CHIRIVELLA, C. y INTRIGLILO, D. S. (2017): «Efectos agronómicos y enológicos de la poda tardía en Bobal y Tempranillo»; *Grandes cultivos.com*.

mas productivas que la técnica de poda tardía suele provocar han de verse compensadas por el precio de la uva. Independientemente, la respuesta fisiológica de las variedades Tempranillo y Bobal a la técnica de poda tardía fue estudiada en la región vitícola de Utiel-Requena con resultados positivos en términos de composición. Por tanto, se puede concluir que es una técnica con potencial para la adaptación de la vitivinicultura mediterránea a escenarios futuros, previsiblemente más desfavorables que los actuales. No obstante, la continuación del experimento en futuras campañas es imprescindible para confirmar su eficacia.

Figura 35. Estado fenológico de una cepa poda en invierno (izda.) y de una cepa poda tardíamente (dcha.)



6.4. Altura de la espaldera

En la vid, el sistema de formación empleado y la arquitectura del dosel vegetal determinan la cantidad de luz interceptada por unidad de área foliar y por los frutos. Esto afecta al consumo de agua y por lo tanto al estado hídrico de las cepas, así como a los procesos de maduración de la uva. Bajo un régimen de riego no limitante, parece lógico asumir que una mayor altura de la espaldera puede incrementar la capacidad de las cepas para producir fotoasimilados y, por tanto, aumentar la cosecha final. Sin embargo, como habitualmente ocurre en la viticultura para vinificación, el riego es

deficitario y una mayor elevación de la espaldera puede inducir un mayor estrés hídrico al viñedo. Para cada variedad existe un ratio de área foliar/producción que maximiza la producción y asegura la correcta maduración de la uva, pero este depende del estado hídrico del viñedo. Adicionalmente, en el contexto de cambio climático, donde la demanda evapotranspirativa predicha aumenta y el régimen pluviométrico cambia, es probable que los niveles de estrés del viñedo se incrementen.

Figura 36. Imágenes de dos cepas de Tempranillo con altura de espaldera Alta (A) y normal (B)



Pretendiendo desentrañar estas cuestiones, se estudió la respuesta agronómica y la calidad final de la uva que provoca una mayor altura de la vegetación en condiciones de riego deficitario en la variedad Tempranillo cultivada en la zona de Utiel-Requena. Las alturas de vegetación estudiadas fueron «Normal» o no elevada (representativa de los viñedos de la zona) y «Alta» o elevada, consistiendo en aproximadamente 1,0 y 1,4 m de altura vertical respectivamente. Los niveles de carga de racimos fueron similares en ambas alturas de espaldera para las dos campañas. Los resultados del estudio mostraron que el incremento de la altura de vegetación supuso un aumento del 28 % del área foliar y, por consiguiente, un aumento del estrés hídrico (potencial hídrico de tallo de 0,3 a 0,1 MPa más negativo). Como consecuencia, las cepas con altura de vegetación elevada redujeron la producción en un 10 %. Esta reducción de rendimiento se debió al menor peso del racimo originado por el menor peso de la baya. No obstante, en la com-

posición de sus mostos incrementó la concentración de sólidos solubles totales y un 20 % la de antocianos, aunque disminuyó la acidez total y de la concentración de ácidos málico y tartárico. El contenido en polifenoles totales y taninos no se vio alterado.

A la luz de estos resultados, en condiciones de riego deficitario y poda cordón Royat bilateral, solo se recomienda la vegetación elevada para la producción de vinos de alta gama, donde la pérdida de rendimiento podría ser compensada por una cierta mejora de calidad de la uva. No obstante, la reducción de la acidez ha de tenerse en cuenta, pues puede conllevar una pérdida importante del potencial enológico de la uva.

La espaldera alta también podría suponer una alternativa de manejo de vegetación para adoptarse en viñedos con problemas habituales en sanidad de la uva, pues reduce la compacidad del dosel vegetal y por tanto, mejora la aireación y propicia una mayor exposición a la luz de los racimos.

6.5. Orientación de las filas del viñedo

Desde el punto de vista de la conservación del suelo, la orientación de las filas de los viñedos debería ser la contraria a la dirección de la pendiente del terreno. En otros casos, suele emplearse la orientación que minimiza los cambios de dirección del tractor. Sin embargo en aquellos casos de terrenos relativamente planos y amplias extensiones podrían emplearse indistintamente orientaciones de las filas norte-sur o este-oeste.

Figura 37. Imagen de un viñedo plantado en maceta con orientaciones norte-sur y este-oeste



En ensayos realizados con la variedad Bobal, en condiciones controladas de macetas, hemos comprobado que la orientación de las filas este-oeste puede reducir el consumo de agua en un 12 % sin efectos negativos sobre la calidad de la uva.

Por lo tanto, en aquellos casos en los que pueda resultar indiferente la orientación de las filas de espaldera, se podría llevar a cabo una plantación con dirección este-oeste y así mitigar los efectos de la escasez de agua y falta de precipitaciones. Además esta orientación puede mejorar la resistencia física de la espaldera a los vientos predominantes en la región de Utiel-Requena (Levante o Poniente) y ayudar a retrasar la maduración de la uva, y por lo tanto emplearse como técnica de cultivo para acoplar mejor la madurez tecnológica y la fenólica de las uvas.

7. Nuevos retos a nivel de investigación e innovación

La implantación del riego ha supuesto un cambio radical en el manejo del viñedo. En este manual hemos tratado de dar respuestas y transferir ciertas indicaciones para manejar de manera correcta el riego en función de los objetivos enológicos. Adicionalmente, hemos estudiado algunas prácticas agronómicas complementarias. Pero se nos plantean ahora nuevos interrogantes a los que nos gustaría poder dar respuesta en las próximas dos décadas y en particular:

- Cómo fertirrigar adecuadamente un viñedo bajo riego deficitario. ¿Qué dosis de macro y micro nutrientes y en qué periodos fenológicos aplicarlos? ¿Qué alternativas de fertirrigación existen en viticultura ecológica?
- La implementación del riego es hoy día una realidad, pero sin embargo, queda aún una gran mayoría de viticultura de secano que también necesita respuestas para incrementar la eficiencia en el uso del agua procedente de la lluvia. La técnica de laboreo puede beneficiar la acumulación de agua en el perfil de suelo, pero si no se realiza correctamente puede perjudicar la infiltración de la precipitación, aumentar la escorrentía superficial y provocar mayor erosión del suelo. Una alternativa para la optimización de los recursos hídricos en secano puede ser la mejora genética del material vegetal o la selección de clones de variedades mejor adaptados a las condiciones de sequía extrema. Y si la parte aérea es importante, no lo

es menos el sistema radicular. Es necesario entender el papel que desempeñan los portainjertos en la eficiencia en el uso del agua; los clásicos y las nuevas obtenciones hoy día disponibles, así como su intención con la variedad.

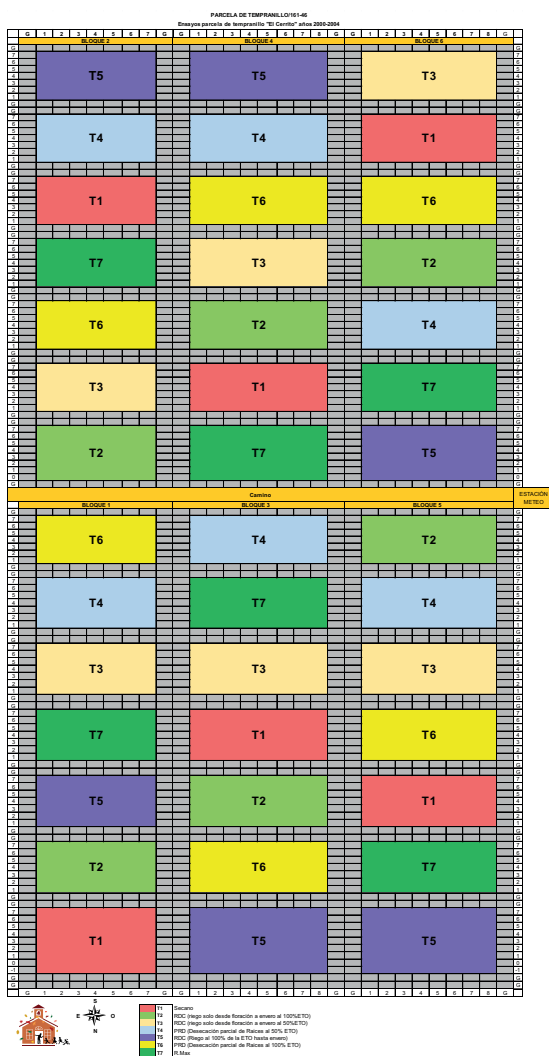
- En este sentido cobra especial importancia la selección clonal en Bobal. Puesto que en las variedades Tempranillo y Monastrell ya existen clones bien caracterizados en el mercado. Sin embargo, como en otras importantes variedades españolas, en la Bobal los esfuerzos realizados parece que no han tenido la continuidad necesaria. Se considera clave para asegurar la competitividad del sector y su sostenibilidad, realizar una selección clonal dirigida a obtener clones de Bobal con mejores aptitudes agronómicas y enológicas, pero también los más capaces de adaptarse mejor a las condiciones de sequía extrema y a los efectos del calentamiento global. Puesto que de otra forma, toda la biodiversidad genética que una variedad ancestral como la Bobal pueda albergar, continuará perdiéndose.
- La mayoría de los estudios que hemos llevado a cabo se han realizado en variedades tintas. Pero los vinos blancos tienen cada vez más cuota de mercado. De ahí la necesidad de emprender estudios en estas variedades blancas como la Macabeo, Chardonnay u otras variedades autóctonas como la Tardana (Planta Nova).
- La producción del cava ha experimentado un renovado interés en el municipio de Requena. Las uvas destinadas a la producción del cava, fundamentalmente de la variedad Macabeo, deben tener notas cualitativas peculiares y por lo tanto es necesario estudiar cómo influye el riego u otras prácticas agronómicas sobre la calidad de la uva destinada a la producción de cava. Variedades foráneas como la Xarel·lo o Perellada podrían resultar de gran interés en la elaboración de cava. Tampoco se debería de olvidar la Garnacha, variedad autorizada para la elaboración de cava rosado.

El mercado del vino es cada vez más globalizado y competitivo, por ello entendemos que a través de la innovación es posible optimizar la calidad de la uva y mejorar en la eficiencia en el uso de los recursos garantizando una práctica de cultivo de la vid sostenible a nivel medioambiental y económico. Esperamos poder seguir contando con los recursos necesarios para poder abordar los nuevos retos y desafíos que hemos identificado.

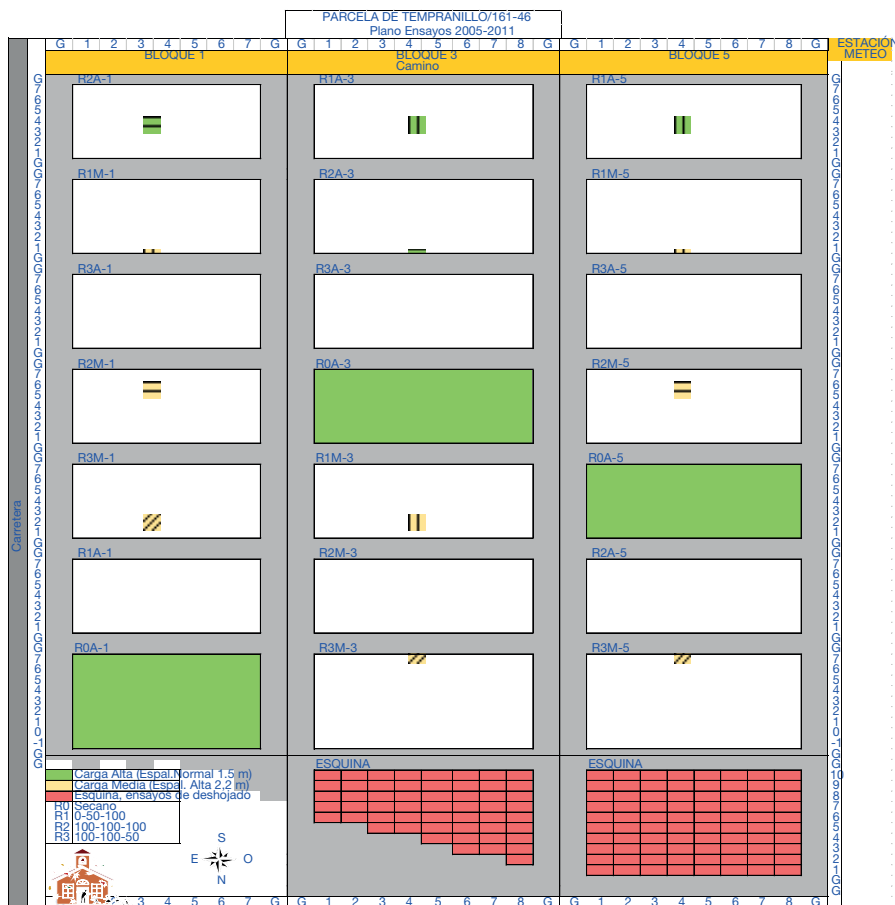
Anexos

Planos de las parcelas experimentales empleadas para la obtención de los resultados transferidos en este manual

Plano 1. Ensayos de riego (momento de aplicación y dosis) y desecación parcial de raíces (PRD) en parcela de Tempranillo en la finca de 'El Cerrito' (2001-2004)

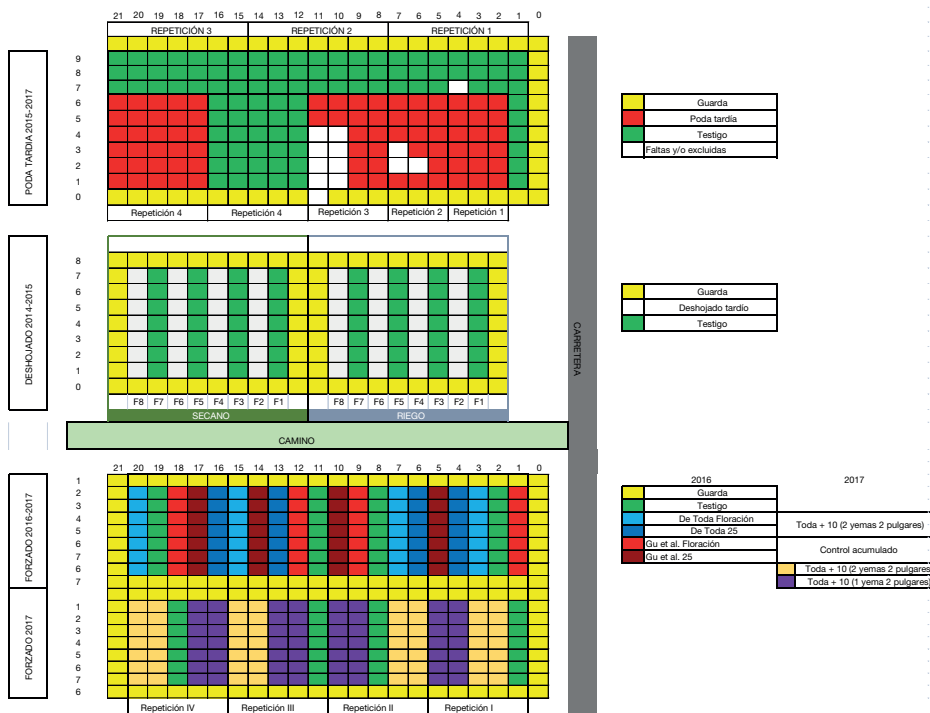


Plano 2. Ensayos de Riego (momento de aplicación y dosis) y ensayo de cargas en parcela de Tempranillo en la finca de 'El Cerrito' (2005-2011)*



* De 2005 a 2008 las cargas se regulaban a base de aclareos de racimos. De 2009 a 2011 las cargas se regulaban a base de distintas alturas de espaldera.

Plano 3. Ensayos de Poda tardía, Deshojado y Forzado realizados en la parcela de tempranillo de 'El Cerrito' (2014-2017)



Plano 5. Parcela experimental de Bobal 'El cerrito'. Tratamientos de riego, poda tardía, deshojado tardío, inclinación de espaldera, abonado y *mulching* (2015-2017)

