Guía

Prácticas vitícolas & adaptación al cambio climático

en la zona POCTEFA

(Programa INTERREG V-A España-Francia-Andorra)

VITISAD

Stratégies et pratiques viticoles durables d'adaptation au changement climatique

Índice

A. PROYECTO VITISAD — p.4
Experimentación y evaluación de estrategias agronómicas que permiten adaptarse al cambio climático

B. IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN NUESTROS VIÑEDOS — p.6

C. LAS HERRAMIENTAS DE ADAPTACIÓN PUESTAS A PRUEBA EN LOS ENSAYOS — p.10

Capítulo 1. Acción sobre el suelo - p.11

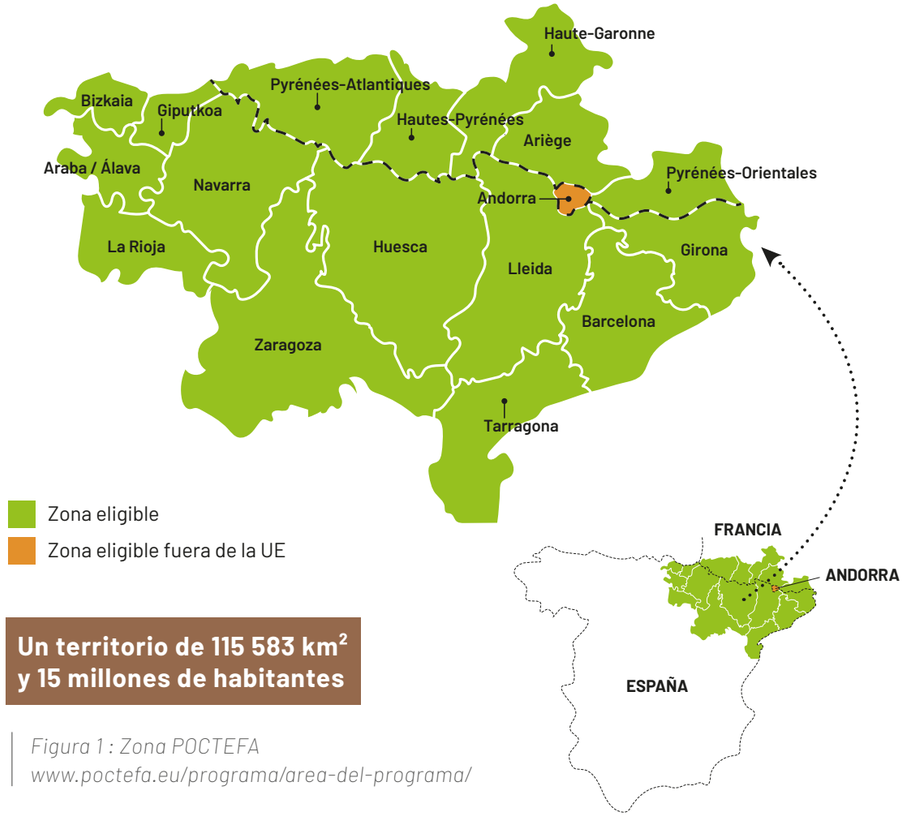
Capítulo 2. Herramientas de acción sobre la viña — p.17

Capítulo 3. Acción sobre el agua — p.34

A. PROYECTO VITISAD

Experimentación y evaluación de estrategias agronómicas que permiten adaptarse al cambio climático

Esta guía ha sido creada en el marco del proyecto VITISAD, cuyo objetivo es mejorar la adaptación de los viñedos de la zona POCTEFA (territorio fronterizo de España, Francia y Andorra, (Figura 1) al cambio climático, mediante la puesta a punto de prácticas agronómicas sostenibles que pueden resultar de utilidad para el viticultor, guiándole en sus futuras decisiones. La dimensión transfronteriza de este proyecto, ha permitido trasladar y validar gran parte de los resultados obtenidos en las diferentes zonas de estudio.



Un territorio de 115 583 km² y 15 millones de habitantes

Figura 1 : Zona POCTEFA
www.poctefa.eu/programa/area-del-programa/

5 **Son cinco los socios que han dado vida a VITISAD**

- Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario (**NEIKER**).
- **La Chambre d'agriculture des Pyrénées-Atlantiques** (CA64).
- **Dirección General de Agricultura y Ganadería** del Gobierno de La Rioja.
- **Institute Français de la Vigne et du Vin** (IFV).
- **Dirección General de Desarrollo Rural, Agricultura y Ganadería** del Gobierno de Navarra.

Las actividades del proyecto se han desarrollado en diversas regiones vitivinícolas de España y Francia: DOCa Rioja, DO Navarra, DO Bizkaiko Txakolina, AOP Jurançon, AOP Madiran-Pacherenc-du-vic-bilh y AOP Fronton. En ellas, se han llevado a cabo diversos ensayos en fincas experimentales y en parcelas pertenecientes a bodegas y viticultores, en las que se han evaluado diferentes prácticas de adaptación al cambio climático en viñedo. Asimismo, se han realizado otras actividades relacionadas con la gestión, la comunicación y el alineamiento de las estrategias sectoriales con el objeto de fomentar la trasferencia de los resultados obtenidos.

Cabe destacar que, en el apartado de comunicación, se ha presentado el proyecto a distintos agentes del sector vitivinícola, de las agrupaciones agrarias, de las Administraciones Públicas, así como a la comunidad científica y a la población en general, tratando de divulgar el conocimiento y experiencia adquirida en el mismo. Con este propósito, se ha desarrollado la web del proyecto (www.vitisad.eu) y dos cuentas en redes sociales de twitter, en español y francés (@vitisad y @vitisad_Fr). Asimismo, se están editando distintos materiales en forma de newsletter, comunicados a prensa, vídeos, artículos científicos y divulgativos, y se han celebrado varias jornadas al respecto.

Esta guía pretende ser un fiel reflejo del espíritu de comunicación del proyecto, procurando hacer llegar al público objetivo, de una manera práctica, el manejo sostenible y racional del viñedo, incluyendo las principales conclusiones del proyecto y un análisis de las prácticas vitícolas que mejor se ajustan a un escenario climático cambiante.

B. IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN NUESTROS VIÑEDOS

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), en su sexto informe de evaluación (IPCC, 2021)[1], predice una serie de cambios en la región europea, entre los cuales se encuentra el incremento de temperaturas a un ritmo elevado, una mayor frecuencia e intensidad de eventos cálidos extremos y un descenso en la frecuencia de olas de frío y de días con heladas.

Respecto a las regiones del sur de Europa, las predicciones para mediados de siglo prevén un calentamiento global de al menos 2º C, acompañado de temperaturas extremas, de un aumento de la sequía, una disminución de las precipitaciones, una intensificación de los incendios, la elevación del nivel medio del mar, una reducción de las áreas con nieve y una disminución de la velocidad del viento. Para las regiones del oeste de Europa, las tendencias son similares, con incertidumbre en lo que respecta al comportamiento de los regímenes de pluviometría.

En este sentido, el incremento de la temperatura implica un adelanto de los estados fenológicos de la viña (desborre, floración, envero y maduración), lo que conduce a una cosecha más temprana. Esta mayor precocidad supone que la maduración tiene lugar durante un período donde las temperaturas son habitualmente más elevadas, lo cual aumenta el riesgo de obtener racimos con una madurez desequilibrada y que pueden presentar entre otras, las siguientes características :

- **Contenidos en azúcares elevados** y, por tanto, un grado alcohólico elevado del vino,
- **Baja concentración de ácidos orgánicos y un pH alto**, lo que reduce la capacidad para el envejecimiento del vino,
- **Falta de complejidad y de evolución aromática del vino,** al desacoplarse la madurez tecnológica, y la madurez fenólica y aromática.

Por otra parte, el mayor riesgo de estrés hídrico que se genera por el cambio climático, puede provocar la senescencia prematura de las hojas y la sobreexposición de los racimos, lo cual comprometería una adecuada maduración de la uva, e incluso el rendimiento, en el caso que el peso del racimo o de la baya se vieran afectados.

[1] IPCC. Intergovernmental panel on Climate Change. 2021. Sixth Assesment Report. Disponible en : https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/factsheets/IPCC_AR6_WGI_Regional_Fact_Sheet_Europe.pdf

En España

En un estudio[2] realizado en 2016, se identificaron cuatro zonas climáticas que engloban todo el territorio español a partir de indicadores agroclimáticos como el Índice de Huglin, el frescor nocturno y la sequía (Tabla 1). Dos de estas zonas, se encuentran en el ámbito de actuación del proyecto:

Región I

(DO Bizkaiko Txakolina).

En esta región se elaboran tradicionalmente vinos blancos. Las previsiones de calentamiento podrían permitir la maduración de otras variedades que requieren más acumulación de temperatura, aumentando el abanico de opciones y oportunidades vitícolas. Con altitudes que oscilan entre los 100 y los 1000 m, se prevé una mayor tendencia al calentamiento en las regiones interiores más frías que en las regiones costeras más suaves (DOs Txakoli), lo que reduciría el riesgo de heladas. Aunque existe incertidumbre sobre cómo será el comportamiento de las precipitaciones, parece que los modelos prevén una reducción hasta niveles en los que podrían mejorar ciertos aspectos cualitativos, como el contenido en polifenoles, al tiempo que se reduciría la intensidad de ataque de enfermedades de tipo fúngico, como el mildiu. Del mismo modo, podría prescindirse del riego en según qué casos.

Región II

(DOCa Rioja, DO Navarra).

La vid en esta región ocupa amplias zonas, principalmente a lo largo del valle del Ebro, entre 200-800 m de altitud. En el futuro, las tendencias del calentamiento podrían hacer aptas para la viticultura las zonas de mayor altitud en la proximidad a los Pirineos en el norte y a las montañas ibéricas en el sur. En este contexto, se están produciendo cambios de climas fríos a cálidos, según el índice de Huglin. En regiones como Rioja, el calentamiento podría tener efectos positivos en las vides en el sentido de reducir la frecuencia de heladas primaverales. En cambio, las variedades más tempranas o los microclimas más cálidos podrían necesitar respuestas de adaptación. Asimismo, el aumento previsto de las temperaturas nocturnas durante el periodo de maduración, podría reducir el potencial aromático y polifenólico del vino. En cuanto a las previsiones de precipitación, éstas son muy variables, resultando más que probable que se produzca un aumento de los niveles de sequía en verano, lo que provocaría un estrés hídrico frecuente que hará más necesario el riego.

En France

En Francia, el proyecto LACAVVE (www6.inrae.fr/laccave/), en marcha desde 2012, se constituye como una red científica nacional de socios con el objetivo de proporcionar datos precisos; y estudiar de forma concertada herramientas de adaptación al cambio climático para el sector vitivinícola.

[2] Resco, R; Iglesias, A; Bardají, I; Sotés, V. 2016. Exploring adaptation choices for grapevine regions in Spain. Reg Environ Change. 16:979-993 DOI 10.1007/s10113-015-0811-4.

horizonte *2050*

Este proyecto refleja para 2050 un aumento significativo del Índice de Huglin, que ocasionaría que los viñedos del suroeste de Francia pasaran de una clasificación «templada-cálida» a una «cálida», que se ajusta a los valores medios registrados en los viñedos de La Mancha en España, entre 1970 y 2000. Además, el número de días calurosos, con temperaturas máximas superiores a 35°C, aumentaría significativamente en esta región. En cuanto a las precipitaciones, las simulaciones coinciden en señalar una disminución global de la precipitación acumulada en verano en la zona mediterránea, y un aumento en invierno para el norte de Europa. Los modelos siguen siendo inciertos para la parte occidental europea en lo que respecta a la precipitación total y a las tormentas de granizo.

Indice agroclimatique

Índice heliotérmico de Huglin (IH)	Suma de la media de las temperaturas medias y máximas diarias superiores a 10°C (durante el periodo desde el 1 de abril hasta el 30 de septiembre) multiplicado por un coeficiente de longitud del día (k), que varía según la latitud. Por definición se expresa en º C día (ºC.D) k Logroño (ES) = 1.03 , latitud 42° ; k Fronton (FR) = 1.04, latitud 44°
Número de días muy calurosos	Número de días durante el ciclo de la viña en los cuales la temperatura máxima diaria es superior a 35 º C.
Índice de frescor nocturno (IF)	Media de las temperaturas mínimas entre el envero y la vendimia. Se expresa en º C.
Índice de Sequía (IS)	Se calcula mensualmente entre el 1 de abril y el 30 de septiembre. Alcanza su valor máximo cuando es igual a la máxima reserva de agua en el suelo. Se tiene en cuenta la pluviometría acumulada, la transpiración de la viña y la evaporación del suelo. Para comparar las regiones se considera que la reserva máxima del suelo es de 200 mm: el clima es considerado "muy seco" si al final del ciclo, IS es <-100 mm, "moderadamente seco" entre -100 y + 50 mm, subhúmedo entre +50 y + 150 mm y húmedo si es > +150 mm.

Tabla 1: Índices agroclimáticos. D'après Tonietto, J. and A. Carbonneau (2004). "A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide." Agricultural and forest meteorology 124(1-2): 81-97

C. LAS HERRAMIENTAS DE ADAPTACIÓN PUESTAS A PRUEBA EN LOS ENSAYOS

Capítulo 1

Acción sobre el suelo

El mantenimiento del suelo mediante cubierta vegetal es un sistema muy desarrollado en los viñedos del suroeste de Francia y de la cornisa cantábrica en España, debido a las condiciones climáticas de humedad. Sin embargo, la mayor parte de zonas de España, como Navarra o Rioja, presentan condiciones más áridas, y se suele labrar el suelo para eliminar la competencia de otras plantas por el agua. A pesar de ello, en los últimos años, hemos asistido a la utilización de cubiertas vegetales, principalmente de carácter temporal, con el objeto de mejorar ciertos aspectos agronómicos y ecológicos del viñedo.

GESTIÓN DE LA CUBIERTA TEMPORAL O PERMANENTE DEL SUELO

La cubierta desempeña un papel fundamental en la agroecología del viñedo. Presenta un efecto directo en la preservación de la calidad del suelo, mejorando su estructura y su fertilidad mineral, incrementando el contenido de materia orgánica, aumentando la actividad biológica y limitando los riesgos de erosión por escorrentía.

¿ Qué especies elegir ?

En España, la experiencia de muchos años de ensayos realizados en Navarra y Rioja muestra que las cubiertas vegetales monoespecíficas no siempre logran un establecimiento completo, lo que puede favorecer la aparición de especies adventicias no deseadas. Por ello, el empleo de mezclas de leguminosas y gramíneas constituye una alternativa interesante (Figura 4).

En los ensayos desarrollados en el marco del proyecto VITISAD, las cubiertas que mostraron una mejor adaptación fueron especies gramíneas como Brachypodium distachyon, Bromus parodii o Festuca ovina, y leguminosas como Melilotus officinalis (trébol dulce). Del mismo modo, dos cubiertas comerciales compuestas por una mezcla de especies (Coverplus Dry y Auxiplus Stability) (Figura 2) utilizadas en parcelas de regadío, han conseguido mantener una buena cobertura en las calles del viñedo durante un largo periodo de tiempo, gracias a una emergencia escalonada.

En otra línea de investigación, en la que se buscaban alternativas al uso de herbicidas en la línea de plantación, se obtuvieron buenos resultados implantando cubiertas vegetales de bajo porte, con especies como Trifolium fragiferum (trébol de fresa), Medicago truncatula y Lotus corniculatus (Figura 2).

Una de las alternativas para favorecer la componente paisajística y la biodiversidad, pasa por el empleo de cubiertas florícolas. Un aspecto que debemos considerar a la hora de implantar una cubierta es el tipo de suelo y su capacidad de almacenamiento de agua, los cuales juegan un

papel importante de cara a los efectos que pueda ocasionar el grado de competencia entre la cubierta y la viña. En este sentido, en un ensayo desarrollado en Rioja Alavesa, en el que se implantó una cubierta con cebada (Hordeum vulgare) en un viñedo con suelo profundo de Bodegas y Viñedos Zuazo y Gastón, se observó una mejora en algunos aspectos de la calidad de la uva que se asemejaba a la obtenida en lugares menos productivos.

Figura 2 : Cubierta vegetal «Auxiplus stability» en Olite (Navarra). Abril 2021 (izquierda) y Medicago truncatula en la línea de plantación en Briones (La Rioja), junio 2020 (derecha)

En la región de Pirineos Atlánticos, los ensayos realizados en el marco del proyecto VITISAD se centraron en la implantación de cubiertas vegetales temporales sembradas en otoño en una de cada dos hileras, dejando la otra hilera con una cubierta de hierba espontánea que se segaba. Las mezclas probadas de leguminosas, gramíneas y crucíferas mostraron diversos grados de éxito (Figura 3). La fecha de siembra, la calidad de la preparación del suelo y las condiciones meteorológicas posteriores a la siembra condicionaron en gran medida su desarrollo. En todo caso, el haba forrajera (Vicia faba) fue sin duda la especie más fácil de establecer, mientras que la veza común (Vicia sativa) y el trébol (Trifolium repens) mostraron un gran poder de cobertura, limitando el desarrollo de vegetación invasora.

Figura 3 : De izquierda a derecha: Mezcla de Vicia sativa, Raphanus, Avena sativa y Secale cereale (centeno); Sinapis alba (mostaza); Phacelia tanacetifolia.

¿ Cuál es el impacto sobre la viña y el vino ?

A pesar de las numerosas ventajas que supone instalar una cubierta vegetal en la parcela, es importante tener en cuenta la competencia generada sobre la vid, puesto que en la mayoría de casos se postula como un factor limitante. Después de años de ensayos en Francia y España, se ha comprobado que en comparación con un suelo labrado, la cubierta vegetal limita el vigor y el rendimiento en función del grado de competencia establecido, siendo el peso de las bayas el parámetro productivo que se ve más condicionado. En lo relativo a la calidad del mosto, se ha observado cómo la cubierta vegetal puede ocasionar en algún caso disminución de acidez, principalmente en viñedos con la variedad Tempranillo, que tienden a incrementar el contenido en potasio en la baya. También se han dado situaciones en las que, debido a un exceso de competencia, se ha reducido el nivel de nitrógeno fácilmente asimilable, influyendo en el perfil sensorial del vino. Por estos motivos, el uso de las cubiertas vegetales debe razonarse en función del nivel de restricción y del estrés hídrico que se desee obtener.

Cabe destacar que, en la zona de Pirineos Atlánticos, la utilización de cubiertas temporales de invierno, sembradas en otoño e incorporadas al suelo en primavera mediante trituración, ha conseguido retener la humedad superficial del suelo en casi una semana más que en los casos en los que no se ha efectuado esta práctica. En todo caso, los ensayos en los que la cubierta se ha implantado de forma homogénea han logrado mejorar en ocasiones el rendimiento de la vid a través de esta forma de aportar nitrógeno.

Este esquema de cubierta vegetal contribuye a incrementar el contenido de materia orgánica del suelo, suponiendo un aporte nutricional importante. Dependiendo de la parcela y de las especies empleadas, la cantidad de nitrógeno captada y devuelta por la cubierta, puede alcanzar los 40-50 kg por hectárea. Las cubiertas espontáneas, en determinadas situaciones, pueden dar lugar a aportes de nitrógeno comparables a los de cubiertas sembradas y posteriormente incorporadas.

Asimismo, y en cuanto a la calidad de la uva se refiere, en viñedos con cubierta sembrada con leguminosas en Pirineos Atlánticos, se ha observado una mejora en el contenido de nitrógeno fácilmente asimilable del mosto. Los demás indicadores de calidad de la uva (contenido de azúcar, ácidos, pH) no mostraron diferencias significativas. Sin embargo, se detectó una mayor sensibilidad al desarrollo de Botrytis en algunas de las parcelas.

Figura 4: Cubiertas vegetales con gramíneas y leguminosas en Olite (junio 2021, Navarra)

Dos cuestiones clave : la lucha contra la erosión y la reducción de la temperatura del suelo

Como parte del funcionamiento natural del medio, la erosión moldea y modifica los paisajes. Los suelos sufren esta erosión natural por efecto del viento, de la escorrentía, del agua y de la gravedad. Debido al cambio climático y, como ya se ha indicado, es probable que los fenómenos extremos sean más frecuentes, sobre todo lluvias intensas en períodos de tiempo cortos. Tal circunstancia puede dar lugar a violentos fenómenos de erosión, como desprendimientos o corrimientos de tierra. Por lo tanto, es esencial poner en marcha medidas para limitar sus efectos.

La cubierta vegetal constituye una herramienta integral de lucha contra la erosión. En uno de los ensayos realizados durante la campaña 2020 en Rioja Alavesa, en el ámbito del proyecto MONTCLIMA (Espacio Atlántico INTERREG), y en un viñedo de la bodega Maisulan, que contaba con una pendiente entre el 10% y el 20%, se advirtió una reducción significativa de la erosión gracias al establecimiento de una cubierta vegetal espontánea permanente. La presencia de esta la cubierta limitó la erosión en un 64%, en comparación con el suelo labrado (Tabla 2).

Además de limitar la erosión, la cubierta también influye en la temperatura del suelo. Para estudiar este efecto, se llevó a cabo una experiencia en Jurançon (Pirineos Atlánticos), en la que se tomaron mediciones de la temperatura del suelo en tres parcelas de viñedo, comparando el efecto de una cubierta vegetal respecto a un suelo desnudo. Las mediciones, realizadas el mismo día por la tarde con un termómetro de infrarrojos, mostraron una disminución significativa de la temperatura del suelo por la acción de la cubierta, reduciendo la temperatura una media de 10°C. Ello provocó que se redujera la diferencia de temperatura entre el suelo y la vegetación, limitándose tanto la temperatura de los racimos como el riesgo de quemaduras causadas por la reflexión de la radiación solar y la transferencia de calor.

Tratamiento	Tierre total erosionada	
	(g/m²)	(kg/ha)
Cubierta Vegetal Espontanea	143	1 434
Labereo Convencional (LAB)	397	3 970
Différence CV vs LAB	-64 %	

Tabla 2: Comparación de la erosión entre un suelo labrado y un suelo con cubierta vegetal espontánea. Lanciego (Rioja Alavesa, entre abril y noviembre de 2020), Bodega Maisulan.

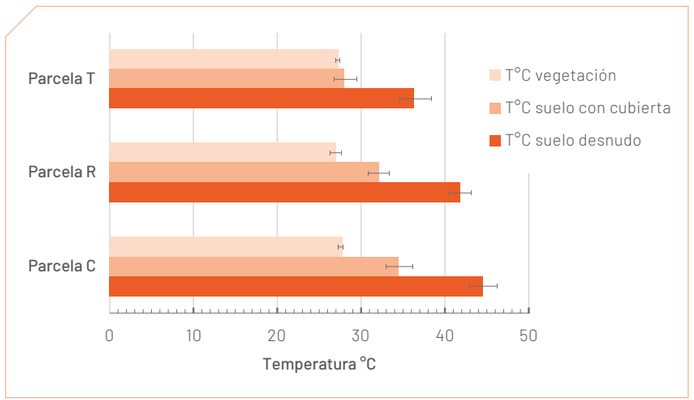


Figura 5 : Temperatura de un suelo desnudo frente a un suelo con cubierta vegetal medida con un termómetro de infrarrojos y temperatura de la vegetación medida con un sensor protegido; variedad Gros Manseng, AOP Jurançon, 2021.

FERTILIZACIÓN ORGÁNICA COMO ALTERNATIVA A LOS ABONOS DE SÍNTESIS QUÍMICA

Los fertilizantes minerales nitrogenados contribuyen en gran medida a las emisiones de gases de efecto invernadero, responsables del calentamiento global. En el marco de la gestión racional de los factores de producción, se considera interesante proponer un esquema alternativo de fertilización del viñedo basado en una fertilización orgánica regular, moderada y anual que pueda sustituir a las prácticas tradicionales basadas en los abonos minerales. En este sentido, una de las formas que tiene la agricultura de contribuir en la lucha contra el calentamiento global, es la aplicación de prácticas que permitan almacenar carbono en el suelo y evitar así que se emita a la atmósfera en forma de CO_2, mitigando el efecto invernadero que produce este gas. Una de ellas es la denominada fertilización orgánica de restitución, en la que los abonos de carácter orgánico sustituyen a los abonos minerales que habitualmente vienen empleándose, mejorando así la fertilidad del suelo del viñedo al aumentar su materia orgánica y el contenido en nutrientes. El aporte orgánico de fondo se suele hacer en invierno, pero se puede complementar con una fertilización también orgánica, ya sea mediante aplicación foliar o por fertirrigación, a lo largo del ciclo vegetativo.

Ensayo de fertilización orgánica en Navarra realizado por EVENA sobre las variedades Tempranillo y Garnacha Blanca.

Las parcelas en las que se ha efectuado el ensayo presentan un suelo predominantemente calcáreo, con un horizonte superficial con menos de 50 cm de profundidad y un potencial agrícola que puede considerarse reducido. En estas parcelas se ha aplicado, durante el invierno, un abono orgánico compuesto por compost de origen animal, cuya riqueza es del 2% de nitrógeno, 2% de P_2O_5 y 2% de K_2O, a razón de 1.000 kg/ha en forma de pellets (se recomiendan de 1.000 a 3.000 kg/ha). Se realizaron aportaciones adicionales orgánicas de cobertera, entre el inicio de la floración y el cierre del racimo, en las que se experimentó con dos tipos de productos: unos aplicados mediante fertirrigación y otros pulverizados directamente vía foliar.

Los principales resultados pueden resumirse en los siguientes :

- En las dos campañas de estudio, 2020 y 2021, se consiguió un óptimo estado nutricional aparente y se mantuvieron los niveles óptimos de rendimiento.
- La acidez mejoró en los tratamientos con fertilización orgánica respecto a la parcela testigo que no recibió tratamiento.
- Se observó una tendencia hacia el retraso del ciclo de maduración, aspecto de interés en relación con el cambio climático.
- En la cata, el vino de la variedad Tempranillo mostró un color más intenso y mayor estructura en boca en los tratamientos abonados. Por su parte, el vino de la variedad Garnacha Blanca se percibió como más ácido.

Figura 6 : Aporte de fertilizantes utilizando una bomba eléctrica en el ensayo de fertirrigación orgánica realizado en la parcela Baretón de la finca de EVENA en Olite en 2020 y 2021.

Capítulo 2

Herramientas de acción sobre la viña

La vid es una planta rústica, con pocas necesidades hídricas y que crece a veces en climas y zonas limitantes. Entre las alternativas que se pueden utilizar para su adaptación al cambio climático en nuestras regiones, cabe destacar la búsqueda de diversidad varietal o intravarietal, la adopción de prácticas de cultivo que incidan en la duración del ciclo de la vid o la utilización de sistemas de sombreado de los racimos frente a las altas temperaturas y a la radiación.

BÚSQUEDA DE MATERIAL VEGETAL ADAPTADO A LAS NECESIDADES VITÍCOLAS ACTUALES

Aumentar la diversidad genética de que disponemos en las distintas regiones vitícolas, resulta esencial para adaptarnos al nuevo contexto climático. Por ello, resulta fundamental apostar por la investigación y por el estudio y la recuperación de material vegetal con capacidad de adaptación, entre otros aspectos, a las variaciones de la duración del ciclo de la vid, asociado al aumento de las temperaturas medias en nuestras regiones.

Para la producción de vinos tintos de calidad, es clave acoplar convenientemente la madurez tecnológica, definida por la concentración de azúcares y el nivel de acidez, a la madurez «fenólica», marcada por la carga polifenólica, y poder así decidir la fecha de la vendimia con el criterio adecuado.

Las variedades o clones con un periodo de maduración más largo, ayudan a atenuar el acortamiento del ciclo que para algunas variedades provoca el cambio climático, conservando mejor su acidez y el color del mosto, y manteniendo un estado sanitario más favorable. Por este motivo, resulta de interés buscar y experimentar con material vegetal que presente estas características.

En este contexto, se han iniciado varias líneas de trabajo en el marco del proyecto VITISAD:

- **Formación de viticultores en la selección**, multiplicación y conservación de variedades de uva interesantes en sus propias parcelas.
- **Selección de clones de variedades tradicionales** que se adapten a las condiciones de cambio climático.
- **Recuperación y puesta en valor de variedades antiguas o secundarias** que encuentren una vía adecuada de adaptación a un nuevo escenario climático.

Estudio de variedades antiguas : un activo valioso para el futuro

Los viñedos de la zona POCTEFA, desde el País Vasco hasta Cataluña, son muy ricos en patrimonio genético vitícola. De hecho, estos territorios son la cuna de 130 variedades tradicionales conocidas, es decir, aproximadamente el 30% de las variedades tradicionales francesas y aproximadamente el 20% de las variedades españolas presentes en el conservatorio del Gobierno de Aragón. Este recurso único, se explica por las numerosas disparidades geográficas y por la historia de las civilizaciones, desde la época galorromana hasta las peregrinaciones a Santiago de Compostela. Hoy asistimos a una erosión de este recurso natural inestimable, a pesar de que algunas variedades podrían resultar especialmente bien adaptadas a la evolución climática actual.

En este sentido, dentro del proyecto VITISAD, se han realizado estudios tanto en Navarra como en la zona de Pirineos Atlánticos.

En Navarra, el material se preserva en el conservatorio de variedades de uva de EVENA, en Olite (Figura 7). En el mismo, se han analizado diferentes variedades localizadas en el viñedo de más edad, y se han comparado con variedades patrimoniales de referencia como Tempranillo y Garnacha Tinta.

Figura 7 : Imágenes de algunas de las entradas de material vegetal realizadas (encima) y conservatorio de cepas (abajo) en EVENA (Olite).

Se ha evaluado la duración del ciclo de cada variedad comprendida desde brotación hasta el momento de envero (entre el día 29 de marzo y el 16 de agosto de 2021) para todas las variedades estudiadas. Tal y como se refleja en la Tabla 3, nos encontramos que las situaciones extremas, en cuanto a la duración del ciclo se refiere, fluctúan desde la Zoca Zarra 02 (Tortozona Tinta) con 216 días de duración de ciclo, hasta la Santa Magdalena, con 158 días, situándose la Chasselas como variedad de referencia, en una situación intermedia.

		29 de marzo 2021						16 de agosto 2021	
		A	B	C	D	E	F	L2	M
Variedad	REF	Yema invierno	Yema algodon	Punta verde	Salida Hojas	Hojas separadas	Racimos visibles	Cierre de racimo	Envero
Santa Magdalena	T158								
Tinto de Navalcarnero	T179								
Zoca Zarra 02	T020								
Zoca Zarra 04	T044								
Castallana blanca	T011								
Aramon	T054								
Garnacha Tintorera	T022								
Garzuela	T083								
Hebén	T120								
Early Muscat	T077								
Garnacha Tinta	T007								
Moristel, Concejón	T091								
Moscatel g.m. (rosa)	T040								
Xarello	T079								
Moscatel g.m.	T009								
Garnache Roya	T027								
Albillo Mayor (Turruntés)	T034								
Gran negro	T048								
Onsella ??	T108								
Alarije, Malvasía riojana	T014								
Chasselas	T031								
Salvador	T030								
Mencía	T042								
Ambrosina, Aubun	T046								
Morate	T071								
Mazuela, Cariñena	T055								
Tinto Velasco	T122								
??	T086								
Rosada	T036								
Rojal tinta	T062								
Zoca Zarra 01	T018								
Zoca Zarra 08	T078								
Cadrete, Pasera, Miguel de A.	T085								
Zoca Zarra 05	T025								
Trempallino	T003								
Vidadillo	T075								
Bobal	T080								
Zoca Zarra 10	T029								
Zoca Zarra 07	T045								
Cabernet Sauvignon	T033								
Ahmeur bou ahmeur	T061								
Zoca Zarra 06	T017								
Royal									
Cayetana blanca	T051								
Roseti	T043								
Garró (Mandón)	T067								
Monastrell (Mourvedre)	T032								
Graciano / Tintilla de rota	T076								
Zoca Zarra 03	T026								

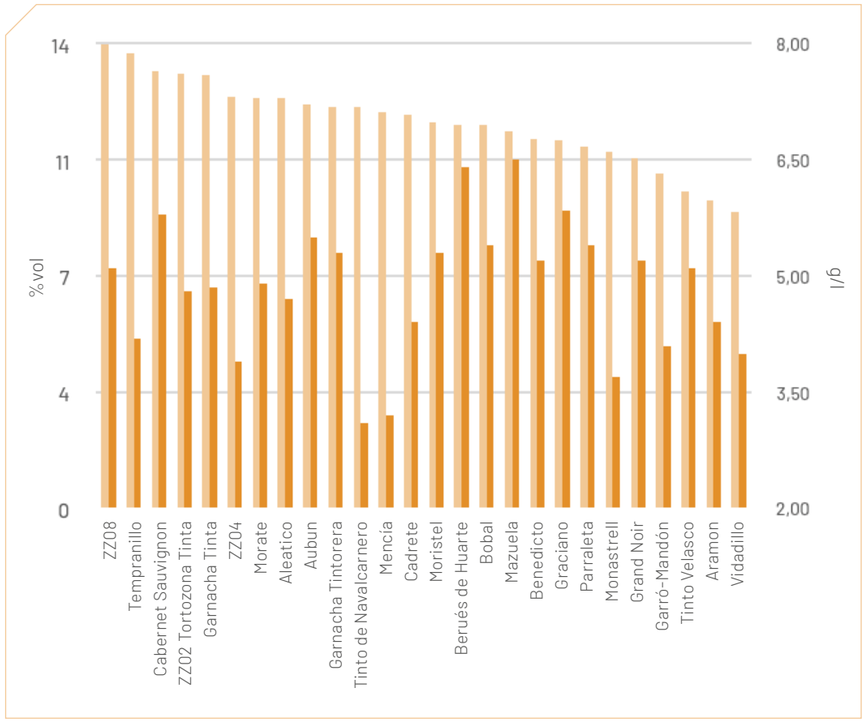
Tabla 3 : Estado fenológico de las distintas variedades evaluadas con respecto a las variedades testigo, Tempranillo, Garnacha Tinta y Chasselas.

En relación a parámetros básicos de maduración, como lo son el grado probable y la acidez total, se observó que para una misma fecha, 23 de septiembre (Figura 8), las variedades ensayadas presentaban importantes diferencias. Los grados probables oscilan desde los 9 hasta los 14,5, tanto para variedades tintas como para blancas, y los valores de acidez oscilaron entre los 3 y los 7 g/l. No se aprecia una relación directa entre grado probable y acidez total.

En síntesis, se observa una amplia variabilidad para los parámetros de grado y acidez entre las diversas variedades estudiadas.

Variedades tintas GP-ATT

G.P.
Acidez Total (ATT)



Variedades blancas GP-ATT

G.P.
Acidez Total (ATT)

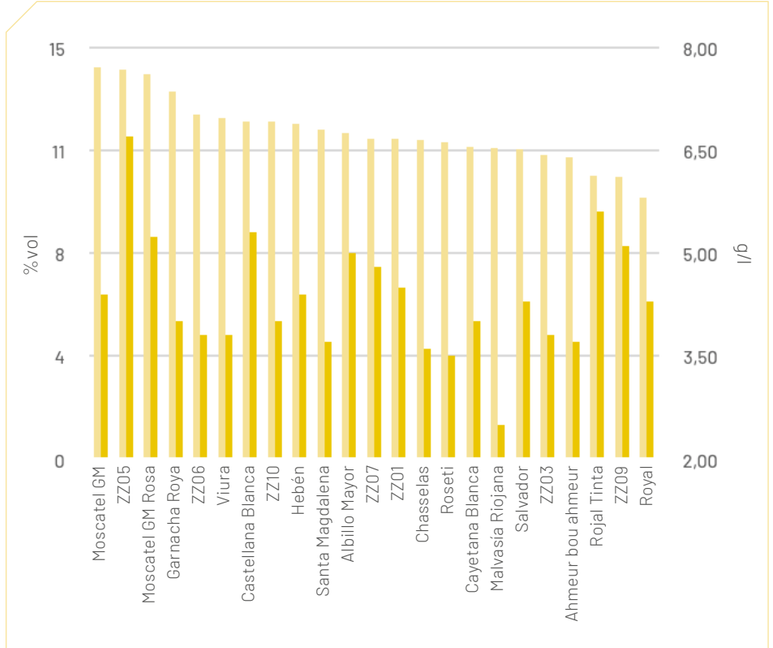


Figura 8 : Grado probable y acidez total de las distintas variedades estudiadas con respecto a las variedades testigo, Tempranillo y Garnacha en el momento de vendimia el 23 de septiembre de 2021 en el ensayo llevado a cabo en el conservatorio de Olite (EVENA).

También cabe señalar el papel de recuperación y de puesta en valor, en un contexto de clima cambiante, de variedades históricas en Navarra que se han estudiado en los ensayos de caracterización de variedades en Olite. Entre ellas, puede destacarse la Castellana Blanca, variedad blanca troncal de otras variedades ibéricas, la Rojal Tinta, variedad roja que aparece con bastante frecuencia en viñedos de mayor edad tanto en la Rioja como en la Comunidad Foral de Navarra y la Garzuela, variedad tinta obtenida en Navarra por Apolinar Azanza en 1919 a partir del mestizaje de Garnacha con Mazuela (Figura 9).

Figura 9 : Maduración de las variedades Castellana Blanca, Rojal Tinta y Garzuela recuperadas en Navarra (EVENA)

En Pirineos Atlánticos, la Cámara de Agricultura ha supervisado ocho emplazamientos que contienen más de 1200 accesiones de vid, vestigios de la diversidad de los viñedos regionales. Dos de estos emplazamientos, albergan variedades locales de uva que hoy han desaparecido en su mayoría. Gracias a varios trabajos realizados con anterioridad, se ha podido identificar distintas variedades de uva presentes en estas colecciones. Algunas de ellas resultaron ser únicas, y aún no han sido descritas en la literatura.

El proyecto VITISAD ha permitido realizar una primera evaluación de estas variedades, con el objetivo de seleccionarlas en función de su ciclo fenológico, graduación alcohólica, acidez o capacidad de adaptación al contexto de evolución climática.

Desborre (hasta 7 días después de Chasselas)

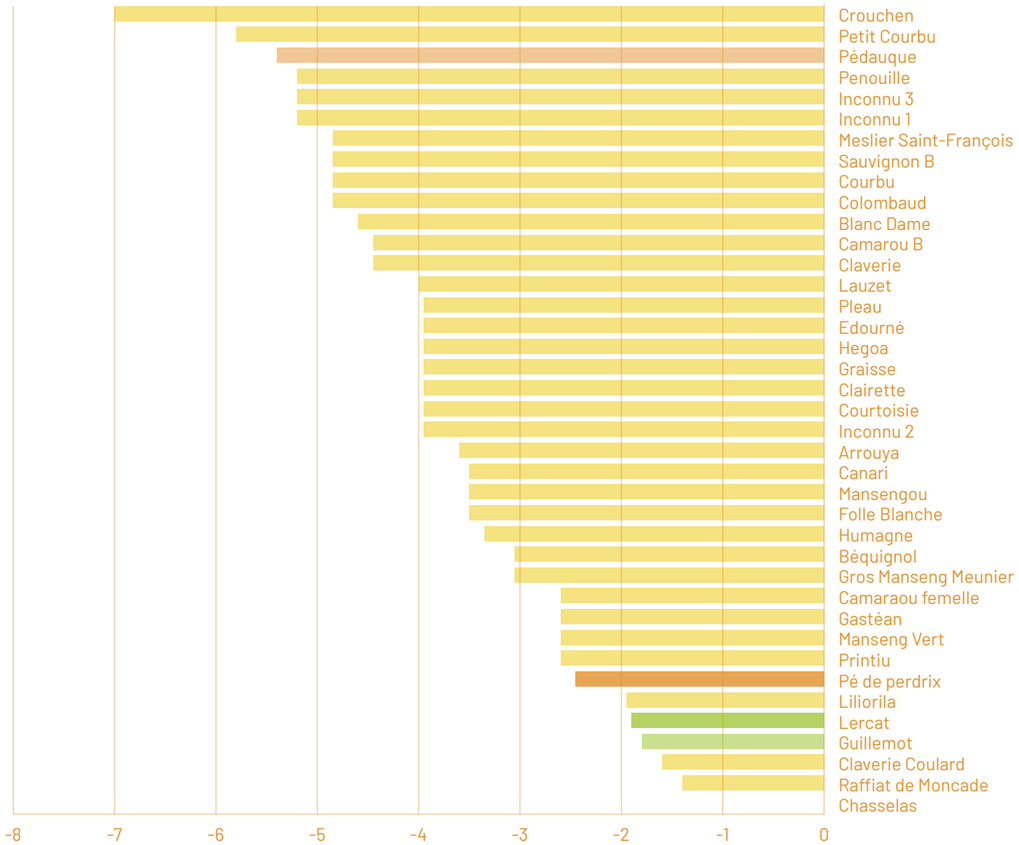


Figura 10 : Desviación de la fecha de desborre en relación a la variedad Chasselas.

Entre las 38 variedades estudiadas en el periodo 2021 y 2022 (Figura 10), se apreciaron diferencias de hasta 7 días entre sus respectivas fechas de brotación. Las variedades de brotación tardía pueden ofrecer una respuesta de adaptación a las heladas primaverales, fenómeno que parece ser cada vez más frecuente.

Las observaciones realizadas durante el envero han permitido distinguir variedades con ciclos más largos que el resto, y que alcanzan la fecha del envero más tarde. Esta característica puede contribuir a preservar mejor el potencial aromático, al desplazar el periodo de maduración a fechas en las que las temperaturas suelen ser más frescas y se presenta mayor amplitud térmica entre el día y la noche.

Grado probable para la misma fecha

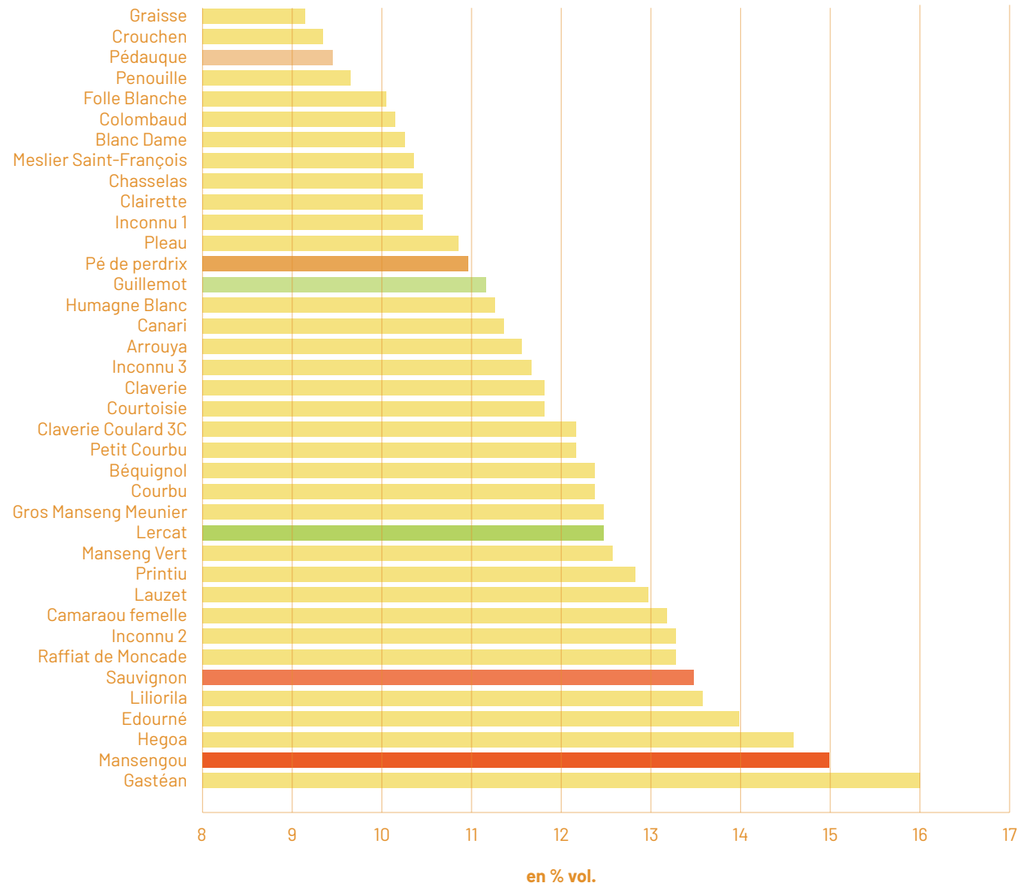


Figura 11 : Grado probable de diferentes variedades en una fecha concreta.

Las diferencias en el contenido de azúcar, evaluado en una misma fecha de medida, fueron de hasta 6 grados probables entre las variedades analizadas. Las variedades que mostraron menor contenido en azúcar, representan una buena alternativa para mitigar el elevado nivel de este compuesto que presentan las variedades con mayor superficie de plantación hasta la fecha (Figura 11).

De este modo, se caracterizaron diversas variedades que se han dado a conocer a los viticultores, siendo Guillemot, Lercat, Pédauque y Pé de perdrix las que acapararon en mayor medida la atención del sector (Figura 12). A partir de esta actuación, se han realizado injertos para permitir la plantación en parcelas más grandes, lo que permitirá su evaluación en un contexto de producción vitícola y, posiblemente, su inscripción en el Catálogo de Variedades de Vid francesas y su distribución en viñedos comerciales.

Figura 12 : Caracterización de las variedades Lercat, Guillemot, Pé de perdrix y Pédauque.

Lercat

- Algo tardía en el desborre
- Madurez media en la segunda época
- Racimos entre pequeños y medianos
- Bayas medianas
- Vendimia la 1ª quincena de octubre
- Grado 13-14 % vol
- Acidez 2,5-3,5 g/L de H_2SO_4

Guillemot

- Desborre medio.
- Madurez tardía en la segunda época.
- Productiva.
- Racimos grandes.
- Bayas grandes.
- Vendimia a mediados de octubre.
- Grado 10-11 % vol.
- Acidez 5,5-6,5 g/L de H_2SO_4.
- Vinos con acidez marcada, aromas de tioles, manzana verde y tilo (IFV sudoeste).

B. IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN NUESTROS VIÑEDOS

Pé de perdrix

- Poco tardía en el desborre
- Tardía en la maduración
- Racimos de tamaño medio
- Bayas de tamaño medio ligeramente rosadas sobre la cara expuesta
- Recolección a mediados de octubre
- Grado entre 13 y 14 % vol
- Acidez entre 5,5 y 7 g/L de H_2SO_4
- Vinos afrutados que conservan una acidez bastante marcada

Pédauque

- Desborre tardía
- Madurez en la segunda época
- Productiva
- Racimo grueso
- Granos grandes
- Recolección a mediados de octubre
- Grado 11,5-12% vol
- Acidez 3,5-5,5 g/L de H_2SO_4
- Vinos con aromas florales, buena permanencia

Selección clonal algunos resultados interesantes para las variedades Tempranillo y Graciano

Existe una gran diversidad genética dentro de una misma variedad, con individuos que acumulan características de mejor adaptación a la nueva situación. Por ello, procesos como la selección masal o clonal puede ser una herramienta interesante de cara al cambio climático.

En Rioja, se ha investigado sobre cinco clones de la variedad Tempranillo: 807, 1078, 1084, 1371 y RJ-43 (clon control) y sobre otros cinco de la variedad Graciano: 942, 954, 955, 1253 y RJ-117 (clon control) que, según estudios realizados en campañas anteriores, muestran aptitudes favorables ante un escenario de calentamiento global (Figura 13). El material vegetal utilizado procede del banco de germoplasma de la finca La Grajera, fruto de la prospección y selección de material vegetal en variedades de uva singulares, realizada por el Gobierno de La Rioja desde 1999 en toda la Denominación.

Figura 13 : Parcela de clones de Tempranillo y Graciano en la finca experimental de Valdegón en Agoncillo (La Rioja).

Se ha estudiado el comportamiento de estos clones, en las campañas 2020 y 2021, en aspectos relacionados con la fecha de vendimia, las características de productividad y la calidad del mosto y del vino (Figuras 15 y 16). Según los resultados esquematizados en la Figura 15, los clones de la variedad Tempranillo con mejores perspectivas serían los siguientes:

- **Clon 807,** que destaca por su maduración más tardía y su idoneidad en cuanto a intensidad de color y carga polifenólica.
- **Clon 1371,** que a pesar de presentar una cosecha temprana, ha ajustado muy bien la madurez fenólica con la tecnológica, equilibrando un alto nivel de acidez con contenidos elevados de antocianos y una notable intensidad de color. Este clon tiene características ampelográficas singulares y se distingue de otros Tempranillos por la peculiaridad de la forma de su hoja tipo «perejil», con lóbulos estrechos y un amplio seno peciolar (Figura 14).

Figura 14 : Hoja Tempranillo clon 1371 tipo "perejil" (izq.) y Tempranillo testigo RJ-43 (dcha.).

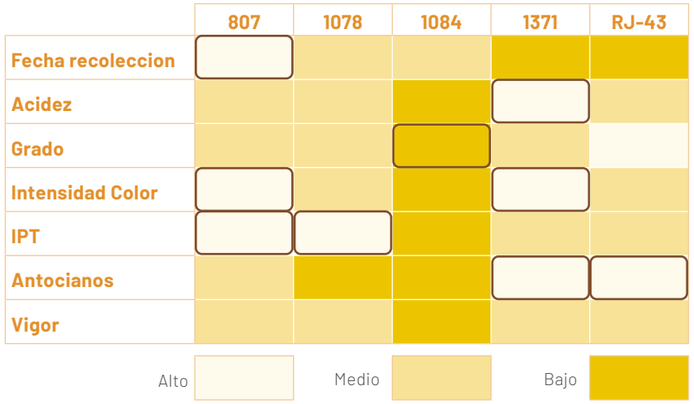


Figura 15 : Rangos de valor para parámetros medidos en cinco clones de Tempranillo en la finca Valdegón en Agoncillo (La Rioja) durante las campañas 2020 y 2021. En el caso de la fecha de recolección, alto significa más tardío y bajo más temprano.

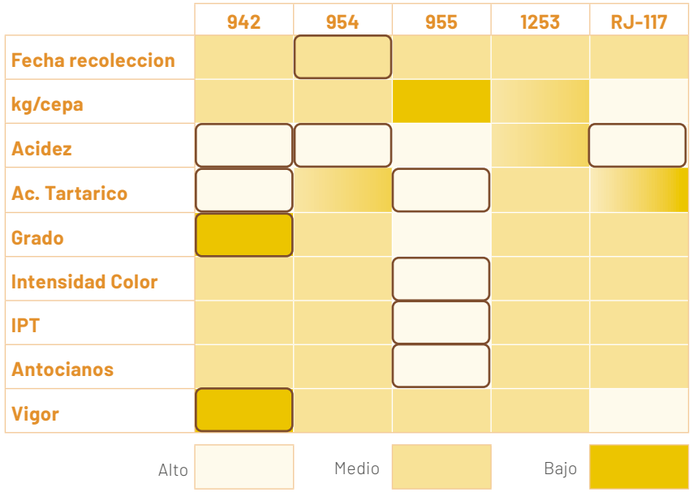


Figura 16 : Rangos de valor para parámetros medidos en cinco clones de Graciano en la finca Valdegón en Agoncillo (La Rioja) durante las campañas 2020 y 2021. En el caso de la fecha de recolección, alto significa más tardío y bajo más temprano.

De forma análoga, las características más interesantes en el contexto del cambio climático para los clones de Graciano son (Figura 16) :

- **Clon 942,** con valores de acidez altos, grado alcohólico y vigor más reducido.
- **Clon 955,** con alta acumulación de ácido tartárico y riqueza considerable en polifenoles y antocianos.
- **Clon 954,** con fechas de v endimia tardía sin que ello disminuya el nivel de acidez.

DESPLAZAMIENTO DE LA MADUREZ A TRAVÉS DE LA FECHA DE PODA

La fecha de poda es una herramienta bien conocida por los viticultores para influir en la brotación de la vid. Cuando se practica de manera tardía, modifica el comportamiento de la planta. Los resultados observados en Francia y en España indican un efecto de la fecha de poda que desplaza los estados fenológicos, tanto más cuando se realiza de forma más tardía, produciendo diferencias en las fechas de floración y de envero. La superficie foliar se reduce durante el ciclo, lo que podría limitar la transpiración de la vid. Al inicio de la maduración, se observaron diferencias en el contenido de azúcar y la acidez, pero por lo general se igualaron en la cosecha. El rendimiento se vio afectado significativamente en uno de los cuatro ensayos realizados. Sin embargo, otros ensayos recientes demuestran que la poda realizada después de la brotación (BBCH13- BBCH18), reduce el rendimiento (variedad de uva Malbec, Argentina).
En la experiencia realizada en Samaniego (Rioja Alavesa) en la campaña 2021 y sobre la variedad Tempranillo, en colaboración con Bodegas Ostatu, se compararon cinco fechas diferentes de poda entre diciembre y el momento de brotación en abril (Tabla 4 y Figura 17).

Fecha de poda	Fecha de desborre
Diciembre	4 abril
Enero	4 abril
Febrero	6 abril
Marzo	12 abril **(+ 7 días)**
Abril	21 abril **(+17 días)**

Tabla 4 : Fechas de desborre para las distintas fechas de poda evaluadas en el ensayo de fechas de poda llevado a cabo en Samaniego (Álava) en la bodega OSTATU en el año 2021.

Como consideraciones de este ensayo, podemos señalar que:

- El 14 de abril, las cepas podadas en febrero/marzo llevaban siete días de retraso con respecto a las podadas en diciembre/enero.
- El 21 de abril, las cepas podadas en este mes, que se encontraban en estado de "punta verde", llevaban dos semanas de retraso con respecto a la poda de febrero y una semana con respecto a la poda de marzo.
- El 21 de junio, las plantas podadas en marzo llevaban cinco días de retraso y, las podadas en abril, diez días en comparación con las podas de diciembre, enero y febrero.
- El 24 de agosto, la fecha de envero de las vides podadas en abril, fue ligeramente más tardía que la de las podadas en diciembre, enero y febrero.
- En la maduración, la acidez total fue mayor para las uvas de la poda de abril, y además presentaron un grado probable menor.
- En la cosecha, las diferencias se atenuaron, si bien se registró una ligera disminución de pH, siendo el contenido de ácido tartárico más elevado en las cepas que se podaron más tarde.

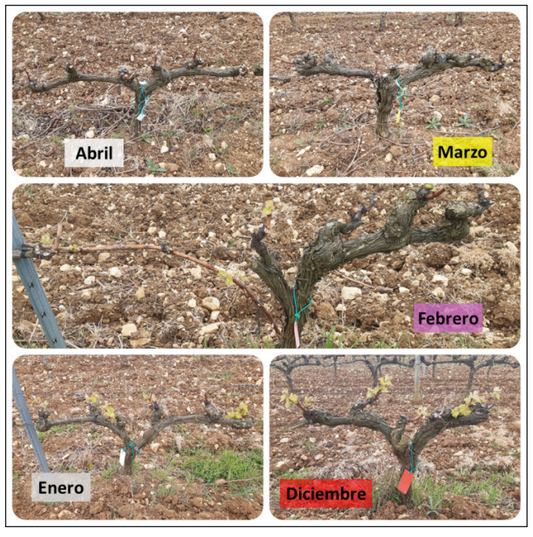


Figura 17 : Diferencia entre cepas que han sido podadas en distintos momentos en el ensayo de fechas de poda realizado en Samaniego (Rioja Alavesa). 29 de abril de 2021.

En Francia, en un ensayo con Merlot en la AOP Gaillac desarrollado entre 2019 y 2021, se estudió el efecto de las fechas de poda después de la brotación y hasta la aparición de 4-6 hojas, extrayéndose los siguientes resultados (Tabla 5) :

- Cuando la poda se realiza en el momento de la brotación, se detecta un retraso en la fenología aproximado de una semana, tanto en la fase de floración como en la de envero.
- Al efectuar la poda en el estado fenológico de 4 a 6 hojas, la planta necesita hasta dos semanas más para alcanzar la floración-envero.
- En el momento de vendimia, estos retrasos se compensan y se observan escasas diferencias en los parámetros de madurez.
- Podas muy tardías, llevadas a cabo en un estado de 8 a 12 hojas, han incidido en el grado alcohólico potencial de las uvas, disminuyendo el mismo en más de un 1 % vol., si bien hay que tener en cuenta que las reducciones de rendimiento también pueden llegar a ser significativas.

	2019		2020		2021	
Estados fenológicos	**Testigo**	**Poda tardía** BBCH 09-11 26/4	**Testigo**	**Poda tardía** BBCH 11-13 14/4	**Testigo**	**Poda tardía** BBCH 14-16 26/4
Desborre	17 abril		1 abril		1 abril	
Floración	12 junio	+8d	22 mayo	+14d	10 junio	+9d
Envero	11 agosto	+5d	27 julio	+9d	7 agosto	+12d
Vendimia	01/10/2019		11/09/2020		04/10/2021	
Rendimiento	No significativa		-23%		No significativa	
Azúcar	-0,7 %vol		-0,6 %vol		0,1 %vol	
Acidez total	+0,3 g/l		+0,2 g/l		0 g/l	
IPT vino	-10%		-10%		-	

Tabla 5 : Comparación del ciclo fenológico y la calidad en vendimia entre una poda invernal y una poda tardía en el ensayo de fechas de poda realizado con la variedad Merlot durante las campañas 2019, 202 y 2021.

REDUCCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL RACIMO CON MALLAS DE SOMBREADO

El efecto del incremento de la temperatura y de la radiación, así como la senescencia prematura de hojas asociado al cambio climático, puede ocasionar daños en bayas y racimos expuestos a estos factores extremos, contribuyendo en gran medida a la reducción del potencial enológico de la vendimia en términos de madurez, color o características organolépticas. Con el objeto de mitigar estos impactos, se ha planteado la técnica del sombreado de las vides mediante redes de protección, consiguiendo limitar la transpiración, la radiación incidente y el estrés hídrico, protegiendo a su vez a los racimos de posibles quemaduras solares. Esta alternativa, gestionada convenientemente según las situaciones edafoclimáticas y el objetivo productivo perseguido, podría constituir una respuesta eficaz de la viticultura a la acción del cambio climático.

Efecto del sombreado sobre la temperatura del racimo y sobre la vegetación

Figura 18 : Parcela de ensayo con malla de sombreado en Bodegas La Rioja Alta en Cenicero (La Rioja) llevado a cabo en el año 2021.

En la campaña 2021, se realizó un ensayo de sombreado en una parcela de la variedad Graciano localizada en Cenicero (La Rioja). El viñedo está conducido en doble cordón Royat, con una orientación norte-sur desviada en -35º (Figura 18).

Figura 19 : Detalle de pistola de infrarrojos y de cámara termográfica empleadas en el ensayo con malla de sombreado en Bodegas La Rioja Alta en Cenicero (La Rioja) llevado a cabo en el año 2021.

El análisis de la temperatura de los racimos, medida con una cámara termográfica en tres fechas distintas a lo largo del periodo de maduración (Figura 19), mostró que la protección mediante malla de sombreo permitió una disminución significativa de la temperatura a nivel de los racimos, en todas las fechas estudiadas. Este efecto se constató incluso en los momentos en los que los racimos no reciben la luz solar directa, como fue el caso de la medición del 5 de agosto, realizada a las 12:30 horas en lugar de las 17:30 horas, en que se realizó el resto de las fechas. Curiosamente, en las mediciones de agosto se obtuvo un mayor efecto de enfriamiento con la red de sombreado del 50% que con la del 70%, aunque esta última produce teóricamente un mayor grado de sombreado. Probablemente la malla del 50% proporciona una combinación más eficaz de protección y ventilación.

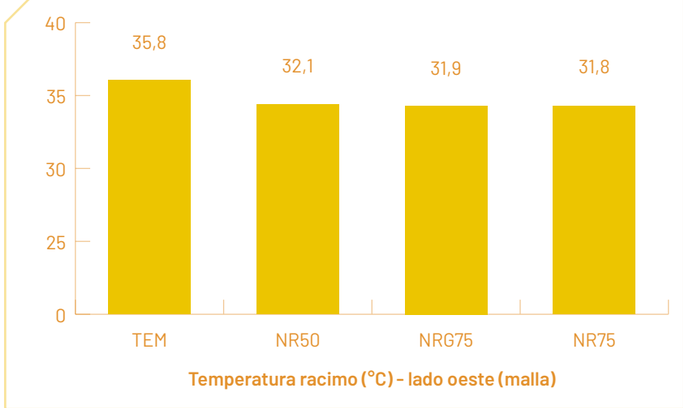


Figura 20 : Atenuación de la temperatura en la superficie de los racimos, variedad Gros Manseng, AOP Pacherenc-du-Vic-Bilh; TEM: testigo sin malla de sombreo; NR50: malla de sombreo con protección 50%; NRG75: malla de sombreo con protección 75% zona del racimo; NR75: malla de sombreo con protección 75 %.

Por su parte, en distintas regiones de Francia también se llevaron a cabo numerosos experimentos (Figuras 20 y 21) con sombreado de la zona de racimos, en los cuales se observó lo siguiente:

- Una disminución de la temperatura de los racimos bajo la red de hasta 4°C, lo que corresponde a una reducción térmica del 11%.
- Una reducción de la temperatura media en la vegetación de 0,6°C a 1,5°C, según la parcela y las redes utilizadas.
- El número de horas registradas por encima de 35 °C fue sistemáticamente inferior en las vides implementadas con redes.

Figura 21 : Mallas de sombreo, 50% de sombreo (izquierda) ; 75% de sombreo en la zona del racimo (derecha).

Figura 22 : Detalle de los sensores de temperatura colocados entre la vegetación en un ensayo realizado sobre la variedad Gros Manseng en Pacherenc-du-Vic-Bilh.

Experimentación realizada en Francia

- Intensidad de sombreado: 25, 50 o 75% de sombreado
- Zonas edafoclimáticas: Pacherenc-du-Vic-Bilh, Gaillac, Fronton
- Variedades : Sauvignon, Gros Manseng, Négrette, y Merlot.
- Periodo de cobertura: desde el cuajado del fruto hasta la cosecha, o desde el envero hasta la cosecha
- Color de la red : negro o blanco
- Zona de sombra : 1 m de altura o sólo la zona de fructificación
- Posición de la red : un lado de la fila (lado oeste) o los dos lados

En la parcela experimental de Pacherenc-du-Vic-Bilh, con la variedad Gros Manseng, y dotada de una malla negra en un lado de la cara oeste, se logró atenuar significativamente la temperatura en la vegetación, al aumentar la temperatura ambiente. Por su parte, en una de las medidas diarias tomadas en verano (Figura 22), que ofreció una máxima por debajo de 25°C, se detectó que la temperatura era más alta bajo las redes. Por el contrario, en otros días en los que la temperatura máxima superaba los 30°C, la malla ejercía un efecto térmico atenuante. Estos resultados pueden explicarse probablemente por la protección que ofrecen las redes contra el viento y las corrientes de aire.

Efecto del sombreado sobre la iluminación de los racimos

Las redes de sombreado reducen considerablemente la radiación que recibe la vid. De esta forma, las uvas están protegidas de las quemaduras o golpes de sol producidos por los rayos de sol y que provocan una decoloración amarillenta o parduzca de la baya, a veces acompañada de una deshidratación que puede llegar incluso a la desecación.

En el ensayo llevado a cabo en 2021 en Rioja, se pudo constatar que más del 10% de los racimos del tratamiento control sufrieron golpe de sol, mientras que los racimos bajo malla no mostraron apenas daño alguno (Figura 23). Los daños sufridos por los racimos sin protección tuvieron una importancia cuantitativa limitada con un 5-20% de las bayas afectadas (Figura 22), si bien no hay que desestimar el posible impacto cualitativo.

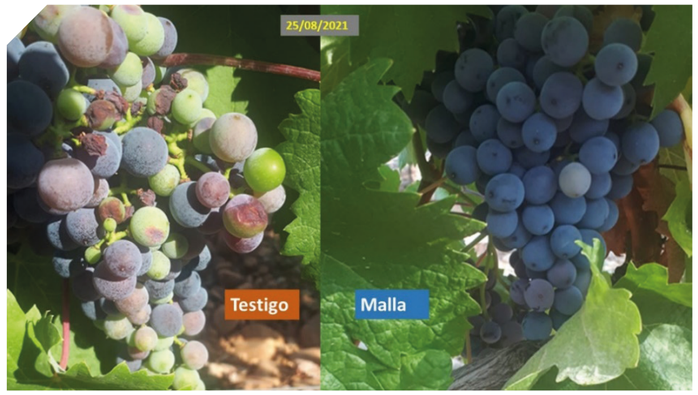


Figura 23 : Detalle de un racimo testigo con golpe de sol (izq.) y de un racimo sano (dcha..) el 25 agosto en el ensayo con malla de sombreado en Bodegas La Rioja Alta en Cenicero (La Rioja) llevado a cabo en el año 2021.

De forma paralela, en Navarra se instalaron redes de color blanco, que evitaban el 50% de la radiación solar, en una parcela experimental de Graciano en la finca Baretón de Olite (Navarra). La colocación se realizó tanto en el lado oeste expuesto al sol de la tarde como en ambos lados de la espaldera, comparando estos tratamientos experimentales con un testigo sin malla. Los resultados mostraron que más del 30% de los racimos sufrieron daños por quemaduras de sol en el testigo, en tanto que este porcentaje disminuyó entre el 3,5% y el 10% en los tratamientos con malla (Figura 24).

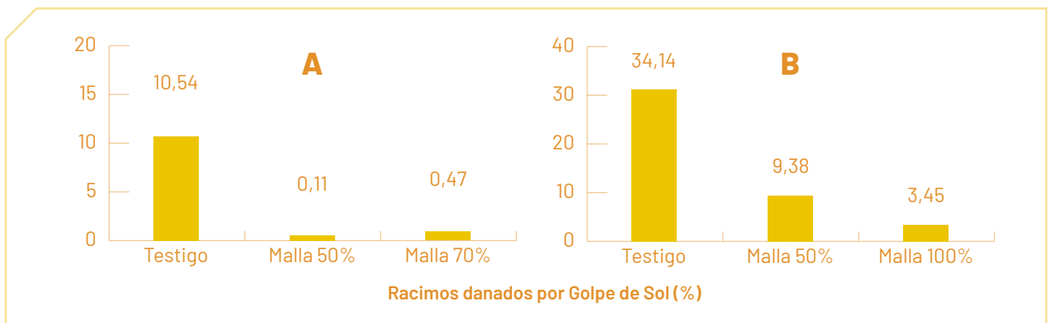


Figura 24 : Porcentaje de racimos dañados por golpe de sol y número de racimos dañados en relación al número total de racimos, en los ensayos llevados a cabo en (a) Bodegas La Rioja Alta en Cenicero (La Rioja) y (b) en la finca de Baretón en Olite (Navarra) en 2021.

Efecto del sombreado sobre el estrés hídrico

Las medidas realizadas sobre el estado hídrico de la vid, han mostrado que la presencia de la red de sombreado reduce el estrés al disminuir la transpiración de la planta, mientras que los tratamientos sin malla están más afectados por fenómenos de estrés hídrico, en algún momento de la campaña. Por tanto, los resultados indican que la utilización de malla puede ser una adecuada herramienta para reducir un estrés hídrico severo en la vid.

Efecto del sombreado sobre el rendimiento

En el momento de la vendimia, los rendimientos agronómicos han sido, por lo general, similares entre los tratamientos con y sin malla de los distintos ensayos planteados, tanto en Francia como en España. Sin embargo, cuando el daño por golpe de sol es relativamente alto, como se observó en el tratamiento testigo de la parcela de Graciano en Olite (Navarra), el rendimiento sí que puede verse afectado (Tabla 6).

Tabla 6 : Rendimiento y peso de racimo en los distintos tratamientos aplicados en el ensayo llevado a cabo en la finca Baretón de Olite (Navarra) en la campaña 2021

Tratamiento	Peso cepa (kg)	Peso racimo (g)
Malla en dos caras	2,4	170
Malla en una cara	2,7	187
Testigo sin malla de sombreo	2,0 (-22%)	152 (-15%)

Efecto del sombreado sobre la calidad de la uva

En la Tabla 7, se presenta un resumen de las observaciones realizadas sobre la calidad del mosto en presencia de mallas de protección, en comparación con un testigo sin malla. De lo expuesto, puede extraerse que, para una misma fecha de cosecha, la madurez de las uvas parece verse afectada por la presencia de redes. Así, se observa que en los tratamientos con malla se produce una disminución de la acumulación de azúcares, un aumento de la acidez total y del contenido de ácido málico, y un incremento del nitrógeno fácilmente asimilable.

Por su parte, los análisis de los vinos resultantes del ensayo con red de sombreado en la variedad Graciano realizado en Rioja, arrojan como dato más relevante el aumento en el contenido de antocianos en los tratamientos con malla con respecto al testigo. Posiblemente, la malla ha protegido a las uvas de los fenómenos de degradación desencadenaos por las altas temperaturas y, de este modo, la síntesis y acumulación de los compuestos fenólicos se ha visto favorecida por un microclima más favorable (Figura 25). Por el contrario, en Francia con la variedad Merlot, y en condiciones climáticas más frías, se advirtió una disminución del nivel de antocianos al emplear las mallas de sombreado con mayor porcentaje de protección.

En el análisis organoléptico realizado por paneles expertos de cata, los vinos de Rioja y Navarra procedentes de los tratamientos con mallas de sombreo se percibieron como más afrutados y frescos, con una astringencia en boca más pronunciada que el vino proveniente del tratamiento control, que se describió con una intensidad de color más pronunciada, con aromas de fruta confitada y notas de oxidación. En caso de los vinos de las experiencias francesas, hubo diferencias en la percepción del dulzor y la acidez entre los vinos del tratamiento testigo y los de los tratamientos con redes de sombreo. En estos ensayos, los vinos testigo presentaron sabores más dulces y menos ácidos. En el ensayo realizado en 2020 y 2021, sobre la variedad blanca Gros Manseng, los compuestos aromáticos medidos presentan niveles ligeramente inferiores en el caso de la malla de sombreo, probablemente debido a un retraso en la maduración.

Tabla 7 : Efecto de la malla de sombreado sobre parámetros de calidad de la uva en el ensayo llevado a cabo en Francia en la campaña 2021

Variedad	Azúcar	Acidez	Nitrógeno	Polifenoles
Sauvigon vino blanco	Menor contenido con sombreado, 1-1,5 % grado alcohólico probable	Valores más altos de Ácido málico pH	Más elevado + 10-20%	
Négrette vino rosado	Menor contenido con sombreado, 1 % grado aocohólico probable sombreado a 2 caras 50%			
Merlot vin tinto	Pocas diferencias	pH más elevado en el testigo		Ligera disminución

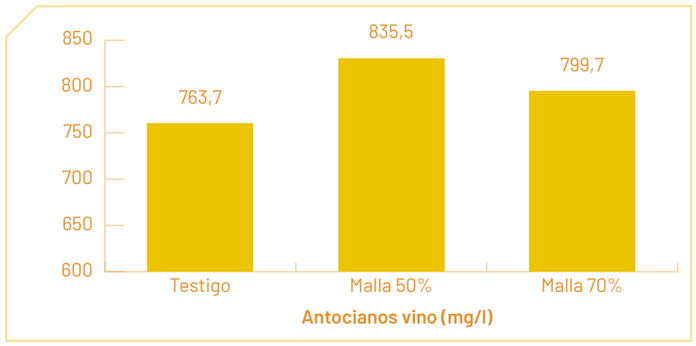


Figure 19 : Paramètres de productivité et de qualité du moût et du vin lors de l'essai mené avec une maille d'ombrage à Bodegas La Rioja Alta à Cenicero (La Rioja) en 2021.

Consideraciones sobre el uso de mallas de sombreado :

Las mallas de sombreo reducen claramente la cantidad de luz en el viñedo y, en menor medida, la temperatura de la vegetación y de las uvas. Las redes, por tanto, inciden de alguna manera en la ralentización del ciclo biológico de la vid, pudiendo manifestar una maduración más lenta y prolongada de las bayas del racimo. Las vendimias, que se realizan en la misma fecha en cada ensayo, dan lugar a modificaciones en la composición de los vinos, tales como:

- Una disminución del grado alcohólico.
- Un aumento de la acidez.
- Un impacto la concentración de compuestos fenólicos en el caso de los vinos tintos.
- En el análisis sensorial de los vinos, se perciben vinos más equilibrados en boca, no tanto así en su expresión aromática. Los vinos con uvas afectadas por el golpe de sol, marcan un carácter negativo desde el punto de vista aromático.

Capítulo 3
Acción sobre el agua

El riego de la vid se aplica especialmente en las zonas mediterráneas para paliar los efectos de los periodos habituales de sequía estival. Si bien los viñedos del suroeste de Francia no han recibido tradicionalmente agua de riego, los viticultores se preguntan si habría que introducir el riego a causa de los efectos del cambio climático.

Tabla 8 : **Indicadores y umbrales del estado hídrico** de la viña según Van Leeuwen et al. (2009), Célette (2007), Ojeda (2007).

	Cámara de presión			Análisis del racimo	Modelización
Déficit hídrico	Potencial tallo (Mpa)	Potencial hoja (Mpa)	Potencial base (Mpa)	$\delta^{13}C$	FTSW
Ausencia	-0.6<	-0,9<	-0.1<	<-26	36%<
Ligero	[-0.6 ; -0,9[	[-0,9 ; -1,1[	[-0.2 ; -0,3[	[-24,5 à -26[	[21% , 36%]
Ligero a moderado	[-0.9 ; -1,1[	[-1,1 ; -1,3[	[-0.3 ; -0,5[	[-23 à -24,5[	[7% , 21%]
Moderado a fuerte	[-1.1 ; -1,4[	[-1,3 ; -1,4[	[-0.5 ; -0,8[	[-21,5 à -23[	[1% , 7%]
Fuerte	<-1.4	<-1,4	<-0.8	-21,5<	<1%

$\delta^{13}C$: Discriminación de los isotopos ^{12}C y ^{13}C en los azúcares de los racimos en vendimia
FTSW : Fracción de agua del suelo disponible para la viña (0-100%)

Figura 26 : Detalle de una medida de potencial de tallo por medio de una cámara de presión en los ensayos de sombreado en Francia en 2020 y 2021.

CÓMO MEJORAR LA EFICIENCIA DEL RIEGO

El sistema de riego por goteo presenta las ventajas de controlar el volumen de agua aplicada, de dirigir el agua específicamente al sistema radicular y de controlar el momento de la aplicación, conociéndose por ello como riego de precisión. Si se mantiene y opera eficazmente, el riego por goteo puede proporcionar una distribución y uniformidad óptimas, además de una alta eficiencia de riego, en torno al 90-95%. Asimismo, este sistema ofrece la posibilidad de distribuir eficazmente los nutrientes y los fertilizantes durante el ciclo vegetativo de la planta, a través de la fertirrigación.

El de riego por goteo puede situarse en superficie o enterrado. Este último sistema presenta la ventaja, frente al sistema de riego aéreo, de permitir un mantenimiento mecanizado más sencillo de la línea de plantación para la gestión de la vegetación adventicia, prescindiendo así del uso de herbicidas y reduciendo el impacto medioambiental en el viñedo. La colocación del sistema de goteo subterráneo se realiza con un subsolador, y se suele colocar a una profundidad de unos 40 cm. La instalación puede efectuarse después de la plantación, e incluso con las cepas adultas.

Aunque el sistema de riego subterráneo es ya utilizado por los viticultores, hasta la fecha son muy pocos los ensayos en los que se han estudiado los efectos del riego enterrado en el centro de las calles del viñedo. En teoría, esta técnica favorecería un desarrollo amplio del sistema radicular al inducir que la planta tenga que explorar el centro de la calle. También podría permitir el desarrollo de una cubierta vegetal en la calle durante el invierno para mejorar los contenidos de materia orgánica del suelo, y el acolchado en verano para limitar las pérdidas de agua por evaporación.

Riego por goteo en superficie o enterrado

En condiciones de fuerte estrés hídrico, el riego es una herramienta eficaz para evitar pérdidas de rendimiento o daños fisiológicos en la cepa, aplicándose lo que se denomina riego de compensación.
Comparando los efectos del riego enterrado, próximo a la hilera, con los del riego de superficie en un ensayo realizado en Négrette (AOP Fronton, Francia), en condiciones de estrés hídrico entre moderado y severo, se observó que las dos metodologías resultaban útiles para controlar el estrés hídrico de la vid, sin que se manifestasen diferencias significativas entre ambas en cuanto a parámetros de calidad del mosto, como el grado de madurez o el índice de polifenoles.
En definitiva, la elección técnica de utilizar un sistema aéreo o subterráneo debe tener en cuenta, además de los factores expuestos, otros como la complejidad de mantenimiento de la instalación y su durabilidad.

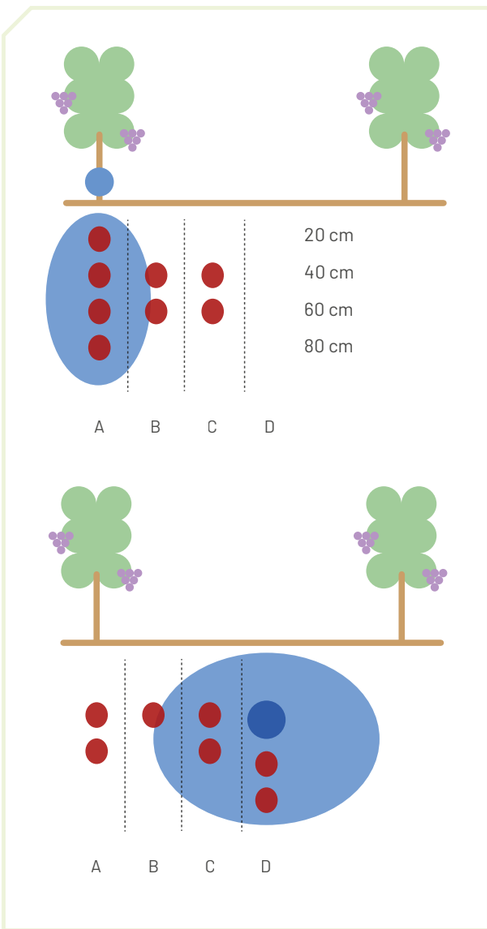


Figura 27: Perfiles de los bulbos de riego por goteo aéreo sobre la hilera del viñedo (arriba) y en la calle (debajo).

Comportamiento del bulbo de riego en el suelo

El bulbo es el volumen de suelo que se encuentra humedecido por un emisor de riego localizado. Para analizar el comportamiento de este bulbo, se examinaron los perfiles de los bulbos húmedos en condiciones de campo para dos tipos de riego diferentes: un riego por goteo aéreo sobre la línea de plantación y un riego por goteo enterrado en el medio de la calle. Este experimento tuvo lugar en Francia, durante las campañas 2020 y 2021, en una parcela plantada con la variedad Viognier, sobre un suelo franco arcillo limoso. Para ver la evolución de la humedad, se instalaron sondas de medida del contenido de agua del suelo en cada uno de los tratamientos establecidos. La monitorización del estado hídrico del suelo se efectuó a la profundidad de 20, 40, 60 y 80 cm, midiendo también el desplazamiento lateral en la línea a 30, 60, 90 y 120 cm. El análisis de los datos permitió comprender mejor la percolación del bulbo. Para el mismo volumen de agua, se observó que con el riego enterrado el tamaño del bulbo formado es de mayor anchura que con el riego superficial. De esta forma, los fenómenos de percolación y capilaridad permiten que el agua se difunda, suba hacia la superficie y finalmente ocupe un espacio mayor lateralmente (figura 27).

ESTRATEGIAS DE RIEGO COMBINADO CON CUBIERTA VEGETAL

Figura 28 : Ensayo de cubierta vegetal y riego en Rodezno(La Rioja) en la campaña 2021.

Aunque las cubiertas vegetales son más frecuentes en zonas con pluviometría elevada, su uso también puede extenderse a zonas más secas, en las que se dispone de agua de riego. Es interesante combinar el uso del riego con la cobertura vegetal. Por una parte, la acción de la cubierta vegetal en una fase temprana del ciclo, entre la brotación y el cuajado, provoca una competencia moderada con la vid que permitiría obtener cepas con menor vigor y, por tanto, con menor necesidad hídrica, conservando o incluso mejorando la calidad de la uva en muchos casos. Más adelante, en torno al envero, entraría en juego el uso del riego, por lo que es necesario establecer pautas de manejo, no sólo para ahorrar agua, sino también para proporcionar a la vid la que necesita. Esto requiere el uso de indicadores que nos den información sobre el estado hídrico de la planta.
Basándose en los principios anteriores, se puso en marcha un ensayo, a lo largo de las campañas 2020 y 2021, en un viñedo situado en Rodezno (La Rioja), cultivado con la variedad Tempranillo en doble cordón Royat, estudiando tanto el efecto del riego como el de la cubierta vegetal propuesta (Figura 28). Como indicador del estado hídrico de las cepas, se utilizó la medida de potencial hídrico de tallo, medido sobre hojas embolsadas (Figura 26).
En las dos campañas analizadas, el déficit hídrico fue progresivo a medida que avanzaba el ciclo vegetativo, desde brotación hasta maduración. Las cepas, por lo general, se adaptaron gradualmente a la sequía que se produjo durante el verano, pero sin que ésta se convertirse en un factor limitante. En este sentido, es importante alcanzar un nivel moderado de estrés hídrico durante el verano porque, sin afectar significativamente a los procesos fotosintéticos, se favorece el cese del crecimiento vegetativo y la acumulación de azúcares y compuestos fenólicos, lo que en definitiva mejora la calidad de la baya.

Dispositivo experimental

- Variedad: Tempranillo.
- Tratamientos estudiados: suelo labrado no regado (LAB), suelo labrado regado (LAB-R), cubierta vegetal no regada (CUB) y cubierta vegetal regada (CUB-R).
- La cubierta vegetal establecida fue una mezcla de gramíneas y leguminosas a razón de 15 kg/ha, con aproximadamente un 35% de Onobrychis viciifolia (esparceta), un 25% de Trifolium fragiferum (trébol fresa), un 15% de Lolium perenne (raygrass) y un 25% de Festuca ovina.
- El estado hídrico de la cepa fue determinado mediante una cámara de presión tipo Scholander, midiendo el potencial hídrico del tallo (Ψt). La estrategia de riego, asociada a la evolución del crecimiento de la baya, propuso un rango de Ψt entre -0,5 y -0,65 MPa desde brotación hasta la parada de crecimiento de la baya, luego el Ψt se mantuvo entre -0,65 y -0,95 hasta el comienzo de la maduración y la última fase se fijó en torno a -0,95 MPa hasta la vendimia.
- La estrategia de riego combinada con la cubierta vegetal ha logrado los objetivos previstos en España, favoreciendo la acumulación de fotoasimilados en la baya como azúcares, ácidos orgánicos, cationes, polifenoles y antocianos.

Los resultados obtenidos en esta experiencia pueden resumirse en los siguientes :

- Régimen hídrico de la vid: el riego de la vid ha limitado el estrés hídrico de la cepa, mientras que los tratamientos con cubierta vegetal han presentado mayor déficit hídrico con respecto a los tratamientos labrados. Por su parte, la asociación de riego y cubierta vegetal (CUB-R) ha mantenido el viñedo con una restricción hídrica moderada y progresiva, favorable para una maduración adecuada (Figura 29).
- Rendimiento: en 2020 no se establecieron apenas diferencias entre tratamientos, pero en 2021, un año con fuerte sequía estival, se hizo evidente la competencia de la cubierta y su efecto limitante sobre el rendimiento, especialmente en el tratamiento en secano.
- Vigor de la vid: el papel de la cubierta vegetal como factor que reduce el vigor de la cepa es claro, así como la influencia del riego en sentido contrario.
- Calidad de la uva: ha habido una ligera tendencia hacia el incremento del pH (disminución de la acidez) debido a que el riego ha aumentado la asimilación del catión potasio (K), muy condicionante en la variedad Tempranillo para determinar la acidez por su marcada capacidad para acumular potasio en la baya. El riego también ha favorecido el contenido en ácidos orgánicos y azúcares. Por su parte, la sequía de 2021 ha favorecido la concentración de azúcares en las parcelas no regadas. En cuanto a los tratamientos con cubierta, tanto en regadío como sobre todo en secano, han manifestado un notable incremento en el contenido de antocianos y polifenoles con respecto a los tratamientos labrados.

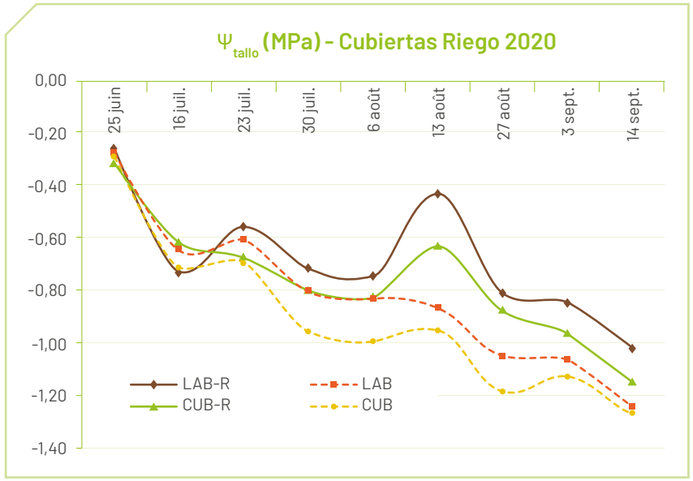


Figura 29: Evolución del potencial hídrico de los distintos tratamientos (laboreo riego LAB-R; laboreo secano LAB; cubierta riego CUB-R y cubierta secano CUB en el ensayo en Rodezno (La Rioja) en la campaña 2020.

Consideraciones sobre el riego

- El riego por goteo permite hacer un uso eficaz de los recursos hídricos.
- El riego por goteo subterráneo limita el crecimiento de vegetación espontánea bajo la línea de plantación y genera un bulbo más voluminoso.
- La combinación de cubiertas vegetales con el riego, en zonas áridas, puede resultar una alternativa sostenible al laboreo tradicional para equilibrar la producción y el desarrollo vegetativo de la planta y también para mejorar la carga polifenólica del vino. Es importante controlar el grado de competencia con la vid. La elección de las especies a plantar es esencial, siendo aconsejable decantarse por especies de ciclo corto que agosten pronto, preferiblemente en torno a la época del cuajado de la baya.

Análisis del interés de desarrollar el riego de la vid en el contexto del cambio climático :

Fortalezas

- Permite asegurar los rendimientos y la calidad en períodos de sequía, sobre todo en climas áridos.
- Eficaz si se controla el estado hídrico de la vid o del suelo y se emplean indicadores.

Debilidades

- Más agua y más calor pueden hacer que los niveles de azúcar en el racimo sean más altos.
- Aceptar no regar todos los años en situaciones de bajo estrés.

Oportunidades

- Identificar las zonas vulnerables a la sequía y las variedades sensibles al estrés hídrico.
- Permite mantener la cobertura vegetal en las parcelas.
- Posibilita la fertirrigación.

Amenazas

- Recurso escaso y acceso compartido o restringido al agua.
- Coste del agua.
- Mantenimiento de las instalaciones y de la mano de obra especializada.

ALGUNOS TESTIMONIOS DE VITICULTORES SOBRE PRACTICAS PROBADAS DURANTE EL PROYECTO VITISAD:

¿ Qué has aprendido de la experiencia que has llevado a cabo dentro del proyecto ?

Ensayos de cubiertas vegetales

Bodega Vivanco, Briones (La Rioja)

Nos ha ayudado mucho a conocer el comportamiento de alguna especie de cubierta vegetal novedosa para nosotros. El uso de herbicidas tiene que eliminarse, necesitamos alternativas al laboreo mediante cubiertas vegetales, encontrar especies que se adapten a nuestro suelo y clima por su implantación, porte, agostamiento y rebrote, es clave para nosotros.

Bodega El mozo wines, Lanciego/Lantziego (Álava/Araba)

Durante este proyecto hemos analizado diferentes parámetros del viñedo, NDVI, suelo, etc. Hemos aprendido lo importante que es medir, en primer lugar para identificar los diferentes tipos de suelo y uvas, y en segundo lugar que medir es totalmente necesario para poder actuar en viñedo de una manera precisa y sostenible.

Ensayos de material vegetal adaptado

Bodega Otazu, Pamplona (Navarra)

Dada la situación geográfica en la que nos encontramos, posiblemente la más septentrional de toda la península ibérica, las condiciones climáticas tienen implicaciones muy importantes en el producto final. Para nosotros es vital seleccionar materiales que se adapten a nuestras particulares condiciones. Buscamos en algunos casos mayor duración en el ciclo y también variedades que nos permitan ir renovando nuestro viñedo aportando mayor diversidad intravarietal.

Gracias a todos los viticultores que participaron en las pruebas del proyecto

En Francia : EARL Cambeilh, EARL Mirande, EARL Labat Hauret, EARL Laubarede, Domaine Dou Bernès, Domaine Peyrette Domaine Cauhapé, Domaine du Cinquau, Clos Thou, Domaine du Mont d'Oraàs, Association des Amis de Franqueville, Société Codeval.

En España, bodegas : El Mozo Wines, Candido Besa, Maisulan, Pavoni, Gil Berzal, Ostatu, Laukote, Artuke, Tierra, Bilbainas, La rioja Alta S.A, Ontañon, Pernod Ricard Winemakers, Solar de Samaniego, Vivanco, Azul y Garanda, Artajo y Otazu.
Viticultores: Abilio Iza Ruiz, Alberto Cadarso y David Palacios

Figura 30 : Cubierta de Phacelia tanacetifolia en Bodega Torre de Oña (Laguardia)

Baeza, P., Lissarrague, J.R. Sánchez, P. 2007. Fundamentos, aplicación y consecuencias del riego en la vid. Ed. Agrícola Española, Madrid. 265 pp.

Ibáñez, S. 2015. Mantenimiento del suelo en el viñedo mediante cubiertas vegetales. Ed. Gobierno de La Rioja, Logroño. 168 pp.

Ollat, N., S. Zito, Y. Richard, P. Aigrain, F. Brugière, E. Duchêne, I. Garcia De Cortazar-Atauri, J. Gautier, E. Giraud-Héraud, H. Hannin, J.-M. Touzard and B. Bois (2021). "La diversité des vignobles français face au changement climatique : simulations climatiques et prospective participative." Climatologie 18: 3.

Goulard, F., T. Dufourcq, F. Levrault, J.-C. Payan, C. Gaviglio, M. Torres, P. Pieri and O. Yobregat (2020). Les vignobles du Sud-ouest face au changement climatique, une urgence technico-économique ? Les 5èmes Assises des Vins du Sud-ouest, Toulouse, France, IFV Sud-ouest, vignevin-occitanie.com.

IFV (2022). Guide transition agroécologique & changement climatique en viticulture, Institut Français de la Vigne et du vin, vignevin.com: 80p.

El proyecto ha sido cofinanciado al 65%por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) a través del Programa Interreg V-A España-Francia-Andorra (**POCTEFA 2014-2020**). El objectivo del POCTEFA es reforzar la integración económica y social de la zona fronteriza España-Francia-Andorra. Su ayuda se concentra en el desarrollo de actividades económicas y sociales y medioambientales transfronterizas a través de estrategias conjuntas a favor del desarrollo territorial sostenible.

NOTAS

Interreg POCTEFA

UNIÓN EUROPEA
UNION EUROPÉENNE

VITISAD
Stratégies et pratiques viticoles durables d'adaptation au changement climatique

Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER)

En alianza con

Gobierno de La Rioja

Gobierno de Navarra

IFV

NEIKER

AGRICULTURES & TERRITOIRES
CHAMBRE D'AGRICULTURE PYRÉNÉES-ATLANTIQUES