



LIFE
Priorat

Manual de técnicas para una viticultura de montaña sostenible

Josep Lluís Pérez Verdú
Alvaro Feliu Jofre



Índice

Prólogo	3
1. Presentación	5
2. Aterrazamiento de la viña	9
2.1. Las terrazas convencionales	10
2.1.1 Problemas ambientales	15
2.1.2 Problemas en la explotación de la viña	18
2.2. Técnicas de aterrazamiento sostenible	19
2.2.1 Integración armónica de las terrazas en el paisaje	20
2.2.2 Prevención de la erosión y evacuación controlada del agua de lluvia	23
2.2.3 Técnica constructiva de las terrazas y estabilidad de los taludes	26
2.2.4 Explotación operativa y segura de la viña	29
3. Conducción del vigor de la vid	31
3.1. Fundamento de las técnicas	32
3.2. Arquitectura de la planta	36
3.2.1. Diámetro del sarmiento	36
3.2.2. Emparrado	37
3.3. Riego de precisión	42
3.3.1. Funciones básicas del agua	42
3.3.2. Necesidades de agua de riego a lo largo del ciclo vegetativo	43
3.3.3. Control del estado hídrico de la planta	46
3.3.4. Aplicación y control del riego	50
3.4. Marco de plantación	53
3.5. Clareo de la cepa	55
3.6. Síntesis de los parámetros básicos de control	57
3.7. Técnicas complementarias	59
3.7.1. Cubierta vegetal	59
3.7.2. Control de enfermedades y plagas	62
4. Gestión integrada sostenible de la viticultura de montaña	65
4.1. Productividad del suelo: plantación en terraza o en talud	65
4.2. Control integral de la viña	71
4.3. Viticultura de montaña ecoeficiente	73
4.3.1. Sostenibilidad ambiental	73
4.3.2. Sostenibilidad económica y social	74
5. Conclusiones	79



**MANUAL DE TÉCNICAS PARA UNA VITICULTURA DE MONTAÑA SOSTENIBLE
PROYECTO LIFE-PRIORAT**

Los derechos de esta publicación son propiedad conjunta de Fundació Fòrum Ambiental, Mas Martinet Assessoraments, Castillo de Perelada y Domaine de Cabasse. Se da derecho explícito para reproducir total o parcialmente el documento siempre y cuando se cite su fuente

Fundació Fòrum Ambiental
Av. Reina Maria Cristina s/n
Pl. Espanya - Fira de Barcelona
Palau de la Metal·lúrgia
08004 Barcelona
Tel. 93 233 23 09
Fax 93 233 24 96
www.forumambiental.org
info@forumambiental.org

Diseño: J. Bruguera

© Barcelona, Mayo 2007

Prólogo

El manual que tiene en sus manos es resultado del proyecto PRIORAT “Haciendo compatible el desarrollo de la viticultura de montaña con los objetivos de la Carta Europea del Paisaje” y que ha sido cofinanciado por el programa LIFE de la Unión Europea, y coordinado por la Fundació Fòrum Ambiental.

El proyecto LIFE PRIORAT surge como respuesta a la creciente sensibilidad por las implicaciones medioambientales que tiene la viticultura de montaña. Especialmente en aquellas zonas de éxito -como es el Priorat- que viven en la actualidad una verdadera eclosión de esta actividad. Esta respuesta parte del convencimiento de que la prosperidad y el progreso económico de la viticultura de montaña no pueden lograrse a costa del medio ambiente. A su vez las soluciones propuestas en este manual nunca olvidan que la viticultura de montaña no puede dejar de ser económicamente viable, y para ello, en un contexto de fuerte competencia mundial las empresas se verán obligadas a innovar en la forma de explotación de los viñedos.

Para llevar a cabo este proyecto se ha partido de la creatividad sin fin desarrollada por Mas Martinet Assessoraments en sus más de 15 años de trabajo experimental en viticultura de montaña. Gracias a Castillo de Perelada y Domaine de Cabasse fue posible contrastar la viabilidad de tales propuestas en otros entornos, como son la finca Garbet en el Empordà y la finca Malmont en Côtes du Rhône, mientras que la coordinación técnica, así como la enorme tarea de difusión de los resultados del proyecto, recayó en la Fundació Fòrum Ambiental, quien ha puesto su mejor empeño en concienciar acerca de los retos de la viticultura de montaña, llegando a todos los agentes implicados. La coordinación técnica ha corrido a cargo del Dr. Moisés Cohen, especialista en gestión de la información Clima - Planta - Suelo y riego en agricultura de precisión, que ha permitido la valoración objetiva de los datos obtenidos.

Además, este proyecto no hubiese sido posible sin la estrecha colaboración del comité asesor del proyecto integrado por el Profesor Fernando Bianchi de Aguiar, Sara Colombera, ambos en representación del Centre de Recherches d'Études et de Valorisation pour la Viticulture de Montagne (CERVIM), el Profesor Arno Simonis del DLR Mosel, Joan Queralt del DARP, Xavier Mateu del Centre de la Propietat Forestal de Catalunya, Pere Sala del Observatori Català del Paisatge, Josep Maria Milla, Salustià Alvarez presidente del Consejo Regulador de la D.O.Q. Priorat, Ignacio Orriols director de la Estación de Viticultura y Enología de Galicia y muy especialmente el Profesor Alvaro Feliu, a cuyo cargo corrió la elaboración del manual y sin cuya dedicación este manual hoy no sería posible.



Las técnicas que se presentan son el fruto de quince años de experimentación en el Priorat, con el soporte final del proyecto LIFE, y abren un camino hacia la viticultura de montaña sostenible. Con la publicación del Manual solo se pretende compartir la experiencia acumulada, con otras personas dedicadas a la viticultura o relacionadas con ella. Cada profesional podrá reflexionar sobre las diversas ideas que se aportan y aplicar aquellas que le parezcan acertadas, adaptándolas a sus necesidades y a los condicionantes propios del territorio en el que se desarrolla su actividad. Este es el verdadero sentido del Manual.

Con todo, los trabajos de investigación y experimentación tendrán que continuar, porque los conocimientos actuales todavía son insuficientes para alcanzar la excelencia y porque la sostenibilidad es un proceso evolutivo cuyo destino final no puede definirse con precisión y, además, es cambiante con el entorno tecnológico, ambiental y socio-económico. Mas Martinet ya trabaja en la consolidación científica de los principales criterios esbozados en este Manual y en el desarrollo de nuevas ideas.

Carles Mendieta

Director de la Fundació Fòrum Ambiental



1. Presentación

Este Manual tiene por objeto describir y evaluar la versión más evolucionada de las técnicas desarrolladas por Mas Martinet, con el soporte del proyecto Life-Priorat, para avanzar hacia una viticultura de montaña sostenible. Asimismo, el Manual aporta conocimiento útil para orientar la toma de decisiones en la viticultura de montaña.

Los aspectos técnicos, ambientales y económicos de la viticultura de montaña se abordan de forma sintética y práctica, pero sin evitar su complejidad. El Manual también pretende ser divulgativo, por lo que se describen términos o conceptos que pueden resultar familiares para los profesionales del sector, pero que ayudarán a entender su contenido a otras personas menos expertas interesadas en la viticultura, ya sea desde el ámbito de la producción o del consumo.

La viticultura de montaña se caracteriza por las fuertes pendientes naturales de los terrenos sobre los que se implanta¹. A ello hay que añadir, en las zonas mediterráneas, un régimen pluviométrico caracterizado por una precipitación anual baja o media (entre 400 y 600 mm), pero con episodios de lluvia muy intensa, que con frecuencia alcanzan los 100 mm en unas pocas horas, y en uno o dos días pueden llegar a superar los 200 mm. Estos aguaceros torrenciales tienen una gran capacidad erosiva y son capaces de dismantelar toneladas de suelo por hectárea.

Tradicionalmente, la viticultura mediterránea de montaña ha superado estos condicionantes naturales adversos empleando técnicas muy laboriosas de contención del suelo, mediante pequeñas paredes de piedra seca, sin producir una transformación significativa de la morfología del terreno. Además, estas paredes facilitaban el trabajo, necesariamente manual, al disminuir la pendiente de cada bancal. En otros casos, el viticultor ha convivido con la pendiente y la erosión, aceptando unas cepas poco productivas debido a la falta de suelo fértil y a la irregularidad climatológica. Estas técnicas, basadas en una mano de obra abundante y barata, que compensaba la baja productividad, han ido conformando a lo largo de siglos un paisaje muy característico, de fuerte personalidad y armonía, sobre el que se ha llegado a construir una parte de la identidad de algunas comarcas.

Las viñas viejas que han perdurado hasta la actualidad constituyen un patrimonio que debe conservarse en lo posible. No obstante, salvo casos con finalidades muy específicas, la viabilidad económica de las nuevas plantaciones ya no es posible con las técnicas tradicionales. La competencia creciente

¹ La experimentación desarrollada en el marco del proyecto se ha llevado a cabo en terrenos con pendientes situadas entre el 20% y el 70%. La pendiente media de los terrenos de cultivo en el Priorat es del 45% (24,2°).



asociada a la globalización de los mercados del vino, unida a unas condiciones naturales poco favorables para la mecanización del cultivo, obliga a las regiones vitivinícolas de montaña a introducir cambios en la forma de explotación de la viña y a innovar en su estrategia productiva y comercial:

- Aplicar nuevas técnicas que permitan incrementar la productividad, manteniendo o, en lo posible, aumentando la calidad de la uva.
- Diferenciarse en el mercado elaborando vinos que conjuguen una buena calidad de base con una fuerte personalidad, aprovechando de forma inteligente los activos naturales y humanos disponibles.

La supervivencia a largo plazo de la viticultura de montaña, pensando en las generaciones futuras, requiere además que su viabilidad económica sea robusta, con una baja vulnerabilidad a las inevitables fluctuaciones del mercado.

Ahora bien, la prosperidad y estabilidad económicas de la viña de montaña no pueden lograrse a costa del medio ambiente. Paralelamente al gusto por los buenos vinos, ha aumentado la sensibilidad social por la protección ambiental. En particular, los paisajes de montaña aportan valores naturales, estéticos, sociales y económicos que es preciso preservar. La simbiosis entre paisaje y cultura del vino está dando lugar a un nuevo sector turístico, el turismo enológico, que en algunas regiones podría llegar a ser económicamente tan relevante como la propia viticultura y la actividad bodeguera derivada.

Una de las técnicas principales para aumentar la productividad de la viña de montaña es la formación de terrazas para hacer posible la mecanización del cultivo. El abancalamiento del terreno con técnicas rudimentarias, poco reflexionadas, supone en mayor o menor grado la quiebra del paisaje y la multiplicación de la erosión al concentrar los flujos de agua. El aterrazamiento arbitrario es ambientalmente insostenible y en zonas especialmente sensibles puede llegar a poner en riesgo la continuidad de la actividad vitivinícola.

Pero el paisaje tampoco tiene por qué momificarse; el territorio ha de ser vivo, ha de permitir el trabajo productivo, siempre que se haga de forma armónica, sin empobrecer sus vistas más emblemáticas. Tan malo es el abandono de la viña y la pérdida del paisaje en mosaico, como la proliferación de viñas groseramente abancaladas, que monopolicen el territorio debido a su baja productividad. El paisaje ha de ser también accesible, abierto, ha de favorecer el contacto entre la viticultura y la sociedad, siempre de forma compatible.



Viñas viejas en el Priorat

En el área mediterránea existe además un alto riesgo de erosión de suelos pobres y escasos, que constituyen un recurso natural de alto valor. En las zonas más áridas, la erosión puede ser el principio de procesos de desertificación muy difíciles de revertir.

Por tanto, un medio ambiente frágil es otro de los condicionantes básicos que la nueva viticultura de montaña ha de internalizar, especialmente la mediterránea.

¿Por qué hay que seguir con la viticultura de montaña?

A pesar de las condiciones orográficas adversas para el cultivo de la viña y de los altos costes de producción que ello representa, es importante lograr que la viticultura de montaña siga siendo ambiental y económicamente viable, a fin de:

- Mantener una actividad en el medio rural montañoso y evitar la despoblación. El sentimiento de pertenencia a unas tierras debe complementarse con actividades económicas prósperas.
- Preservar unos paisajes singulares conformados a lo largo de siglos de intervención humana equilibrada.
- Fomentar los usos del suelo en mosaico como una de las medidas más adecuadas para prevenir los incendios forestales, especialmente en las áreas mediterráneas. Está comprobado que la viña es un buen cortafuegos.
- Conservar las variedades de uva autóctonas especialmente adaptadas al terreno y la climatología de cada zona.
- Aprovechar la fuerte personalidad de los territorios de montaña para elaborar vinos singulares de alta calidad para el mercado global.

Estos valores históricos, socio-económicos y paisajísticos constituyen una aportación relevante a la diversidad cultural y biológica del planeta y tienen un atractivo turístico innegable, cuya explotación puede tener un peso significativo en la economía local.

En definitiva, se trata de utilizar una fuerte identidad local como motor de la sostenibilidad y plataforma de proyección de valores globales.





El desarrollo de la viticultura de montaña de una forma rentable y respetuosa con el entorno no es, pues, una cuestión obvia. Sostenibilidad económica y ambiental pueden parecer objetivos irreconciliables y, a menudo, se presentan como tales. Sin embargo, la receta para que la protección ambiental deje de ser una barrera productiva infranqueable y se convierta en una oportunidad socio-económica es simple en toda su complejidad: **(eco)innovación**. En el caso de la viticultura de montaña, el aumento de la productividad de los recursos y de la calidad de la uva han de compensar el encarecimiento de la construcción y explotación de los viñedos derivado de la prevención de los impactos ambientales (externalidades económicas negativas). Siendo así, la viticultura de montaña podrá convertirse en una actividad productiva con presente y futuro, y aportar todo su valor añadido económico directo e inducido a las comarcas que la acogen.

El objetivo social final es contribuir al desarrollo rural y a la fijación de la población en el territorio, mediante la creación de puestos de trabajo estables y de calidad, tanto para los hombres como para las mujeres, que les permitan disfrutar de unos estándares de vida dignos.

Con estos retos claramente planteados, la viticultura de montaña desarrollada por Mas Martinet se basa en la integración de dos conjuntos de técnicas, aparentemente independientes, pero que aportan todo su potencial de sostenibilidad cuando se aplican conjuntamente:

- Aterrazamiento sostenible.
- Conducción del vigor de la vid.

Estas técnicas se han desarrollado sin atender a las limitaciones relativas al cultivo de la viña, establecidas por los reglamentos de las regiones vitivinícolas europeas (posibilidad de regar, producción por hectárea, número de yemas, etc.). Ello es así por un doble motivo:

- La heterogeneidad de estas limitaciones, que muchas veces responden más a una tradición secular que a bases científicas sólidas, y que han podido tener todo su sentido en tiempos pasados, pero que en algún momento tendrán que revisarse a la luz de los conocimientos y posibilidades tecnológicas actuales.
- La propia naturaleza de un proyecto de experimentación y demostración, que trata de abrir nuevas vías de futuro para una viticultura de montaña sostenible, exige tener los objetivos finales muy claros, pero actuar con total libertad para alcanzarlos, sin condiciones preestablecidas que coarten la creatividad antes de que pueda expresarse. Innovar consiste también en cuestionar la forma tradicional de hacer las cosas.

Más bien, son las regiones vitivinícolas las que han de estar atentas a las nuevas técnicas que aparecen en el mundo de la viticultura, tomarse el tiempo necesario para evaluarlas cuidadosamente y decidir hasta qué punto y en qué forma deben integrarse en las normativas existentes, para modificarlas o complementarlas.

2. Aterrazamiento de la viña

El aterrazamiento consiste en la transformación de un terreno natural en pendiente, en un nuevo perfil formado por franjas planas de mayor o menor anchura (bancales o terrazas), unidas por nuevos taludes con una inclinación superior a la pendiente natural original del terreno. Tiene dos funciones principales:

- Conservar el suelo y retener el agua. En general, la plantación agrícola requiere previamente el desbroce del suelo para retirar la vegetación existente, incluidas las raíces. El suelo queda, así, desprotegido, a merced de la erosión, que puede actuar agresivamente debido a la pendiente natural del terreno. La misión fundamental de las terrazas es la evacuación controlada del agua de lluvia, de forma que se evite al máximo la erosión del suelo. Además, el control de la escorrentía hídrica aumenta las posibilidades de infiltración del agua hacia la zona radicular de la planta.

La pérdida de fertilidad del suelo puede ser compatible con determinadas prácticas de viticultura, que basan la calidad de la uva en reducir la capacidad productiva de la cepa. No obstante, en los sistemas de cultivo objeto de este Manual, mantener el suelo y su fertilidad es importante para que la planta exprese todo su vigor (véase el capítulo 3).

- Facilitar el trabajo de la viña, en particular mediante la mecanización sin riesgo laboral por vuelco de la maquinaria. Las terrazas actúan como pasillos de servicio planos desde los que pueden realizarse todas las operaciones propias del cultivo de un viñedo (poda, control de enfermedades, recolección, etc.). Asimismo, desde las terrazas se realizan las tareas de mantenimiento de los taludes. La mecanización de la viña para aumentar la productividad exige que la anchura de las terrazas sea la mínima necesaria para el paso de la maquinaria agrícola correspondiente.





Preponderancia de la viña en terrazas en el Priorat

El término municipal de Porrera ocupa una superficie de 2.896 ha, lo que equivale al 16,5% de la denominación de origen Priorat. La pendiente media del municipio es del 46% y su altitud se sitúa mayoritariamente entre 200 m y 600 m sobre el nivel del mar.

Entre 1986 y 2003, la viña tradicional en Porrera se ha abandonado en un 60%, pasando de 256 ha en 1986 a 107 ha en 2003. En el mismo periodo, la viña en terrazas pasó de 20 ha a 291 ha, lo que supone un crecimiento del 1.450%. En el periodo más reciente entre 1998 y 2003, la viña tradicional creció escasamente un 12% (pasó de 95 ha a 107), mientras que la viña en terrazas creció un 260%, pasando de 111 ha en 1998 a 291 ha en 2003. Este fuerte incremento en la viña aterrazada ha continuado en los últimos cuatro años.

En su conjunto, la viña ha crecido en Porrera un 44% entre 1986 y 2003, y un 93% entre 1998 y 2003.

Estas cifras se consideran representativas de la evolución en el conjunto del Priorat.

Fuente: R. Cots-Folch et al./Agriculture, Ecosystems and Environment 115 (2006) 88-96.

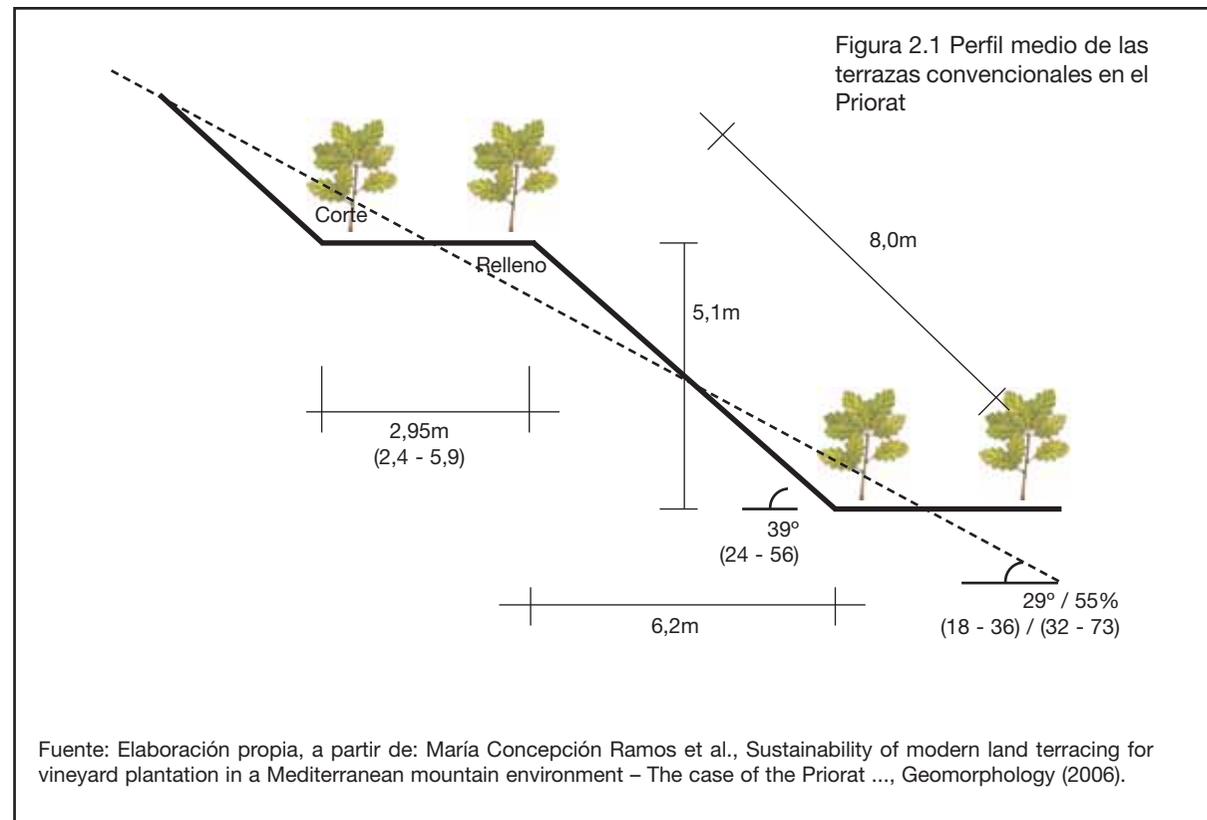
2.1. Las terrazas convencionales

El aterrazamiento constituye una actuación sobre la montaña que, en mayor o menor medida, modifica las condiciones naturales.



Los trabajos realizados por la Universidad de Lleida en el Priorat permiten caracterizar los parámetros principales de diseño de las terrazas convencionales construidas en la última década (figura 2.1). Cabe destacar:

- La anchura de las terrazas varía entre 2,37 y 5,91 m, pero la mayor parte tiene anchuras entre 2,4 y 3 m, con una media de 2,95 m, a fin de poder plantar dos filas de cepas en cada terraza, con espacio suficiente entre ellas para el paso de la maquinaria.
- La pendiente de los taludes de las terrazas varía entre 24° y 56°, con una media de 39,4°, en una zona con pendientes naturales entre 18° y 36° (32 y 73%), con una media de 29° (55%).





Efecto cantera



Efecto cantera



En general y de forma sintética, las terrazas convencionales se construyen atendiendo a un criterio preponderante: el coste de la construcción. No se elaboran cálculos económicos más complejos, que tengan en cuenta otros costes cuya repercusión puede ser mayor a largo plazo (pérdida de superficie útil, mantenimiento de las terrazas, baja productividad, etc.). A ello se une una sensibilidad ambiental y paisajística insuficiente, especialmente por parte de empresas viticultoras cuyos responsables no están familiarizados con la tradición cultural y la identidad de la región montañosa que les acoge.

Este conjunto de causas perdura en el tiempo porque no existen recomendaciones técnicas claras, objetivas y bien documentadas que orienten a los viticultores y maquinistas constructores.

El diseño convencional de terrazas puede originar problemas ambientales y de tipo operativo en la explotación de la viña.

2.1.1 Problemas ambientales

- Impacto paisajístico

La fuerte pendiente natural del terreno, unido a taludes artificiales de inclinación suave y a anchuras de terraza notables, conlleva taludes muy altos y largos, que tienden a romper la armonía del paisaje. Se produce un efecto “cantera”, que es máximo cuando se pretende reproducir en la montaña el cultivo en llano.

Forzar la construcción de tramos de terraza rectilíneos para facilitar la conducción de la viña, crea perfiles poligonales de aspecto muy artificializado, que no se integran bien en el entorno. Además, este tipo de perfiles obliga a realizar transportes de tierra transversales, lo que dificulta y encarece la obra.



No conviene reproducir el llano en la montaña





Las terrazas poligonales generan un paisaje artificializado

- Erosión del suelo

Los fenómenos erosivos pueden llegar a ser intensos, debido a la longitud excesiva de los taludes, que aumenta la escorrentía, pero sobre todo cuando falta un sistema de desagües de las terrazas bien diseñado:

- No se implantan pendientes continuas y constantes a lo largo de toda la terraza para evacuar el agua de forma controlada. Además, en muchos casos, no se prevén desagües transversales a las terrazas.
- Algunas terrazas desaguan en otras, lo que genera una acumulación de sedimentos en las terrazas receptoras.



Terrazas mal desagüadas. Las pendientes longitudinales conducen a puntos bajos, desde donde el agua romperá montaña abajo. Si la lluvia es intensa, la escorrentía trasnversal puede causar destrozos importantes en la viña.





Erosión severa en un talud, que pone en riesgo algunas cepas



Reparaciones en taludes erosionados



Erosión del suelo por el agua de lluvia

La erosión hídrica del suelo es un fenómeno complejo de degradación en el que la fuerza del agua disgrega, arranca y desplaza los horizontes superficiales del relieve terrestre. Es un proceso natural, agravado por la intervención humana, en particular a través de determinadas prácticas agrícolas. La erosión hídrica actúa a través de dos mecanismos fundamentales:

- Impacto de las gotas de lluvia. El golpeteo de las gotas de lluvia contra el suelo arranca y moviliza sus partículas. Si la lluvia es muy intensa, la fuerza de las gotas destruye los componentes estructurales del suelo. Este proceso va acompañado de una disminución de la porosidad, puesto que la mayor parte del volumen de poros de un suelo corresponde al espacio comprendido entre sus agregados. El poder erosivo del agua se ve acrecentado por la alternancia de largos períodos de sequía que dejan al suelo reseco, resquebrajado y desprovisto de una vegetación de envergadura que mitigue el impacto de los chaparrones.
- Escorrentía. Este es el mecanismo por excelencia de la erosión hídrica. El agua de lluvia que no se infiltra en el terreno discurre por su superficie y arrastra a su paso las partículas de suelo. La erosión por escorrentía depende de numerosos factores: el régimen de precipitaciones, la densidad de la cobertura vegetal, la topografía del terreno y la resistencia y propiedades hidrológicas (velocidad de infiltración, capacidad de almacenamiento de agua y conductividad hidráulica) del suelo afectado.

Entre los múltiples impactos negativos de la erosión, cabe destacar:

- Reducción del espesor de la capa de suelo en las parcelas afectadas. En zonas con suelos de escaso desarrollo, puede conducir a la pérdida completa de la capa de suelo.
- Disminución de la fertilidad del suelo, asociada al lavado de minerales y a la pérdida de materia orgánica y nutrientes.
- Desestabilización de taludes y aumento del riesgo de deslizamiento de tierras.
- Atterramiento de zonas subyacentes (suelos agrícolas, instalaciones de riego, carreteras, etc.) por efecto del arrastre de sedimentos.
- Las sustancias químicas procedentes de los fertilizantes y plaguicidas que son arrastrados por los sedimentos pueden eutrofizar o contaminar los cursos de agua.



Viñedo construido terraplenando un barranco natural, en lugar de formar terrazas en la montaña con drenajes hacia el barranco



En la parte superior de la foto, terrazas demasiado anchas, con un bajo aprovechamiento del suelo; taludes de altura variable que dificultan el control de la erosión

Ambos problemas conducen a una acumulación de agua en puntos deprimidos de las terrazas o por causa de los sedimentos que actúan a modo de pequeño azud. Cuando este estancamiento de agua rompe, se produce una escorrentía de agua y lodo con un poder destructivo notable, que se multiplica a medida que discurre montaña abajo y puede llegar a formar cárcavas y causar grandes destrozos.

La construcción de las terrazas no debería invadir cursos naturales de agua como barrancos o rieras. Con las lluvias intensas, el agua buscará su cauce natural y acabará erosionando severamente el abancalamiento. Las obras de reparación que puedan acometerse, además de ser muy costosas, acabarán siendo inútiles frente a un nuevo episodio de precipitaciones mediterráneas. En estos casos, los sedimentos arrastrados como consecuencia de la erosión pueden ser de gran magnitud y crear serios problemas aguas abajo, como aterramiento de fincas vecinas o de infraestructuras viarias.

- Inestabilidad de los taludes

Los estudios realizados en el Priorat por la Universidad de Lleida¹ muestran que los deslizamientos son frecuentes, incluso con episodios de lluvia no excepcionales. Durante los trabajos en el término municipal de Porrera, se identificaron 74 corrimientos de tierra de magnitud diferente. Se observó una relación exponencial entre el volumen de los deslizamientos y la longitud del talud. Los movimientos detectados causan daños en las plantas y en las infraestructuras (emparrado, riego, etc.). Los desprendimientos también dificultan o llegan a impedir el paso de la maquinaria agrícola por las terrazas. Precisamente, la dificultad de paso y las fuertes pendientes complican mucho el acceso de la maquinaria necesaria para restaurar las terrazas dañadas.

Cuando se utiliza una máquina de pala para el movimiento de tierras, las terrazas se construyen mediante la técnica convencional de cortar la parte superior de la montaña y rellenar la parte inferior. De esta forma, la tierra removida (corte) se coloca sobre la montaña en su estado natural. Ello crea una superficie de contacto frágil, entre la tierra firme de la montaña y la tierra superpuesta, que facilita los deslizamientos (véase el apartado 2.2.3).

- Bajo aprovechamiento del suelo

Para obtener una producción determinada de uva, un diseño poco optimizado de las terrazas (anchura, inclinación del talud, etc.) obliga a ocupar una superficie de suelo muy superior a la estrictamente necesaria. Por ejemplo, una anchura de terrazas próxima a tres metros es insuficien-

¹ María Concepción Ramos et al., Sustainability of modern land terracing for vineyard plantation in a Mediterranean mountain environment - The case of the Priorat ..., Geomorphology (2006).





Riesgo laboral: accesos perpendiculares a las líneas de nivel, con una pendiente excesiva



Dificultad para optimizar las labores de cultivo, debido a la anchura variable de las terrazas

te para ubicar tres filas de cepas, pero excesiva para el paso de maquinaria con dos filas de cepas. Los criterios de plantación en llano no se pueden reproducir en la montaña, donde es primordial aprovechar el terreno al máximo para minimizar los efectos traumáticos que, en mayor o menor medida, siempre conlleva un aterrazamiento.

Los condicionantes paisajísticos e hidrológicos hacen del suelo de montaña un recurso escaso, que debe ser explotado de forma productiva. Como se verá más adelante en el Manual (apartado 4.1), las técnicas desarrolladas en Life Priorat permiten obtener una misma producción de uva que las convencionales, ocupando una superficie de suelo mucho menor.

2.1.2 Problemas en la explotación de la viña

- Riesgo laboral

En algunas plantaciones, los caminos hacia las terrazas tienen pendientes excesivas porque se trazan en dirección perpendicular a las líneas de nivel. Ello conlleva un riesgo laboral en el tránsito de maquinaria. El riesgo es máximo en las curvas de acceso a las terrazas, especialmente cuando se circula con un tractor y un remolque.

- Reducción de la productividad laboral

Frecuentemente, la pendiente natural del terreno es variable a lo largo de las líneas de nivel. Una solución que se aplica en ocasiones para evitar la construcción de terrazas con pendientes pronunciadas, que dificultarían el trabajo y agravarían los problemas de erosión, es aumentar la anchura de la terraza. Una anchura variable ha de aprovecharse plantando un mayor número de filas de cepas, lo que obliga a hacer recorridos improductivos y maniobras complicadas para acceder a la totalidad de las vides.

Otra solución que se aplica para evitar este problema, es construir terrazas intermedias que acaban desaguando en otras terrazas, generando los problemas de erosión ya indicados.

Por otra parte, no se trabaja con comodidad detrás de la fila interna de cepas (por ejemplo, para labores de mantenimiento del talud) que, además, tiende a aterrarse en mayor o menor grado por la erosión del talud.

- Fertilidad heterogénea del suelo

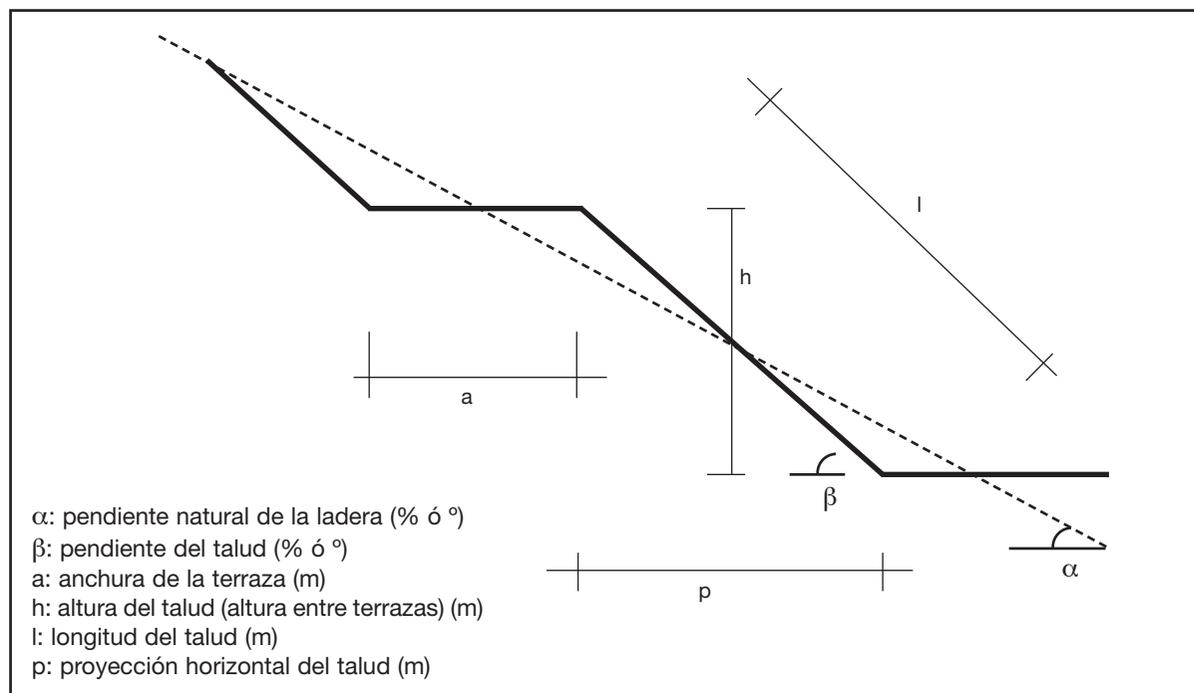
Cuando las terrazas se construyen mediante la técnica convencional de cortar la parte superior de la montaña y rellenar la parte inferior, la fila de cepas interna está plantada directamente sobre un substrato compacto sin la capa superior de suelo, mientras que la fila externa (lado valle) lo está sobre terreno removido, por lo que la fertilidad puede no ser homogénea.

2.2. Técnicas de aterrazamiento sostenible

La experimentación llevada a cabo por Mas Martinet muestra que los problemas ambientales y operativos de las terrazas convencionales pueden superarse, si se aplican criterios de diseño adecuados. En este apartado, se describen los principales criterios desarrollados que han dado buenos resultados en el Priorat.

La figura 2.2 muestra las distintas variables que intervienen en el diseño de las terrazas:

- Para una pendiente natural (α) dada, la terraza queda definida fijando dos cualquiera de los restantes parámetros. Por ejemplo, si se fija la anchura de la terraza (a), al disminuir la pendiente del talud (β), la altura entre terrazas (h) aumenta. No obstante, si se reduce la anchura de la terraza (a), se puede disminuir la pendiente del talud (β) sin aumentar su altura (h).
- La pendiente del talud (β) siempre es superior a la pendiente natural de la ladera (α)





En la parte izquierda central puede verse una plantación en la terraza, con taludes de altura superior a 1,5 m. En las tres terrazas inferiores, el aspecto mejora al disminuir la altura del talud. En la zona derecha de la foto, puede verse una plantación en el talud, con un efecto paisajístico muy bueno, ya que el aterrazamiento es prácticamente imperceptible



Terreno natural con pendiente superior al 60%. Los taludes no superan los 2 m de altura; plantación en el talud

2.2.1 Integración armónica de las terrazas en el paisaje

El criterio fundamental de diseño es que el conjunto terrazas-viñedo se ajuste al máximo a la morfología natural del terreno, minimizando el movimiento de tierras, y no introduzca formas artificializadas cuya visión destaque groseramente sobre el entorno.

- Con carácter general, la altura de los taludes (h) se limita a 1,5 m.

Este criterio es básico para que el aterrazamiento no quiebre la armonía del paisaje. Para alturas de talud mayores, el abancalamiento se hace muy visible y destaca sobre el entorno, confiriendo al viñedo un aspecto de cantera, más acusado cuanto mayor es la altura del talud.

En cualquier aterrazamiento, las cepas pueden plantarse en la terraza o en el talud. Cuando la viña se planta en el talud, la limitación de su altura puede ser algo más flexible, ya que la vegetación facilita la integración del talud en el entorno. No obstante, conviene no sobrepasar en ningún caso los 2 m de altura de talud.

- La anchura de las terrazas (a) debe limitarse en función de la pendiente natural del terreno, de manera que en todo momento se respete el criterio anterior, es decir, la altura del talud no supere 1,5 m.

Si se utiliza maquinaria moderna de pequeñas dimensiones, la anchura de las terrazas puede incluso llegar a ser de tan solo 1,3 m. Esta es la anchura de las terrazas preferida por Mas Martinet y la única que utiliza actualmente en sus plantaciones (en algún caso puede llegarse a 1,5 m de anchura). Sólo permite plantar una fila de cepas en cada terraza y obliga a construir un número de terrazas mayor que si la anchura admite dos o más filas de cepas, lo que encarece la obra. Como contrapartida, la altura de los taludes es menor y el conjunto se ajusta mucho mejor a la morfología de la montaña. Una única fila de cepas en la parte externa de la terraza tiene también ventajas paisajísticas, puesto que la visual de un observador alejado sigue de forma rectilínea los extremos de las cepas, sin que se quiebre por causa de otras filas de cepas situadas en la parte más interna de la terraza. Además, facilita el acceso al talud para su mantenimiento.

Tanto este criterio como el anterior son totalmente incompatibles con la construcción de grandes explanadas para reproducir la viña en llano, especialmente en pendientes naturales pronunciadas.

- El trazado en planta de las terrazas sigue las líneas de nivel que, en general, tienen un desarrollo curvilíneo. Se evitan los trazados poligonales, que dan a la viña un aspecto artificializado que destaca sobre el paisaje del entorno. Este criterio dificulta el uso de emparrados convencionales rectilíneos u obliga a implantar tramos más cortos. No obstante, ello no supone ningún problema si se aplican las técnicas de conducción del vigor que se presentan en el capítulo 3.



Se respeta la vegetación de la cumbre



Terrazas de 1,3 m de anchura constante; nótese la pendiente longitudinal constante



Las terrazas siguen las curvas de nivel, sin formas poligonales

- La línea de cumbres de la montaña (donde se produce el cambio de vertiente), especialmente si es aguda, se respeta con su vegetación y se empiezan las terrazas unos metros más abajo.
- En la zona aterrizada, se conservan las afloraciones rocosas y los árboles de mayor edad, singularidad, valor paisajístico o representatividad del pasado agrícola de la finca, para romper la continuidad de la viña (islas verdes) y, al mismo tiempo, ofrecer una zona de descanso con sombra para las personas que la trabajan. En viñas de gran extensión, puede ser necesario hacer plantaciones puntuales de árboles autóctonos. Si algún árbol de gran porte es incompatible con la implantación de la viña, conviene transplantarlo. Asimismo, se respetan las cabañas u otras construcciones que puedan tener un valor cultural y turístico.



Si existe, también se respeta la vegetación de ribera de los barrancos o rieras contiguas a la viña y la vegetación de los límites del viñedo que, además de su función paisajística, retiene el suelo, sirve de referencia visual y mantiene la biodiversidad agroforestal.

En cualquier caso, la preservación de estas zonas se planifica con antelación al comienzo de los trabajos de movimiento de tierras.

- El entorno de los caminos de acceso a las fincas y el propio camino merecen también atención. Además de conectar las viñas o las tierras de cultivo y de permitir el acceso a las fincas y la circulación de la maquinaria agrícola, los caminos son una plataforma privilegiada para la observación del paisaje, desde la que pueden apreciarse las singularidades y detalles del territorio, imperceptibles desde observatorios más alejados. Siempre que es compatible con el uso agrícola, los caminos son abiertos y accesibles al uso público, para contribuir al encuentro entre la cultura del vino, sus paisajes y la sociedad, e integrarse en la red de infraestructuras de apoyo al turismo enológico.

En el ámbito del proyecto Life-Priorat se han abierto nuevos caminos de acceso a las fincas. Algunos criterios de diseño se consideran especialmente importantes:

- Se evitan anchuras superiores a 5 m. Si es necesario, se construyen pequeños tramos más anchos para el cruce de vehículos pesados.
- Los taludes y márgenes se acaban y protegen de la erosión con la vegetación adecuada.
- Se cuidan las pendientes longitudinales y transversales para una buena evacuación del agua.
- Si son necesarios, se utilizan pavimentos blandos que se integren en el paisaje.
- Se evita la utilización de indicadores o señalización de tipología urbana.



Árboles singulares e islas verdes en la viña



2.2.2 Prevención de la erosión y evacuación controlada del agua de lluvia

- Las terrazas se construyen con una pendiente longitudinal constante del 3% y una pendiente transversal hacia la montaña del 4-5%. En consecuencia, la distancia vertical entre terrazas se mantiene constante en todo su recorrido.

Para cumplir escrupulosamente este criterio, se utiliza maquinaria de excavación equipada con un nivelador de láser, tal como se muestra más adelante en este apartado. Se trata de una práctica constructiva de precisión, que requiere una persona con formación específica en la conducción de la máquina (las máquinas han de adaptarse a la montaña y no al revés).



Terrazas de pendiente longitudinal y anchura constantes



Acabado de taludes de altura constante mediante nivelación con láser



- Todas las terrazas desaguan hacia canales de drenaje laterales. Las terrazas cambian el régimen hidrológico de la montaña. Las aguas ya no se reparten por las distintas pendientes naturales del terreno hasta llegar a los cauces, sino que, canalizadas por las terrazas bien construidas, se concentran en los puntos finales, aumentando su poder erosivo. En consecuencia, es muy importante prever la conducción segura de estas aguas hasta los cauces naturales, donde ya no puedan causar daños. Para ello, todas las terrazas han de desaguar en canales de drenaje contruidos al efecto con las mayores garantías de resistencia y estabilidad. La solución óptima dependerá de la morfología y resistencia de la formación montañosa en la que se asiente la viña.





Terrazas con drenaje lateral en zona resistente a la erosión



La longitud del talud puede ser mayor cuando la pendiente es suave y se planta en el propio talud

De acuerdo con la experimentación realizada en el Priorat, conviene ubicar los canales de drenaje en las costillas de la montaña (“costers”), donde la roca es resistente a la erosión. Se evitan las zonas cóncavas de la montaña (“comellars”), donde se acumulan sedimentos y el riesgo de erosión es máximo: el agua arrastraría los sedimentos y los depositaría allá donde la velocidad disminuyera, ocasionando un desborde que acabaría destruyendo el propio desagüe y una parte de las terrazas y aterrando cauces e infraestructuras. Bien es cierto que podría excavarse el canal y reforzarse con algún tipo de recubrimiento, pero ello sería un gasto inútil, innecesario y artificializante. Además, obligaría a retirar el suelo más fértil, que es un recurso escaso en la zona y que, como se verá más adelante en este Manual, las técnicas de cultivo Mas Martinet permiten aprovechar en todo su valor. Por ello, y aunque parezca contradictorio, los desagües deben construirse en las costillas de la montaña, donde basta excavar unos centímetros para tener un canal resistente a la erosión.

En ningún caso una terraza se hace desaguar en otra terraza. Como ya se ha indicado, se ha comprobado que esta práctica acaba generando unos caballones en el punto de recepción, donde se acumula el agua hasta que adquiere la suficiente energía para romper el obstáculo, provocando una descarga de lodo que tiene efectos destructivos en las terrazas inferiores. Si la lluvia es moderada, este problema de erosión severa no llegará a generarse, pero pueden acumularse sedimentos que dificulten el paso de la maquinaria.

- Entre dos canales de drenaje, la longitud de las terrazas se limita a 200 m, con objeto de evitar la erosión en la propia terraza. La mitad de la terraza (100 m) desagua hacia un canal y la otra mitad, hacia el canal opuesto.
- Se respetan estrictamente los cursos naturales de agua, como barrancos o rieras. En ningún caso se terraplanan estos cursos para construir las terrazas. Al contrario, se facilita que los drenajes de las terrazas alcancen sin obstáculos estos cauces.
- En las terrazas, la longitud de los taludes (l) con una pendiente superior al 25% se limita a un máximo de 6 m. Para longitudes mayores, se ha comprobado que el agua adquiere una energía cinética excesiva y puede erosionar el talud y acumular sedimentos en la terraza inferior, con los problemas de acumulación de agua y tránsito de maquinaria ya indicados. No obstante, este límite puede variar en función del tipo de suelo y del grado de protección del talud, por ejemplo, mediante una cubierta vegetal.

En taludes de baja inclinación, la longitud máxima no viene condicionada por el riesgo de erosión sino por las limitaciones de la maquinaria para trabajar en el talud desde la terraza (por ejemplo, para la aplicación de tratamientos preventivos de enfermedades de la vid), aunque en ningún caso conviene sobrepasar los 10-11 m.

Esta limitación de la longitud del talud tiene escasas repercusiones en la práctica, si se respeta una altura del talud inferior a 1,5 m.

- El mantenimiento del buen estado de las terrazas en todo momento es una condición básica para asegurar el drenaje controlado del agua y, en última instancia, la estabilidad de todo el abancalamiento:
 - Debe eliminarse cualquier acumulación de sedimentos u otros obstáculos en las terrazas que dificulten o impidan el paso del agua. Las aguas deben drenar a lo largo de las terrazas en toda su longitud, sin que el agua se acumule y salte transversalmente en dirección al valle, aumentando peligrosamente su poder erosivo.
 - En las terrazas estrechas que construye Mas Martinet (1,3-1,5 m), el mantenimiento debe extremarse, ya que en caso de obstáculo, se agota rápidamente la sección disponible para el paso del agua.
 - El mantenimiento también es especialmente importante en los caminos de acceso a las terrazas, donde la pendiente y la longitud de los taludes es mayor y, con ello, el riesgo de erosión y acumulación de sedimentos. Además, en estos puntos pueden acumularse caudales importantes procedentes del desagüe longitudinal completo de diversas terrazas.

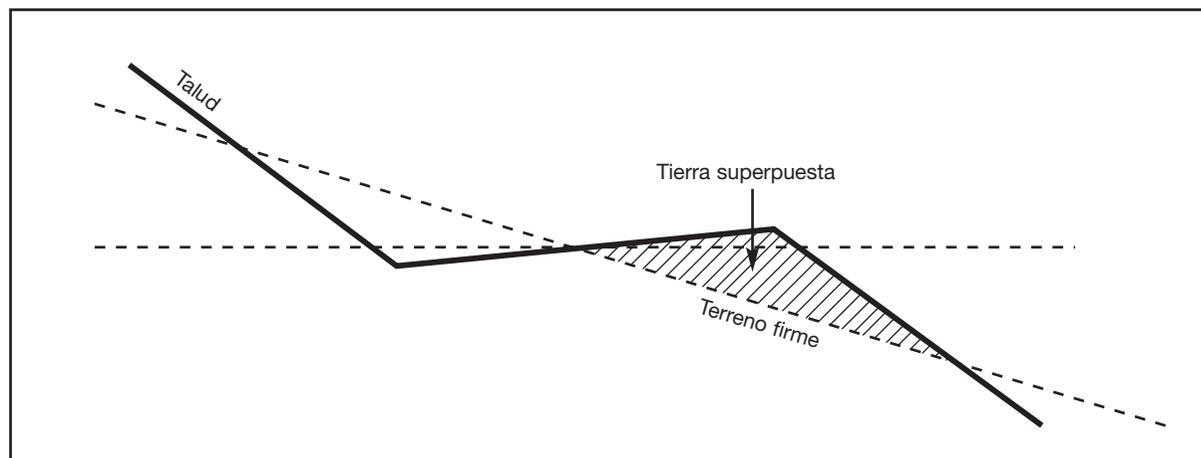
En zonas mediterráneas, donde los episodios de lluvias intensas son relativamente frecuentes, la evacuación controlada de las aguas es un punto crítico en la construcción de las terrazas. Si no se observan con todo rigor las medidas preventivas necesarias, los daños causados a la viña y a las zonas anexas pueden ser muy graves, hasta poner en riesgo la propia supervivencia de la explotación. La red de drenaje ha de planificarse antes de comenzar las obras de aterrazamiento.

Se ha concluido que el riesgo de erosión no es función de la pendiente natural del terreno, sino del diseño de las terrazas: una viña mal diseñada en una pendiente del 25% tendrá más erosión que unas terrazas bien diseñadas en una pendiente del 50%.



2.2.3 Técnica constructiva de las terrazas y estabilidad de los taludes

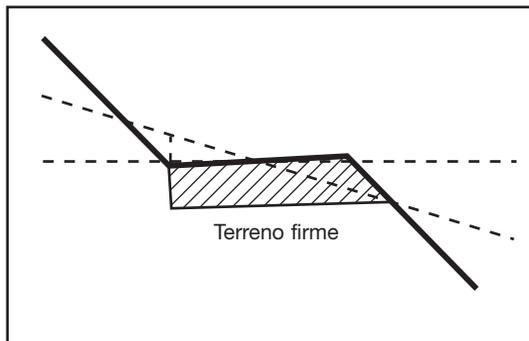
Cuando se aplica la técnica constructiva de cortar la parte superior de la montaña y rellenar la parte inferior, se crea una superficie de contacto frágil entre el terreno firme y la tierra superpuesta, por donde suelen producirse los deslizamientos, incluso con episodios de lluvia no excepcionales (véase el apartado 2.1). Si las terrazas discurren perpendiculares a la dirección N-S del buzonomiento general de los estratos pizarrosos del Priorat, el riesgo de deslizamiento es mayor.



Ante esta situación, la solución constructiva que se aplica en las terrazas Mas Martinet ha demostrado ser efectiva, incluso con lluvias torrenciales. Consiste en roturar y revolver la masa de tierra hasta una profundidad suficiente para asegurar que toda la terraza descansa sobre una base de terreno firme ligeramente inclinada hacia el interior. Cuanto mayor es la pendiente natural del terreno mayor ha de ser la profundidad de tierra removida para que todo el contacto con la montaña firme sea casi horizontal. En la práctica, se remueve una profundidad mínima de 1 m, que es la profundidad media que alcanzan las raíces de la vid (criterio agronómico).

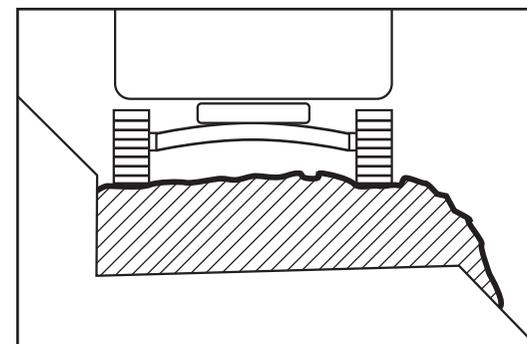
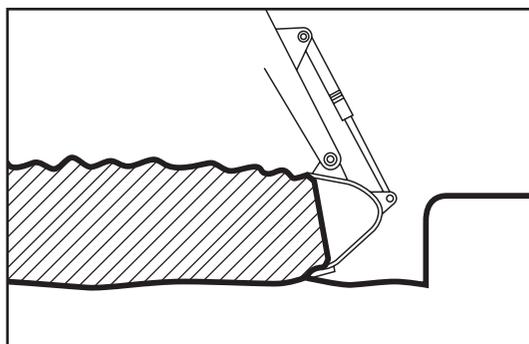
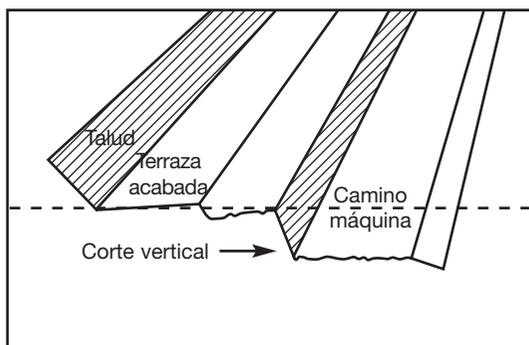
Aun aplicando esta técnica constructiva, puede haber pequeños problemas de deslizamiento de tierras, especialmente en episodios de lluvia fina que se infiltra en la parte externa de la terraza. Si durante los dos primeros años de vida de las terrazas, estos deslizamientos se arreglan convenientemente, el problema queda resuelto y ya no se produce en años posteriores, al asentarse el abancalamiento.





La secuencia completa del sistema constructivo de una terraza nueva a partir de la superior ya acabada es la siguiente:

- La retroexcavadora abre un camino de unos 3,5 m de anchura por el que la máquina puede avanzar, y provoca un corte más o menos vertical en la parte interior de la nueva terraza. Con la propia máquina, el camino se nivela hasta conseguir que la altura respecto a la terraza superior se mantenga aproximadamente constante en toda la longitud.
- La tierra del camino se remueve hasta la profundidad suficiente para que la nueva terraza descansa en su totalidad sobre tierra firme. Como ya se ha indicado, esta profundidad depende de la pendiente natural del terreno (con un mínimo de 1 m).
- En este momento, se instala en la máquina el nivelador por láser. Mediante la retroexcavadora se acaba el talud inferior de la terraza superior y al mismo tiempo se nivela la parte inferior del talud e interior de la terraza en construcción, de manera que la pendiente longitudinal sea de un 3%. La tierra sobrante se deposita en la parte exterior de la misma terraza que, de esta manera, queda más alta que la parte interior ya nivelada.
- La máquina recorre la terraza de manera que la huella interior marca exactamente la línea divisoria con el talud y la huella exterior pisa sobre el sobrante de tierra y lo compacta. Seguidamente, la pendiente transversal de la terraza se corrige hasta dejarla en un 4-5% hacia el interior, depositando la tierra sobrante hacia el exterior de la terraza.
- Finalmente, se marca la anchura de la terraza (por ejemplo, 1,3 m) y se recorta siempre con la retroexcavadora avanzando por la propia terraza.





Terrazas de anchura constante siguiendo las curvas de nivel



Accesos a las terrazas en zig-zag para mejorar la seguridad laboral

Fijada la anchura de la terraza, la altura del talud dependerá de su inclinación (β) y de la pendiente natural del terreno (α). La inclinación estable de los taludes es función del ángulo de rozamiento interno y la cohesión de cada tipo de suelo removido. Un ensayo de corte directo en laboratorio permite evaluar estos parámetros básicos. Siguiendo la técnica constructiva de terrazas desarrollada por Mas Martinet, la experimentación en la “Licorella” del Priorat¹ muestra que los taludes de hasta 65° - 70° de inclinación son estables.

Toda la experimentación de Mas Martinet relativa a la construcción de terrazas sostenibles se ha llevado a cabo en colaboración con la empresa Coll de la Teixeta (www.teixeta.cat), ubicada en Falset (Priorat, Tarragona).

2.3.4 Explotación operativa y segura de la viña

- Como se ha dicho, la tierra del aterrazamiento se remueve hasta una profundidad mínima de 1 m, de forma que las raíces de la vid encuentran menos dificultades para extenderse en cualquier punto de la plantación. Además, el suelo retiene mejor el agua porque aumenta su contenido en materiales finos. Si el suelo no se remueve, en terrenos pizarrosos como en el Priorat, el agua tiende a escarpase por las grietas o bien se forma una capa de lodo que permite la escorrentía sin infiltración.
- La anchura de las terrazas es constante en todo su recorrido y, con ello, el número de filas de cepas, a fin de evitar los desplazamientos improductivos o las maniobras complicadas con la maquinaria.
- Los accesos a las terrazas se realizan en zig-zag, de manera que la pendiente no supere el 10-15%. Con ello se pierde un cierto espacio y se forman pequeños tramos de talud con una altura o longitud superior a las indicadas como máximas, pero se gana en seguridad laboral a la hora de transitar con maquinaria. Con pendientes pronunciadas, el riesgo de vuelco del tractor se considera inadmisibles, especialmente en los puntos de incorporación en curva a las terrazas y si se circula con un remolque u otra maquinaria.

¹ Licorella: roca pizarrosa meteorizada



Paisajes con aterrazamiento sostenible



Paisajes con aterrazamiento sostenible



3. Conducción del vigor de la vid

Las terrazas construidas con técnicas Mas Martinet son ambientalmente sostenibles; sin embargo, podrían tener dos inconvenientes desde el punto de vista del viticultor:

- Conservan el suelo fértil y retienen el agua, en mayor proporción que las terrazas convencionales. Ello no encaja bien con los criterios de viticultura preponderantes, según los cuales un exceso de fertilidad y producción es incompatible con la calidad de la uva.
- El coste de construcción es mayor que el de las terrazas convencionales. De acuerdo con las últimas experiencias en el Priorat, las terrazas construidas con técnicas Mas Martinet tienen un coste entre 30.000 euros/ha y 36.000 euros/ha.

La calidad de la uva y la viabilidad económica de la viña se consiguen con la conducción del vigor de la vid, el segundo conjunto de técnicas que presenta este Manual:

- Arquitectura de la planta (incluyendo la poda en verde).
- Riego de precisión.
- Marco de plantación.
- Clareo.

En efecto, las técnicas de conducción del vigor que se describen en el presente capítulo permiten superar los dos inconvenientes indicados para el viticultor de la construcción de terrazas sostenibles. La plantación convencional logra desarrollar entre 4.500 y 5.500 metros lineales de brazo de producción por hectárea, con una SFE próxima a 7.000 m². Tal como se muestra más adelante en el Manual (apartado 4.1), con la aplicación de las técnicas de conducción del vigor, en terrazas sostenibles se logran unos 12.000 metros lineales de brazo de producción y una SFE que supera ampliamente los 20.000 m², y ello manteniendo o incluso aumentando la calidad de la uva, conservando el suelo y reteniendo el agua de lluvia. La mayor productividad del viñedo con técnicas de conducción del vigor permite obtener una misma producción de uva con una superficie de terreno menor. Con ello, además de las ventajas ambientales descritas en el capítulo 2, se logra reducir la deforestación para la plantación del viñedo.



Se describen, asimismo, dos técnicas complementarias, que no son estrictamente necesarias para la conducción del vigor, pero mejoran su eficacia y ecoeficiencia:

- Cubierta vegetal.
- Control de enfermedades mediante un modelo específico.

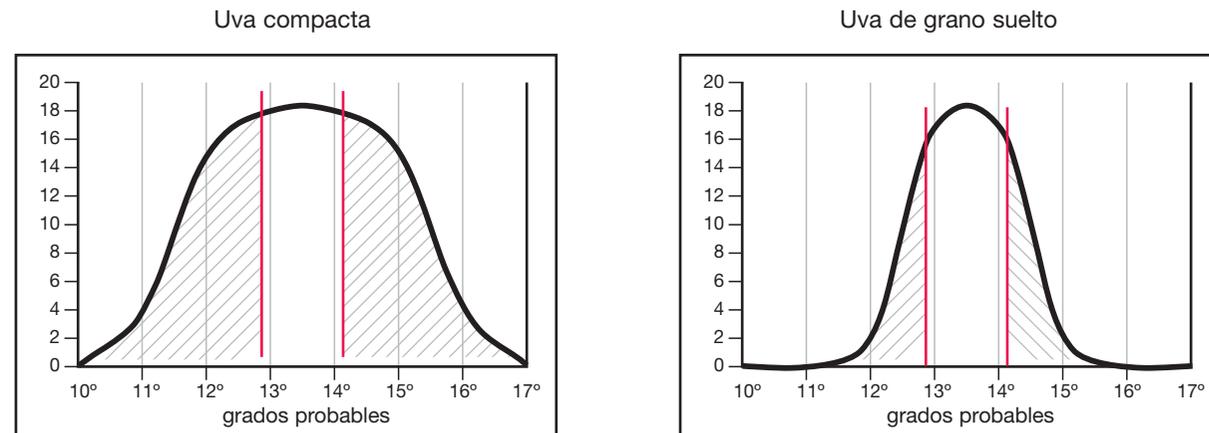
3.1. Fundamento de las técnicas

En el Priorat, a principios de la década de los 90, la viña vieja producía la uva de base para elaborar buenos vinos. Fruto de la experiencia de Mas Martinet en la explotación de viñas viejas, se observó que las uvas con granos sueltos y pequeños eran la materia prima adecuada para producir vinos de alta calidad:

- Los granos sueltos tienen más espacio para crecer, están más aireados y expuestos al sol, de forma que son menos vulnerables a las plagas y la podredumbre y, sobre todo, maduran de forma mucho más homogénea.

Esta observación fundamental se pudo constatar mediante pruebas de maduración, comparando uvas de granos grandes y compactos con uvas de granos pequeños y sueltos. Si se representa en una gráfica el grado alcohólico probable de cada uno de los granos de uva, se obtienen las curvas de la figura 3.1. En el caso de la uva compacta, un porcentaje elevado de granos o bien no llega al grado alcohólico deseado o bien lo sobrepasa. Este porcentaje es mucho menor para la uva suelta. Es decir, frente a los valores medios deseados, la uva compacta presenta una dispersión (desviación estándar en la curva de Gauss) muy superior a la suelta, lo que explica la diferencia de calidad.

Figura 3.1 Comparación del grado alcohólico probable de dos tipos de granos de uva



Maduración de la uva y calidad del vino

Durante la maduración, el azúcar que ha acumulado la planta mediante la fotosíntesis pasa a la savia y llega a la uva. Las células hipodérmicas del grano (en la piel), bajo la acción de la luz del sol, llevan a cabo la síntesis enzimática de los polifenoles y los aromas a partir del azúcar. Los polifenoles forman un conjunto muy amplio y diverso de compuestos (taninos, flavonoides, etc.), que aportan al vino color, aromas, sabores. Puede decirse que todas las características que luego se reflejarán en el vino proceden del azúcar de las reservas que permite sintetizar los polifenoles durante la maduración.

La maduración forma parte de la estrategia reproductiva de la vid:

- Cuando la fruta madura, emite olores que atraen a los animales.
- El animal come la fruta ya madura.
- En la fruta madura, las semillas ya se han recubierto de lignina y el animal no puede digerirlas, por lo que las expulsa sin degradarlas y permite la reproducción de la planta.

La calidad de un vino viene determinada por tres características principales:

- Armonía.
- Concentración.
- Personalidad.

- Armonía. Un vino es armónico cuando sus olores y sabores se presentan sin defectos y se reducen paulatinamente hasta desaparecer, sin cambios bruscos o puntas.

La armonía depende fundamentalmente de la maduración de la uva. Si la maduración es insuficiente, durante la maceración de la uva se extraen taninos verdes que son los responsables de diversos problemas en el vino: astringencia, sequedad de boca, acidez, etc. Una sobre maduración produce dulzor, con sabores excesivos a frutos secos o a higos.

Por ello, es muy importante que todos los granos de uva alcancen el nivel de maduración deseado al mismo tiempo, es decir, de forma homogénea, sin granos excesivamente maduros junto a otros todavía verdes.

- Concentración: además de la calidad de los polifenoles y los aromas también es importante la cantidad, de forma que el vino pueda envejecer correctamente y produzca aromas de evolución durante la crianza. Si la cantidad de polifenoles que contiene la uva es pequeña, la actividad biológica del vino durante el envejecimiento acabará alterando todos los compuestos y el vino perderá sus características deseadas.

- Personalidad: es la característica que permite diferenciar vinos con una buena calidad básica (armonía y concentración). La personalidad de un vino depende del “terroir”, del clima, de la variedad de la uva y del autor.

Mientras la armonía y la concentración se pueden evaluar por un experto de una forma bastante objetiva, la personalidad es mucho más subjetiva. Como cualquier obra de arte, la personalidad de un vino puede adaptarse más o menos a los gustos particulares de cada persona.



- Si además se quieren producir vinos para envejecer (crianza), los granos pequeños tienen una mayor superficie específica de piel, donde se concentran los polifenoles, los taninos, los aromas y todas las sustancias que, en concentraciones suficientes, permiten la evolución del vino en el tiempo.

Es evidente que si los granos de la uva están separados y tienen una mayor superficie específica (superficie por unidad de volumen) pueden recibir mejor la radiación solar y llegar a madurar de forma homogénea, para expresar con armonía en el vino todos los aspectos de la variedad y del territorio, que lo hacen diferente de otro vino. Y este es el objetivo fundamental.

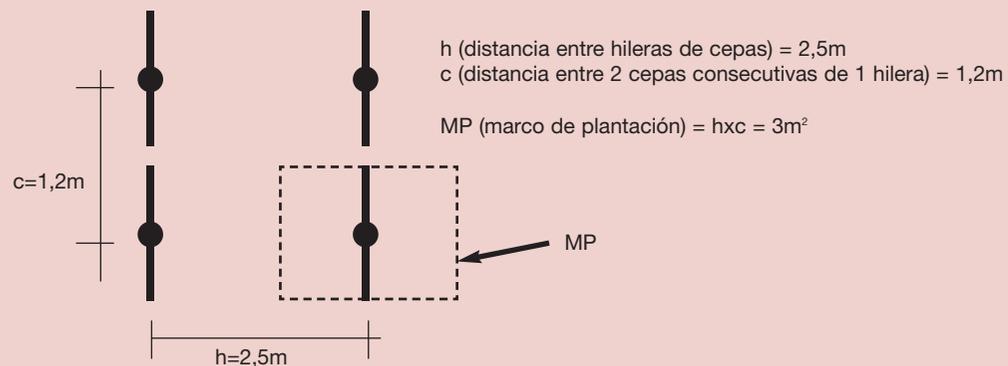
Vigor, marco de plantación y volumen de suelo radicular de una cepa

El vigor de una planta es la fuerza de su actividad vegetativa. Técnicamente, Mas Martinet define el vigor de una cepa como “el peso de la madera en forma de sarmiento que una cepa adulta es capaz de producir en un ciclo vegetativo”. El vigor se expresa en gramos. Por ejemplo, una cepa puede tener un vigor de 300 gr o de 1.400 gr.

El vigor de una cepa depende, básicamente, de la variedad de la vid, de la fertilidad del suelo y de la climatología.

El marco de plantación (MP) es la superficie definida por la separación entre hileras de cepas, que conforma la anchura del pasillo de servicios o calle, y la distancia entre cepas de una misma hilera.

El volumen de suelo radicular (VSR) es el disponible para el desarrollo de las raíces de la cepa, sin entrar en competencia con las cepas vecinas. El VSR viene determinado por el marco de plantación y la profundidad en la que las raíces son activas que, a título indicativo, puede suponerse de 1 m.



Se observó también que las variedades autóctonas de Carinyena y Garnatxa en viñas jóvenes plantadas en terrenos fértiles, producían unos racimos muy compactos, con granos muy grandes, que una vez recolectados tenían un grado de maduración deficiente por heterogénea (granos todavía verdes junto a otros sobremadurados).

Por otra parte, se sabe que las viñas viejas producen una uva de calidad por dos motivos:

- Las heridas traumáticas de la cepa a causa de la poda que sufren año tras año, impide el paso de la savia y disminuye el vigor de la cepa, que produce uvas con granos pequeños y sueltos.
- La plantación en pendientes pronunciadas sin aterrazar (“costers”) también reduce el vigor de la planta, al desaparecer el suelo fértil arrastrado por la lluvia. En este caso, la erosión es la causa de una menor producción, pero de mayor calidad.

El problema quedaba planteado: en las nuevas plantaciones en terrazas, con suelo fértil no erosionado y retención de agua para su infiltración, las cepas expresan todo su vigor y tienden a producir uvas muy grandes y compactas. Sus granos ya no maduran homogéneamente y, en consecuencia, el vino pierde calidad.

Hasta ahora, la solución convencional que se da a este problema de calidad consiste en “hacer sufrir” a la planta para reducir su vigor: no regar, no labrar, menor fertilización, etc. Es decir, el vigor se trata como si fuera un defecto que hay que corregir para obtener producciones menores pero de mayor calidad, a semejanza de la viña vieja.

Contrariamente, la base de la técnica Mas Martinet es considerar el vigor como una virtud de la planta, que muestra su buen estado, y no como un defecto, y tratar de **reconducirlo hacia una fertilidad de calidad**. Buena parte de la experimentación desarrollada por Mas Martinet desde 1997 se ha enfocado a optimizar la gestión del vigor de las variedades autóctonas en las nuevas plantaciones en terraza.



3.2. Arquitectura de la planta

3.2.1 Diámetro del sarmiento

Mas Martinet sabía, por tanto, cómo debían ser las uvas, pero desconocía cómo podían obtenerse en viñas jóvenes plantadas sobre terrazas. La experimentación inicial, basada en dejar menos racimos en la cepa o en reducir la distancia entre cepas, no dio los resultados esperados: las uvas seguían siendo grandes y compactas.

Finalmente, se planteó la hipótesis que con la experimentación se ha demostrado acertada: la morfología de la uva está relacionada con el diámetro de su sarmiento. Se verificó que los sarmientos que superan los 10 mm de diámetro producen uvas compactas, pero si el diámetro está entre 6 y 8 mm, los granos de uva son pequeños y sueltos (figura 3.2).



Figura 3.2 La morfología de la uva está relacionada con el diámetro de su sarmiento

Para lograr que los sarmientos fueran suficientemente delgados se optó por dejar un mayor número de sarmientos en la cepa, para que la competencia entre ellos lograra la reducción de tamaño deseada. Si el vigor de la planta, que es inherente a sus características y condiciones de cultivo, se reparte entre pocos sarmientos, estos serán gruesos y largos. En cambio, si el mismo vigor o cantidad de madera tiene que repartirse entre un mayor número de sarmientos, éstos serán más delgados y cortos (figura 3.3).

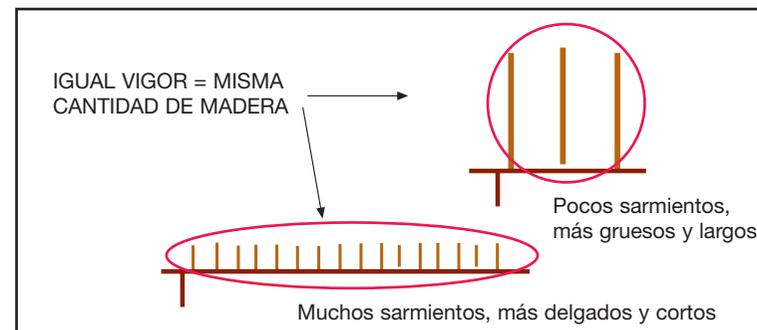


Figura 3.3 Competencia entre sarmientos para un mismo vigor



Uva compacta de garnatxa



Uva suelta de garnatxa

La experimentación de Mas Martinet permite estimar que el sarmiento óptimo tiene entre 6 y 8 mm de diámetro, alrededor de 1,2 m de longitud y pesa entre 45 y 55 gr.

3.2.2. Emparrado

En la conducción del viñedo en “T” o “cordón royat” y una distancia entre cepas de 1,2 m, se dejan normalmente entre 10 y 14 sarmientos, con una distancia media entre ellos de 8-10 cm. Ahora es preciso dejar un mayor número de sarmientos para un mismo vigor de la planta, por lo que hay que alargar el brazo de producción sin variar el marco de plantación. Para ello, Mas Martinet ha desarrollado dos nuevas formas de emparrado:

- Emparrado con doble brazo de producción o “doble emparrado”

Mientras en el emparrado cordón royat, la longitud del brazo de producción es igual a la distancia entre cepas, en el doble emparrado la longitud se dobla sin modificar la distancia entre cepas. Este emparrado consiste en hilos tensados entre dos marcos metálicos situados cada 5 ó 6 cepas, por lo que sólo puede utilizarse cuando el desarrollo de la terraza en planta es básicamente rectilíneo.



- Emparrado individual en aro (círculo)
Puesto que las terrazas siguen las curvas de nivel del terreno natural, sin adoptar formas poligonales, los tramos rectilíneos de emparrado no son, en general, una buena solución. Si el emparrado no puede crecer longitudinalmente sobre la terraza, entonces la solución es acudir al emparrado en círculo. La longitud de brazo de producción que permite este emparrado es más de 3 veces mayor que la distancia lineal disponible entre cepas (diámetro): $\pi \times \varnothing$, es decir, $3,14 \times \varnothing$.

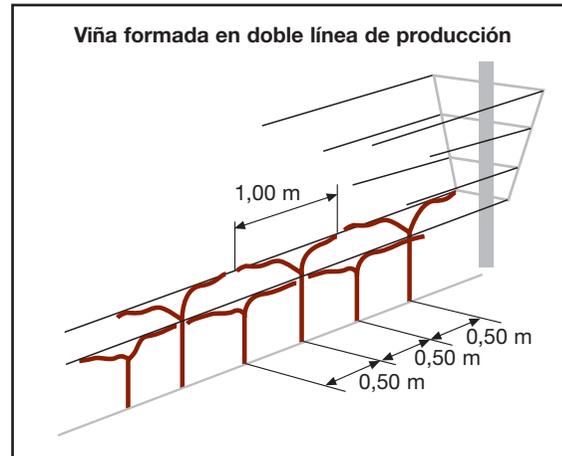


Emparrado convencional “cordon royat”

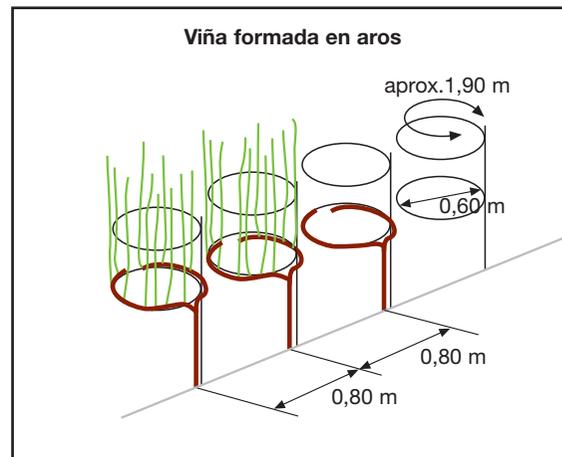
Emparrado de la viña y brazo de producción

El emparrado está formado por unos soportes fijos sobre los cuales se desarrolla la arquitectura de la planta, de forma que los sarmientos puedan crecer suficientemente ordenados y separados para facilitar la aireación y la insolación de la uva, la poda, la aplicación de plaguicidas, la recolección y, en general, todos los trabajos de viticultura.

El brazo de producción es la longitud de cepa lignificada a partir de la cual crecen los sarmientos.



Emparrado con doble línea de producción o doble emparrado



Emparrado en aros



En los nuevos emparrados, la técnica consiste en dejar una distancia media entre sarmientos de 7 cm. En un doble emparrado, con una distancia entre cepas de 0,5 m, pueden llegar a dejarse 14 sarmientos por cepa, es decir, 14 sarmientos por metro lineal de brazo de producción. Si se utiliza el emparrado en aros de 0,6 m de diámetro, una cepa puede albergar hasta 27 sarmientos, ya que el brazo de producción mide 1,88 m (nuevamente, 14 sarmientos por metro lineal de brazo).

Por tanto, se dispone de más espacio para dejar un mayor número de sarmientos en función del vigor de cada cepa. Por ejemplo, en una plantación con una distancia entre cepas de 0,5 m, si la cepa tiene un vigor de 500 gr, se dejarán 10 sarmientos; si la cepa tuviera un vigor de 600 gr, se dejarían 12 sarmientos.

Frente al emparrado convencional, para un marco de plantación determinado, los nuevos emparrados no sólo permiten alargar el brazo de producción de una cepa, sino que también aumentan la superficie foliar efectiva (SFE). Con ello, se logra una mayor relación entre la SFE y el volumen de suelo radiacular (SFE/VMP), parámetro que, como se verá más adelante, resulta clave para controlar la maduración de la uva frente a condiciones climatológicas adversas. Además, las cepas con mayor SFE pueden aumentar su producción sin reducir la concentración de polifenoles en la uva, ya que su mayor “placa solar” les permite sintetizar mayores cantidades de azúcares (figura 3.4).

Superficie foliar efectiva (SFE)

La superficie foliar efectiva (también denominada expuesta o activa) es la que forman las hojas de la planta directamente expuestas a la radiación solar. A mayor SFE, mayor es la energía solar que la planta puede captar para sintetizar, a través de la función clorofílica, los azúcares necesarios para su crecimiento y la maduración de la fruta.

No existe una forma única de medición de la SFE universalmente aceptada. Un método sencillo consiste en “escanear” las hojas del sarmiento y medir su superficie mediante un programa informático. Sin embargo, no toda la superficie foliar puede considerarse efectiva, es decir, directamente expuesta a la luz solar, puesto que en la práctica algunas hojas tapan (hacen sombra) a otras, especialmente si los sarmientos tienden a entrelazarse.

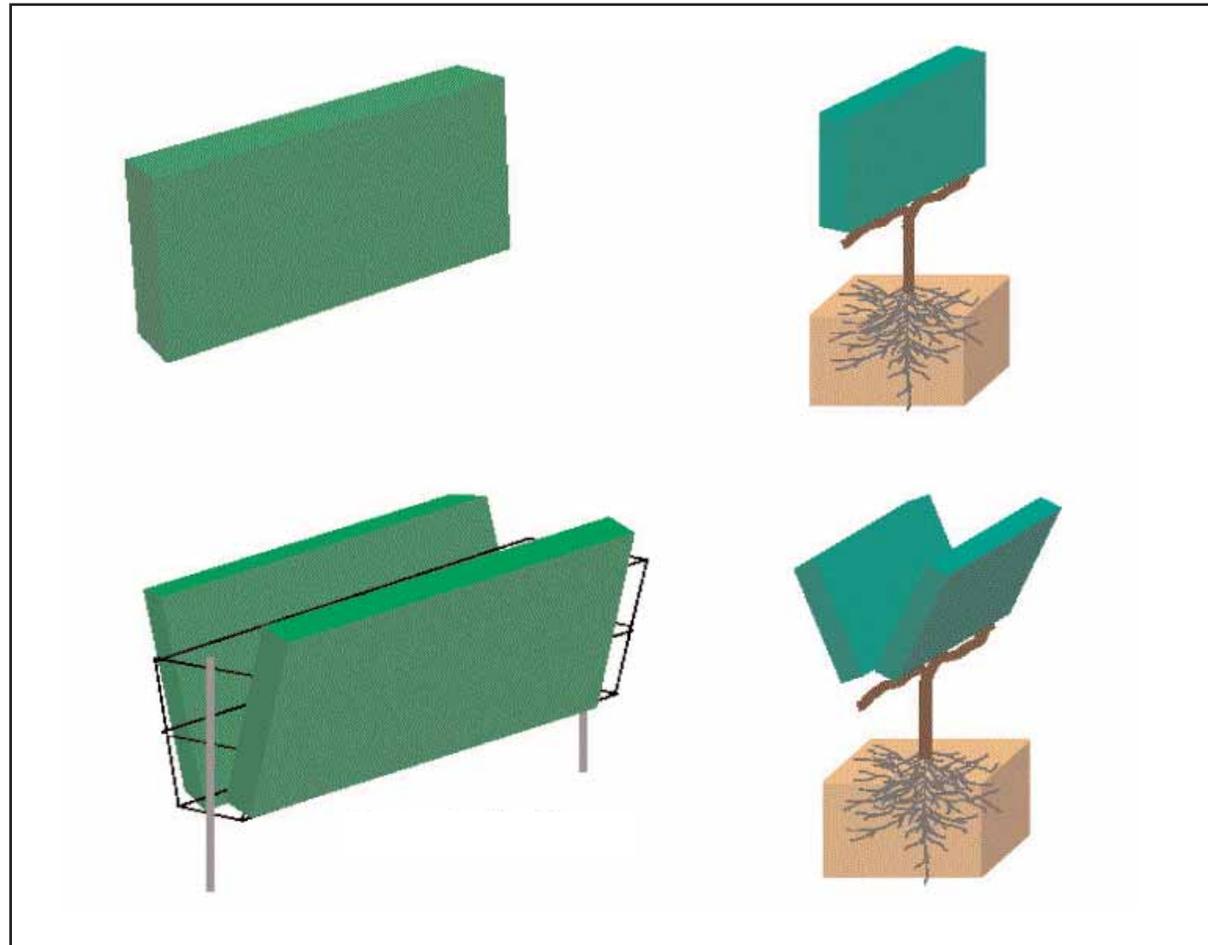




Superficie foliar en un doble emparrado

Los nuevos emparrados permiten una disposición ordenada de los sarmientos, de manera que la SFE se extiende con un formato continuo y eficiente, que reduce el efecto de sombra o sobreposición entre hojas. Mas Martinet está evaluando en sus plantaciones del Priorat la SFE de cada una de las variedades de uva y su relación con una producción de calidad. De forma conservadora, en este Manual se adopta un valor de la SFE media de las variedades plantadas de $0,14 \text{ m}^2$ por cada sarmiento desarrollado.

Figura 3.4 Puede doblarse la superficie foliar efectiva, sin aumentar el marco de plantación y, en consecuencia, el volumen de suelo radicular



3.3. Riego de precisión

3.3.1 Funciones básicas del agua

Gracias a la función clorofílica de las hojas de la vid (SFE), la planta fotosintetiza azúcares, los acumula en los tejidos de reserva y dispone de ellos a medida que los va necesitando para realizar sus funciones. A lo largo de su ciclo vegetativo, la planta debe producir la cantidad de azúcar necesaria para tres finalidades:

- Crecer hasta desarrollar todos los sarmientos previstos y formar la superficie foliar efectiva.
- Alcanzar la maduración óptima de los granos de uva.
- Después de la cosecha, mantener suficientes reservas para reiniciar el crecimiento al año siguiente.

En estos procesos del ciclo vegetativo, la disponibilidad de agua tiene un papel preponderante. El agua tiene dos funciones básicas:

- El agua intracelular ocupa el espacio interior de las células y actúa como disolvente universal. En el medio acuoso celular se producen todas las reacciones bioquímicas que la planta necesita para realizar su metabolismo (sintetizar hormonas, proteínas, transformar el azúcar, etc.). Esta agua no se gasta en su cometido y su volumen no varía, a fin de mantener constante la presión osmótica.
- El agua extracelular ocupa los espacios intersticiales entre las células, se incorpora fundamentalmente por las raíces y se evacúa por las hojas, después de circular por los vasos liberoleñosos. De ella depende la capacidad adaptativa de la planta al medio. Cuando aumenta la temperatura ambiente, la planta utiliza el agua extracelular para evaporarla a través de la transpiración de las hojas que, de esta forma, se refrigeran. Téngase en cuenta que si las hojas alcanzan una temperatura superior a 36-37°C, la función clorofílica se detiene. Las hojas deben refrigerarse para poder continuar con la fotosíntesis de los azúcares.

Si durante los meses cálidos el agua exterior (la que pueden captar las raíces y la contenida en la humedad del aire) es menor que la que requiere la transpiración (más demanda que oferta), la planta utiliza el agua intracelular, lo que provoca un cambio en la presión osmótica y, en consecuencia, se modifica el metabolismo de la planta:

- Para transpirar menos y perder menos agua, reduce la superficie foliar eliminando las hojas de la base de los sarmientos, mediante una constricción de los vasos conductores de la savia. Estas hojas se vuelven amarillas y caen.



- Deshidrata de forma parcial o total los granos de uva, que se arrugan y se vuelven pasas, se marchitan. Estas uvas ya no van a poder madurar correctamente y afectaran a la calidad del vino (fuerte acidez, taninos verdes, etc.).

Por tanto, un déficit de agua de transpiración (estrés hídrico) tiene dos efectos perniciosos: deshidratación de la planta, con pérdida de superficie foliar y granos de uva, y reducción de la actividad fotosintética y, en consecuencia, menor producción de azúcares disponibles para la maduración.

Por el contrario, cuando hay un exceso de agua extracelular en relación a la necesaria para la transpiración (más oferta que demanda), la planta sintetiza hormonas del crecimiento y utiliza el azúcar de las reservas para crecer. Esto debe ocurrir durante los meses de primavera, en los que la planta ha de desarrollar todo su crecimiento y formar la SFE, pero ha de evitarse desde primeros de julio hasta la cosecha de la uva, tal como se describe en el apartado siguiente.

3.3.2 Necesidades de agua de riego a lo largo del ciclo vegetativo

Para que la planta desarrolle correctamente su ciclo vegetativo y todos los granos de uva alcancen la maduración adecuada, la cantidad de agua a disposición de la planta es fundamental y debe controlarse en todo momento:

- Durante los meses de primavera, la planta necesita agua para el crecimiento. Si no llueve, hay que proporcionársela mediante el riego. Un exceso de agua en esta época no tiene repercusiones negativas significativas, salvo el despilfarro de un recurso escaso. Un déficit de agua impedirá que la planta exprese todo su vigor y alcance la arquitectura deseada. Si algunos sarmientos no crecen lo suficiente, la SFE no se formará en su totalidad y en consecuencia no captará la energía del sol necesaria para madurar correctamente toda la producción de uva objetivo. Además será más vulnerable a un episodio de lluvias importantes durante la maduración (finales de agosto y septiembre).
- Durante el mes de junio, la planta debe ir reduciendo su ritmo de crecimiento hasta detenerlo por completo a principios de julio. El crecimiento ya no es necesario, porque la arquitectura deseada ya se ha formado y no está previsto en los medios de conducción de la planta; si siguiera creciendo, los sarmientos acabarían doblándose y no aumentaría la SFE. Los azúcares sintetizados mediante la función clorofílica deben acumularse en las reservas, a la espera de su movilización para la maduración de la uva en los meses de agosto y septiembre. El riego debe reducirse hasta que la humedad del suelo se aleje suficientemente de la capacidad de campo, de manera que la planta pueda transpirar, para refrigerarse y poder seguir con la función clorofílica a fin de acumular reservas de azúcar, pero sin sintetizar hormonas del crecimiento que provocaría el consumo de azúcares.





- Esta humedad debe mantenerse durante los meses más cálidos (julio y agosto), por lo que la dosificación del riego se vuelve más importante: la planta necesita el agua justa, ni más (crecimiento en detrimento de las reservas de azúcar para la maduración), ni menos (estrés hídrico y deshidratación de la planta, con pérdida de SFE, cuando la humedad del suelo radicular se reduce hasta niveles cercanos al punto de marchitamiento). No obstante, una lluvia excesiva puntual en julio o a principios de agosto no tiene porque acabar afectando a la calidad de la uva, ya que la planta todavía tiene tiempo de reconducir su metabolismo y acumular una cantidad suficiente de azúcar.

Humedad del suelo, capacidad de campo y punto de marchitamiento

La humedad del suelo se define como el peso de agua presente en el suelo por unidad de peso de suelo seco. Si:

Psh: peso de suelo húmedo

Pss: peso de suelo una vez seco (en estufa a 110°C)

Entonces, humedad H (en %) = $(Psh - Pss)/Pss * 100$

Después de unas lluvias abundantes, el suelo puede saturarse de agua (todos sus poros están llenos de agua) hasta una determinada profundidad. Cuando cesan las lluvias, una parte del agua (la contenida en los poros de mayor tamaño) drena por gravedad hacia capas más inferiores, con mayor o menor rapidez dependiendo de la permeabilidad del suelo. Una vez producida esta infiltración, el nivel de humedad que queda se denomina capacidad de campo. Por tanto, la capacidad de campo es la humedad máxima que puede retener el suelo una vez toda el agua gravitacional ha migrado hacia las capas inferiores; por ello, se denomina también capacidad de retención de agua.

Si no se producen nuevos aportes de agua, el suelo continua perdiendo agua por evaporación y por transpiración de las plantas (en este caso, vides). La absorción del agua por las plantas se va haciendo más difícil a medida que la humedad del suelo disminuye, hasta que la planta ya no puede absorber más agua, porque la fuerza que ejercen las partículas y sales del suelo es mayor que la que pueden hacer las raíces. La humedad del suelo en este momento se denomina punto de marchitamiento, es decir, el grado de humedad cuando las plantas ya no pueden absorber más agua.

En la “Licorella” del Priorat, la capacidad de campo y el punto de marchitamiento se sitúan en torno al 17% y al 7%, respectivamente.

- La situación se vuelve crítica cuando la planta está concentrada en la maduración (finales de agosto y septiembre), puesto que ya no hay tiempo suficiente para reconducir un cambio de metabolismo. La planta ha de dirigir el azúcar hacia la maduración de los granos. Un exceso de agua sería contraproducente, pero no por detener la acumulación de azúcar, ni por un efecto de compactación de la uva (la morfología ha quedado determinada con el reparto del vigor y ya no hay multiplicación celular en la uva), sino porque el cambio del metabolismo de la planta hacia el crecimiento dejaría desatendida la maduración (se reduciría la actividad de las células hipodérmicas del grano de uva, encargadas de utilizar la radiación solar para transformar el azúcar en polifenoles, taninos, aromas, color, etc.), con efectos negativos sobre la calidad del vino. En estos momentos es cuando tener el control de la situación se hace más importante. Ello se consigue mediante dos mecanismos básicos:
 - La humedad del suelo, que sigue suficientemente alejada de la capacidad de campo, ha de concentrarse, en la medida de lo posible, en una franja de 15 cm alrededor de las raíces de la cepa (lo que se logra mediante el riego enterrado, que se describe en el apartado 3.3.4). De esta forma, en caso de lluvia intensa, el suelo puede absorberla en sus capas inferiores, y en pocos días se restablece la humedad del suelo anterior a la precipitación. La precisión del riego en esta época debe ser máxima.
 - La alta relación entre la superficie foliar efectiva y el volumen de suelo radicular de la cepa (SFE/VSR), propia de la arquitectura Mas Martinet, cobra aquí toda su importancia (figura 3.5). En efecto, la necesidad de agua de transpiración (demanda) por unidad de oferta en las raíces es suficientemente grande como para absorber un incremento puntual de la humedad del suelo por una precipitación intensa. En estas condiciones, el riesgo de que se genere agua sobrante y cambie el metabolismo de la planta hacia el crecimiento es mucho menor que en una plantación con una demanda comparativamente más débil. En general, una mayor demanda por unidad de oferta permite tener un mayor control sobre la planta en todo momento, es decir, con una menor dependencia del azar climatológico.

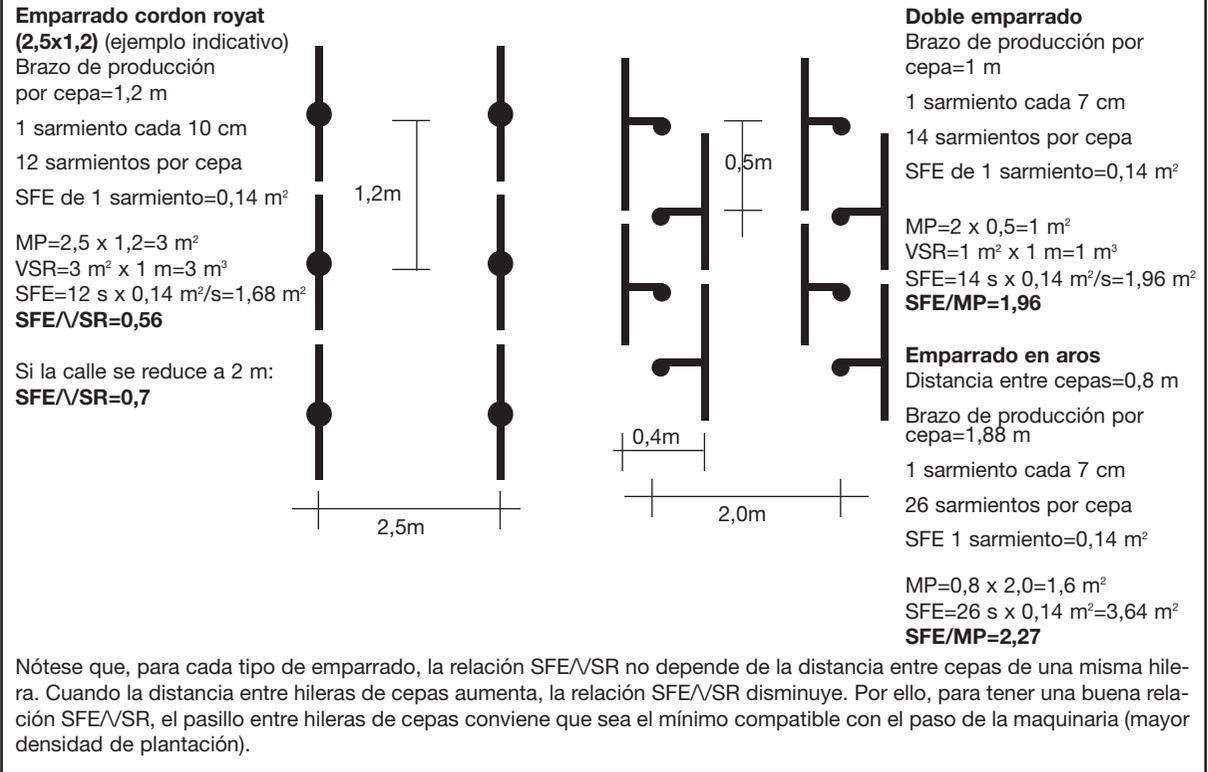
En síntesis, la planta ha de tener el agua que necesita: si le falta agua, hay que suministrarla (riego); si le sobra, ha de poderla disipar de forma efectiva. La gestión del agua a disposición de la planta permite controlar sus funciones vitales:

- Control del crecimiento (la planta expresa todo su vigor y forma la arquitectura prevista).
- Control del estrés hídrico: se acumulan los azúcares necesarios para la maduración y la planta se mantiene hidratada para conservar en buen estado su SFE y los granos de uva en desarrollo.
- Control de la maduración: se evitan cambios en el metabolismo por exceso de agua y las uvas alcanzan la cantidad y la calidad adecuadas de polifenoles, aromas y grado alcohólico probable.

Puede decirse que el momento del riego es tan importante o más que la cantidad de agua que se aporta.



Figura 3.5 Relación entre la superficie foliar efectiva y el volumen de suelo radicular: un parámetro clave



3.3.3. Control del estado hídrico de la planta

La planta se comporta como un depósito de agua que, por una parte, la absorbe del suelo y, por otra, la pierde a través de las hojas.

Cuando la vid utiliza el agua extracelular para transpirar con mayor o menor intensidad, sufre una reducción en su volumen. Durante los momentos de baja demanda (noche, días nublados), la planta capta agua a través de las raíces de la humedad del suelo y recupera su volumen inicial. Esta actividad es constante y las contracciones que provoca, de algunas decenas de micras, pueden medirse en el tronco mediante sensores de desplazamiento denominados dendrómetros, fabricados con aleaciones no dilatables con la temperatura.



Dendrómetros (para medir las variaciones del diámetro del tronco de la cepa)

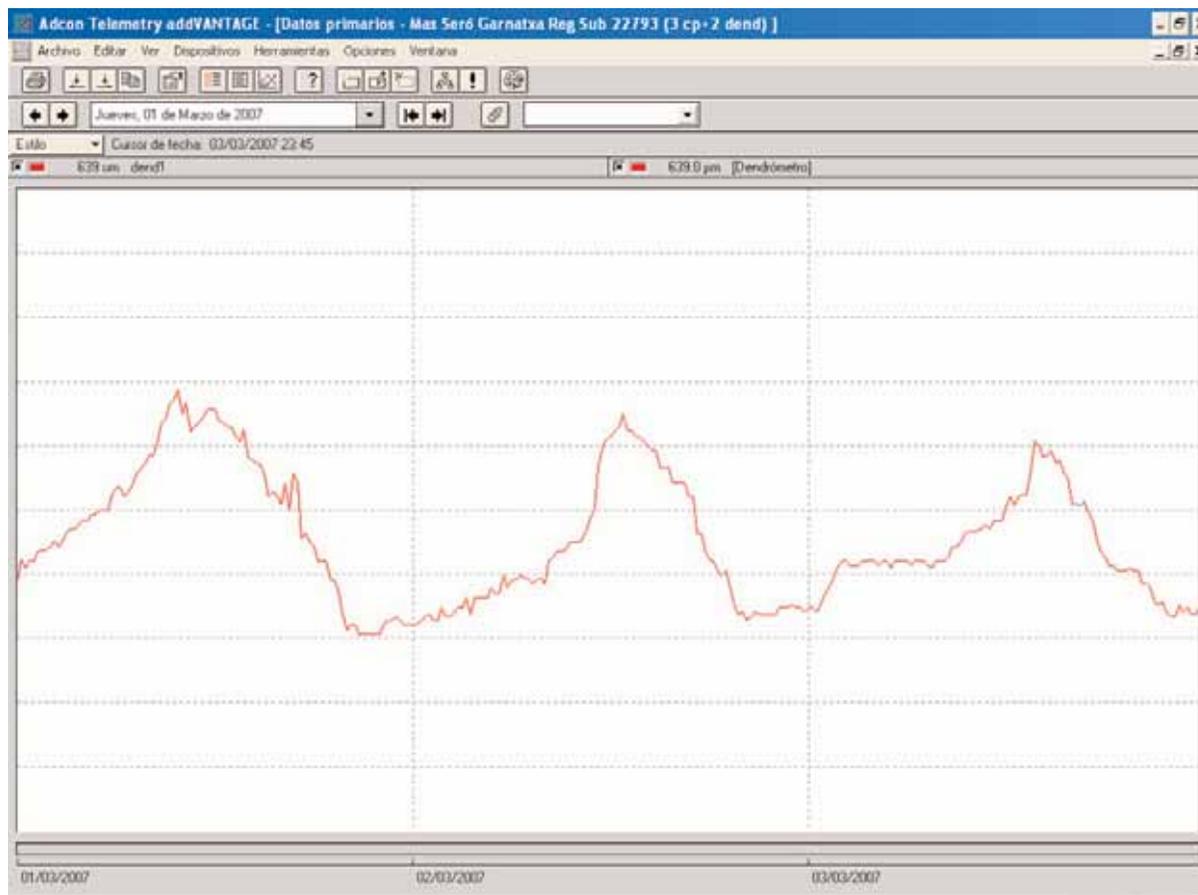


Figura 3.6 Oscilaciones diarias del dendrómetro

Cuando el agua externa es insuficiente, la amplitud de la contracción diaria aumenta considerablemente, en especial cuando se moviliza el agua intracelular.

Las amplitudes de contracción diarias del tronco reflejan la intensidad de la demanda que se produce sobre las reservas hídricas de la planta. Entre el valor mínimo de un día y el valor máximo del día siguiente, el incremento corresponde a la recuperación hídrica más el crecimiento vegetativo.



Las variaciones del diámetro del tronco (VDT) permiten obtener dos indicadores de gran valor para el control hídrico de la planta (figura 3.7): la máxima contracción diaria (MCD) y el crecimiento diario (CD). Si este último parámetro se acumula a lo largo del tiempo, se obtiene el crecimiento diario acumulado (CDA).

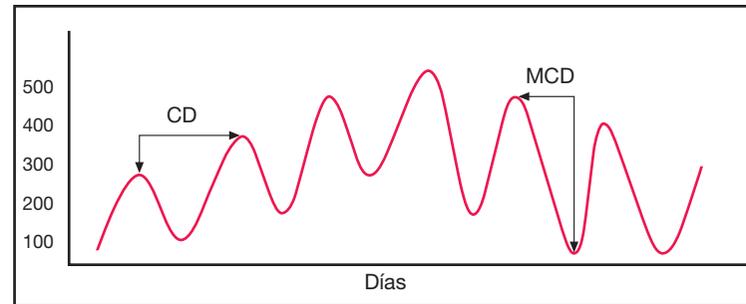


Figura 3.7 Indicadores para el control hídrico de la planta a partir de las lecturas del dendrómetro
En el eje de ordenadas: lectura del dendrómetro en micras

Fuente: Moisés Cohen et al. Nutri-fitos 2003.

El crecimiento diario (CD) es un buen indicador del estado hídrico de la planta. Bajo estrés hídrico pronunciado, el diámetro del tronco decrece continuamente, y sólo se recupera cuando la planta vuelve a tener agua suficiente disponible para transpirar.

De acuerdo con las necesidades de agua de la vid a lo largo de su ciclo vegetativo descritas en el apartado anterior, la gráfica del dendrómetro ha de tener un aspecto como el de la figura 3.8:

- Durante los meses de primavera, la gráfica del dendrómetro ha de ser ascendente. El indicador de crecimiento diario (CD) ha de ser regularmente positivo o lo que es lo mismo el CDA ha de aumentar.
- Durante los meses cálidos y hasta la cosecha, la gráfica del dendrómetro ha de ser fundamentalmente plana. El CD es nulo o de valor pequeño.

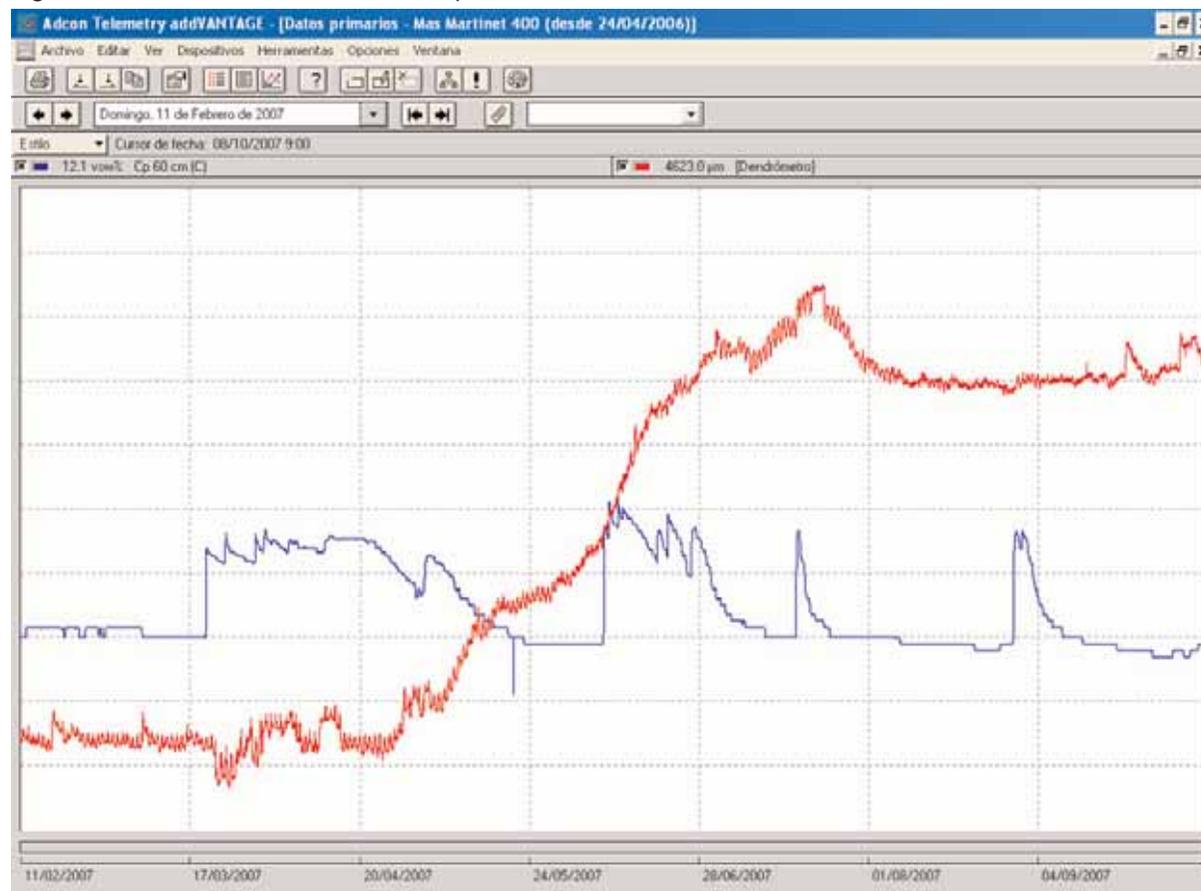
La única excepción puede producirse durante el envero (dos o tres semanas en las que la uva cambia de color, a principios de julio en la figura 3.8): la concentración de azúcar aumenta mucho y, con ella, el potencial osmótico, lo que crea una fuerte demanda sobre las reservas hídricas de la planta, con el consiguiente decrecimiento del tronco.

Pasado el envero, si el dendrómetro marca un descenso continuado, la planta sufre estrés hídrico, lo que pone en riesgo la maduración: el riego se hace necesario para que la planta pueda refrigerarse y las hojas no cierren los estomas y detengan la fotosíntesis¹. Si la gráfica es ascendente, indica un exceso de oferta y el riego debe reducirse o eliminarse.

- Después de la cosecha, el día es más corto y menos caluroso, y la humedad natural suele ser alta, por lo que el riego pierde relevancia. En esta parte del ciclo, se considera más importante mantener las

hojas en buen estado fitosanitario (libres de hongos) para que pueda seguir activa la función clorofílica residual. Los azúcares sintetizados servirán para iniciar el crecimiento en la primavera siguiente.

Figura 3.8 Gráfica de dendrómetro equilibrada



En rojo: gráfica del dendrómetro

En azul: gráfica del sensor de humedad del suelo a 50 cm de profundidad

¹ Algunas variedades de uva tienen comportamientos de respuesta a los parámetros de clima y suelo algo diferentes de la regla general. Un caso muy marcado es el de la variedad Merlot, tal como se ha podido comprobar en las fincas Mas Martinet en el Priorat. En situaciones de temperatura elevada y humedad relativa baja, la planta no es capaz de absorber agua de riego a través de su sistema radicular para superar el estrés, incluso con el suelo a capacidad de campo, lo que afecta a la fotosíntesis y, en consecuencia, a la calidad de la uva y del vino. La humedad relativa resulta ser el factor decisivo para que la planta reanude su funcionamiento hídrico. La experimentación muestra que la variedad Merlot no encuentra su mejor potencial en zonas semi-áridas como el Priorat (el Merlot proviene de la zona de Burdeos, con humedades relativas altas ya que confluyen dos ríos importantes).

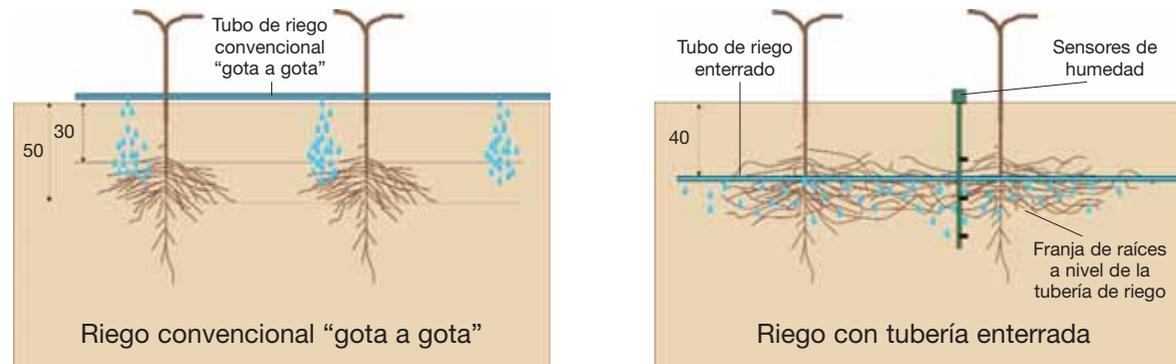


Los datos del dendrómetro son muy útiles, porque permiten conocer el estado hídrico de la planta mucho antes de que los efectos de una posible descompensación se hagan patentes mediante observación ocular (crecimiento excesivo, deshidratación de la uva, marchitamiento de las hojas, etc.). Téngase en cuenta que entre los desajustes hídricos y las consecuencias visibles pueden pasar varias semanas.

3.3.4 Aplicación y control del riego

La necesidad de un riego de precisión que mantenga la humedad del suelo adecuada en cada momento, sin malgastar agua, llevó a Mas Martinet a experimentar la instalación de un sistema de riego gota a gota enterrado. De esta manera, el agua llega a las raíces más directamente, sin perderse en la superficie del suelo donde no se necesita. Para ello, se utiliza una conducción especialmente preparada para que las raíces no la presionen ni la obstruyan. Contiene unas válvulas de salida de agua cada 40 cm y se entierra a 40 cm de profundidad.

En un riego gota a gota convencional, la conducción de agua se coloca por encima del nivel del suelo. Para que el agua llegue a las raíces, primero es necesario saturar la parte superior de suelo, y se produce un gasto innecesario de agua, agravado por la evaporación superficial que puede llegar a ser muy intensa.



Con el riego enterrado, se crea una zona húmeda alrededor de las raíces.

No obstante, durante el primer año de vida el riego ha de ser superficial porque las raíces todavía no se han desarrollado por completo. A partir del segundo año, el riego ya puede enterrarse a 40 cm.

El riego de precisión exige saber con suficiente exactitud qué cantidad de agua hay que aportar al suelo en cada sesión, es decir, cuándo hay que detener el riego, sin esperar a ver la respuesta de la planta en las lecturas del dendrómetro.



Sensores para medir la humedad del suelo a tres profundidades: 35 cm, 50 cm y 70 cm

Para ello, se colocan en el suelo sensores de humedad a tres profundidades: 30 cm, 50 cm y 70 cm, que aportan la información necesaria, por ejemplo:

- Cuando la humedad del suelo en las raíces es baja y la planta comenzará a tener problemas para extraer el agua necesaria.
- Cuando se está llegando a la capacidad de campo y hay que detener el riego para no saturar los niveles inferiores.

Los datos de los sensores de humedad se transmiten por radio hasta la oficina de control, donde se procesan y se toman las decisiones pertinentes en cada momento. El riego puede ponerse en marcha desde la misma oficina e incluso puede programarse de forma automática.

La figura 3.9 muestra con carácter orientador cómo deben mantenerse los niveles de humedad del suelo a lo largo del ciclo vegetativo.

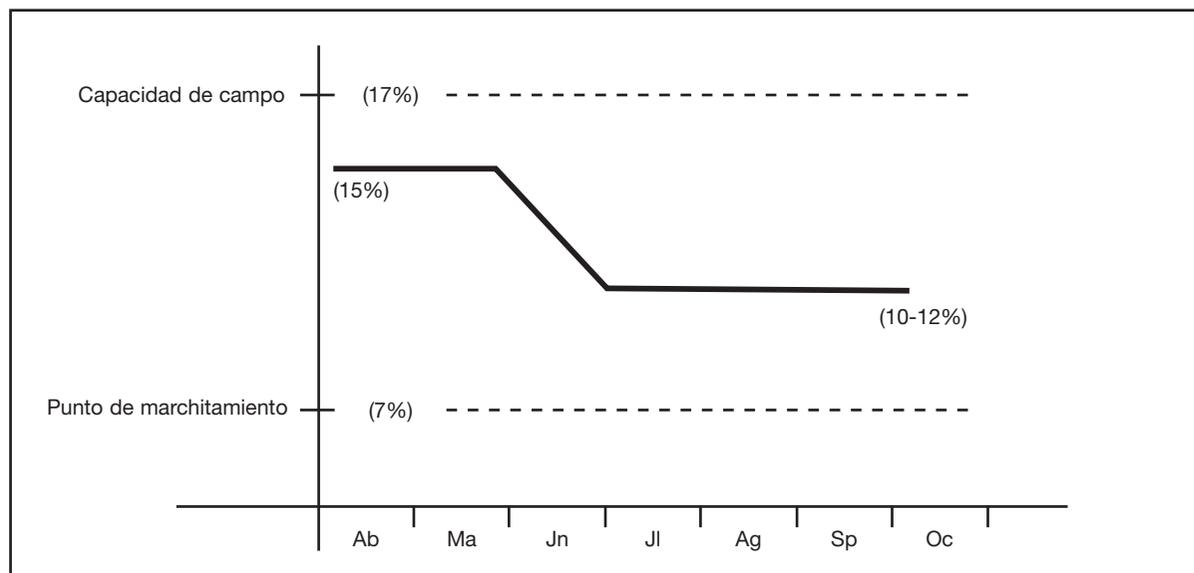


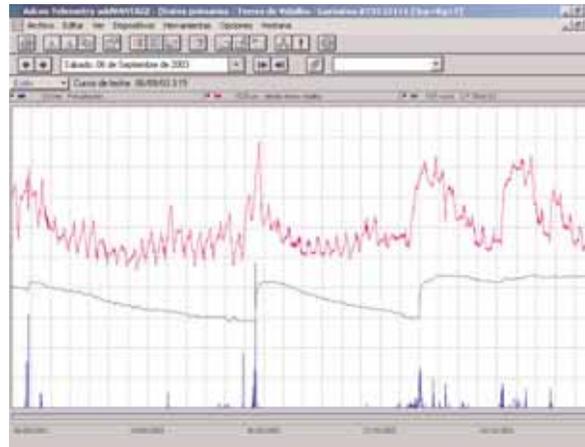
Figura 3.9 Niveles relativos de humedad del suelo que conviene mantener a lo largo del ciclo vegetativo (orientativo en la "Licorella" del Priorat)



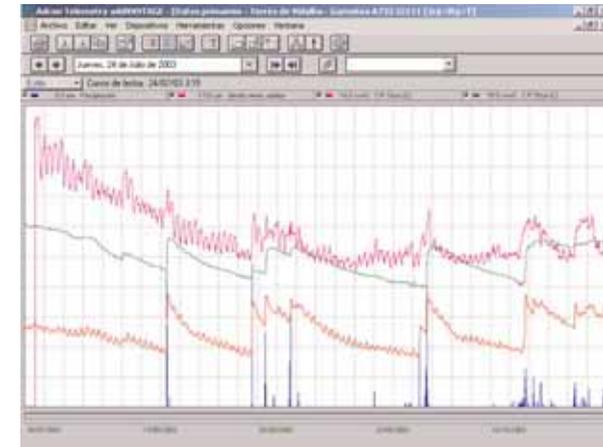
La instalación de riego gota a gota también ha de ser de precisión, es decir, cuando se detiene el riego, el goteo sobre las raíces debe cesar con prontitud. Hay que tener en cuenta que el riego se instala en una finca aterrazada con fuertes pendientes, y que el agua de los tubos superiores tiende a acumularse por gravedad en los niveles inferiores. Por ello, el sistema de válvulas ha de permitir controlar el riego en cada una de las alturas de la explotación. No es admisible que las cepas de menor altitud reciban más riego que las situadas en cotas superiores. En la época de crecimiento de la planta este control estricto no es tan necesario, porque un exceso de agua no va a causar problemas significativos, pero a partir de junio se hace imprescindible.

La experimentación de Mas Martinet en el ámbito de la aplicación del riego de precisión y su control mediante dendrómetros y sensores de humedad se ha llevado a cabo con la colaboración de dos empresas proveedoras:

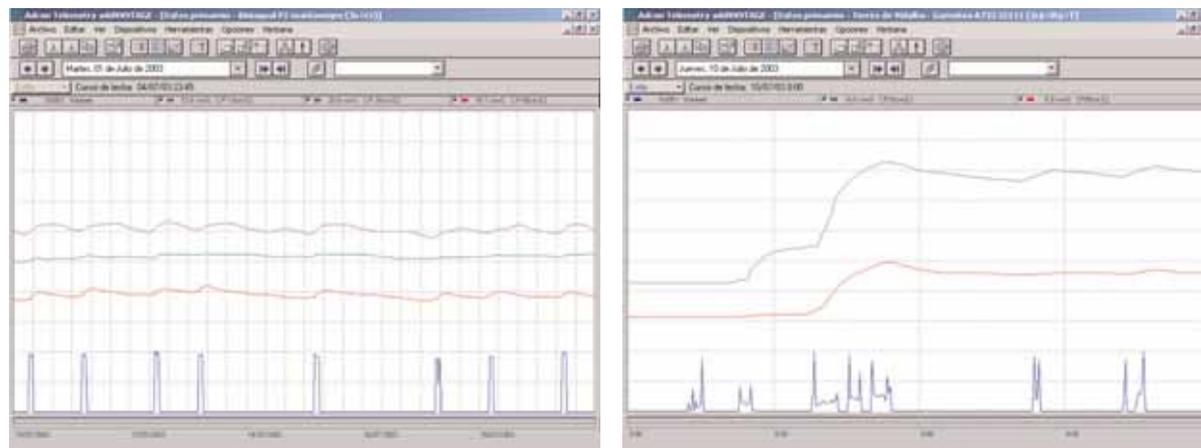
- Netafim, sistema Irriwise (suministrado en España por la firma Regaber): riego gota a gota, incluyendo las aplicaciones para el riego automático, dendrómetros y sensores de humedad del suelo.
- Adcon (representada en España por Verdtech): dendrómetros y sensores de humedad del suelo.



Los episodios de lluvias mantienen la humedad del suelo y la gráfica del dendrómetro se mantiene equilibrada



El dendrómetro indica riesgo de estrés hídrico en el mes de agosto. El riego y las lluvias logran equilibrar la situación



Riego: comparación entre unos goteros de calidad y otros de funcionamiento irregular

3.4. Marco de plantación

Como ya se ha indicado en el apartado 3.3.2, una menor distancia entre hileras de cepas reduce el marco de plantación (MP) sin alterar la superficie foliar efectiva (SFE) de la cepa y, por tanto, aumenta la relación SFE/VSR. Una relación SFE/VSR alta facilita todos los procesos de control del cultivo, pero sobre todo el de la maduración.

La distancia entre cepas de una misma hilera completa la definición del marco de plantación. Esta distancia no influye en la relación SFE/VSR, pero tiene una incidencia decisiva en la rapidez con que se forma la arquitectura de la planta:

- Todos los sarmientos previstos con sus dimensiones óptimas (1,2 m de longitud, 45-55 gr de peso y de 6 a 8 mm de espesor).
- La superficie foliar efectiva (en promedio, 0,14 m² en cada sarmiento) para que la planta sintetice la cantidad de azúcares que va a necesitar en su ciclo vegetativo.

Cuanto antes se forme la arquitectura prevista antes se alcanzará la producción objetivo con la calidad deseada. La experimentación de Mas Martinet ha permitido comprobar que si las cepas de una misma hilera se colocan menos distanciadas, el brazo de producción se forma más rápidamente (cuadro 3.1). También se ha podido verificar que con las cepas más cercanas entre sí, puede lograrse una



distribución más uniforme de los sarmientos. La vid es una planta liana (trepadora, enredadera) y tiende a desarrollar sarmientos de mayor dimensión y densidad en los extremos del brazo de producción (más alejados del tronco). Si las cepas están próximas, este efecto tiene una incidencia menor.

Cuadro 3.1 Influencia de la distancia entre cepas en la formación de la arquitectura de la planta. Doble emparrado

Distancia entre cepas de una misma hilera	Brazo de producción de la cepa	Brazo de producción formado en 3 años
m	m	%
1,5	3	45
1	2	75
0,5	1	100

Con las cepas a 0,5 m, y aplicando la forma de conducción desarrollada por Mas Martinet y el riego, el viñedo puede completar el desarrollo de toda la línea de producción al tercer año. En general, se ha concluido que el incremento de producción que se obtiene al adelantar la formación de la arquitectura compensa sobradamente la mayor inversión en la plantación.

En un doble emparrado con las cepas a una distancia de 0,5 m, la longitud de brazo de producción es de 1 m; si los sarmientos se dejan cada 7 cm, cabrán 14 sarmientos, por lo que la cepa deberá alcanzar un vigor de unos 700 gr (45-55 gr/sarmiento). Ello se logrará mediante el riego (y la fertilización) para compensar las carencias climatológicas y edafológicas que puedan existir. De esta forma, se tendrá el vigor deseado, repartido entre sarmientos de dimensión óptima. Teniendo en cuenta que la SFE de un sarmiento es de 0,14 m² y admitiendo una producción para un primer vino de crianza de 0,6 kg/m² SFE (véase el apartado 3.5), la producción teórica de una cepa sería de:

$$14 \text{ sarmientos/cepa} \times 0,14 \text{ m}^2 \text{ SFE/sarmiento} \times 0,6 \text{ kg/m}^2 \text{ SFE} = 1,18 \text{ kg/cepa}$$

Si las hileras de cepas se separan a 2,5 m, el número de cepas por ha será de 8.000 (10.000/2,5/0,5), y la producción de 9.440 kg/ha (8.000*1,18). Si la distancia entre hileras se reduce a 2 m, ya que se puede trabajar con tractores de menor dimensión, la capacidad productiva teórica alcanzaría los 11.800 kg/ha.

En una finca con miles de cepas, no todas alcanzarán el vigor deseado al mismo tiempo, y habrá que ir ajustando las prácticas de cultivo hasta lograrlo. Es decir, al tercer año se habrá desarrollado el 100% del brazo de producción, pero se necesitará un tiempo mayor para acercarse a la producción teórica del viñedo.

En la práctica, algunas cepas no resultan viables o no alcanzan el vigor que requiere la arquitectura máxima de la planta; en otros casos, la distribución de cabezas y yemas no permite dejar un sarmiento cada 7 cm en promedio y debe limitarse el vigor. Además, a fin de facilitar las labores del cultivo, se tiende a igualar el vigor de todas las cepas en cada una de las áreas en las que puede dividirse el viñedo. **Por todo ello, la producción real suele estar entre el 60% y el 80% de la teórica**, entendiéndose por teórica la que correspondería a la SFE resultante de dejar un sarmiento cada 7 cm.

En conclusión, cuando se aplican técnicas de conducción del vigor, el marco de plantación se determina a partir de tres criterios:

- Relación SFE/VS alta.
- Rapidez en la obtención de la producción objetivo (en cantidad y calidad).
- Paso de la maquinaria.

En términos generales, las técnicas Mas Martinet requieren una alta densidad de plantación (dos primeros criterios), compatible con el paso de la maquinaria, que conviene que sea específicamente de dimensiones reducidas (tractor de 1 m de ancho).

3.5. Clareo de la cepa

La producción de uva con la concentración suficiente para un vino de guardar depende de la superficie foliar efectiva, que determina la capacidad de la cepa para sintetizar los azúcares para la maduración.

La experiencia de Mas Martinet muestra que la producción objetivo con reparto del vigor se sitúa entre 0,5 y 0,9 kg de uva por m² de SFE. Para un primer vino, la producción deberá acercarse al límite inferior, y si se trata de un segundo vino, se utiliza como referencia el límite superior. Los vinos jóvenes aceptarían un límite mayor.

No obstante, estos valores son una referencia basada en tanteos experimentales, pero no responden todavía a una evidencia científica suficiente. Quedan algunas preguntas importantes por responder en relación a la calidad de los polifenoles y de los aromas, y al grado alcohólico probable.



La experimentación y los estudios sobre estas cuestiones tendrán que continuar en los próximos años.

Lo que si se considera suficientemente verificado es que el conjunto de técnicas de conducción del vigor es eficiente en la síntesis de azúcares, por lo que la producción por m^2 de SFE puede ser algo mayor que en una plantación convencional.

Debe quedar claro que esta producción entre 0,5 y 0,9 kg/m^2 de SFE puede obtenerse en forma de uvas grandes y compactas o de uvas pequeñas y sueltas. **La morfología no depende de la producción de la cepa, sino del diámetro del sarmiento**, que se ajusta repartiendo el vigor entre un mayor o menor número de sarmientos productivos. Otras arquitecturas, como la viña en Lyra, están pensadas para aumentar la SFE y, con ello, la producción, pero sin influir en la morfología de la uva.

Con la arquitectura Mas Martinet, cada cepa tiene un mayor número de sarmientos y, por tanto, produce un mayor número de uvas. Para ajustar la producción entre 0,5 y 0,9 kg/m^2 SFE, el clareo de la cepa tiene un mayor protagonismo que en otras arquitecturas (figura 3.10). Del clareo depende:

- Alcanzar la maduración deseada de los granos de uva (concentración, grado alcohólico probable).
- Después de la cosecha, mantener suficientes reservas para reiniciar el crecimiento al año siguiente.

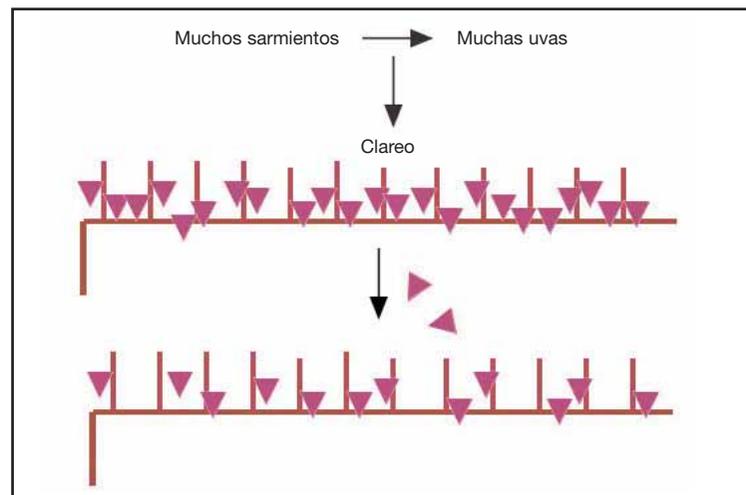


Figura 3.10 Con las técnicas de conducción del vigor, el clareo se hace imprescindible

Para cada variedad de uva, se conoce el rango de peso de una uva suelta, producida con técnicas de conducción del vigor. Mediante este peso, puede calcularse el número de uvas que han de dejarse en cada $cepas^2$ para respetar la producción por unidad de SFE.

² Con técnicas de conducción del vigor, la media se estima entre 0,7 y 0,9 racimos por sarmiento.

En términos generales, conviene realizar el clareo lo antes posible, ya que se considera que no tiene sentido dejar desarrollar unos racimos que luego se van a desechar. También se aprovecha para eliminar las uvas formadas en sarmientos que no han alcanzado el crecimiento óptimo, con objeto de aumentar el conducto de la planta que alimenta esos sarmientos, para lograr su crecimiento completo al año siguiente. El clareo se completa en el envero, con las uvas de morfología más compacta. No obstante, Mas Martinet está experimentando sobre cómo influye el momento y la intensidad del clareo en la maduración y el grado alcohólico probable. El clareo podría diseñarse en función del grado alcohólico que se quiere obtener (por ejemplo, si se desplaza el clareo hasta mediados de setiembre, cuando la maduración ya ha avanzado, puede completarse la maduración de la piel sin aumentar significativamente el grado alcohólico probable).

3.6. Síntesis de los parámetros básicos de control

Cuando se aplican las técnicas Mas Martinet, el vigor de las cepas de la viña, su producción y la calidad de la uva no queda en manos del azar climatológico y de las condiciones edafológicas de cada viña, sino que pueden controlarse mediante cuatro formas de intervención del viticultor (figura 3.10):

- Emparrado y poda en verde (arquitectura de la planta).
- Riego (o fertirriego).
- Marco de plantación.
- Clareo.

La calidad de la uva depende en gran medida de su morfología, lo que a su vez depende de la arquitectura de la planta lograda mediante el emparrado. En cambio, la producción depende de la intensidad del clareo en relación a la SFE de las cepas, según el tipo de vino que se quiera elaborar.

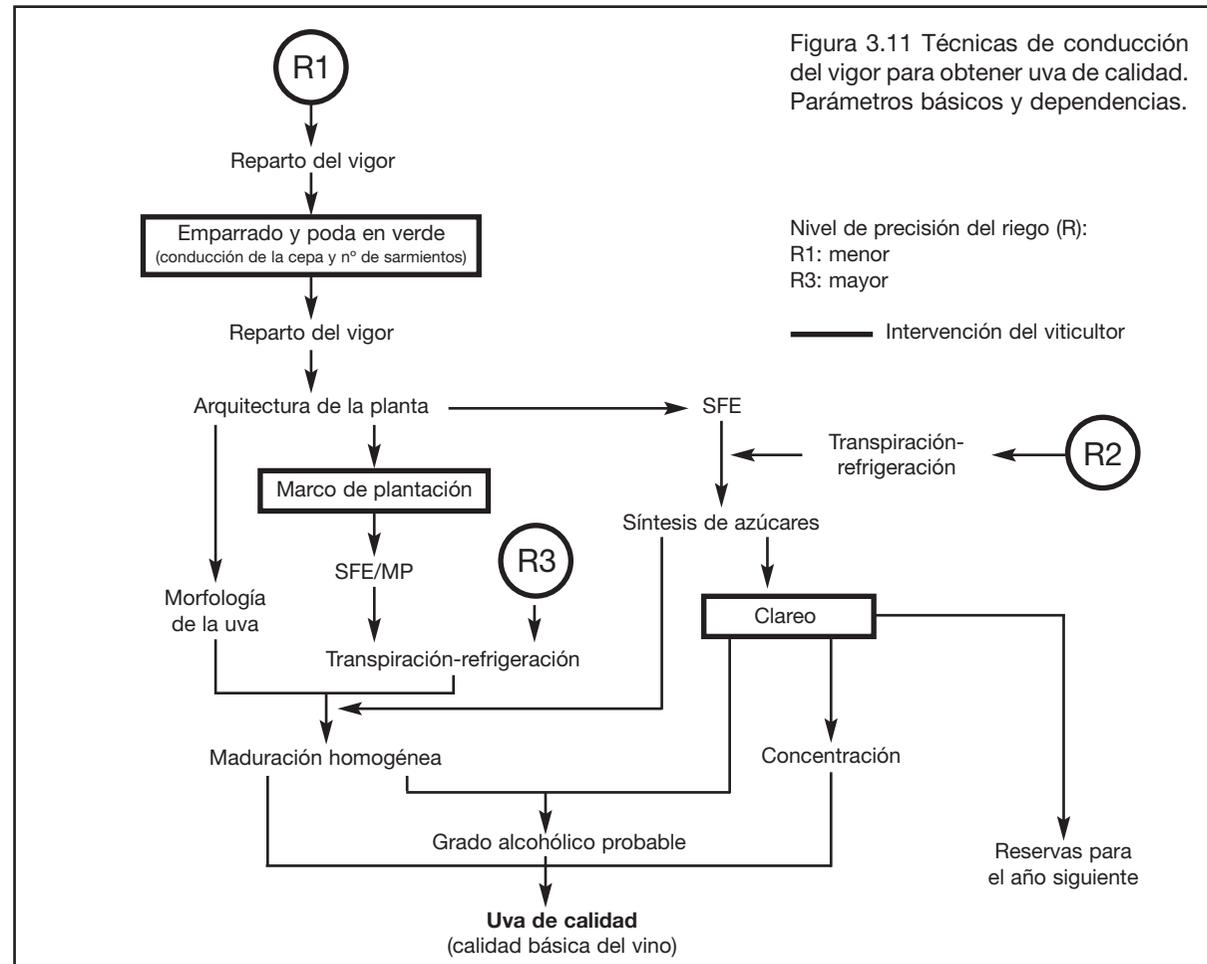
Dentro del marco de plantación, la rapidez con que se alcanza la producción objetivo con la calidad deseada puede controlarse mediante la distancia entre cepas de una misma hilera. La distancia entre hileras, conjuntamente con la arquitectura de la planta, determinan la relación SFE/VSR, es decir, la relación entre la demanda y la oferta de la cepa. Cuanto mayor es la demanda en relación a la oferta, mayor es la capacidad de control frente a las condiciones climatológicas y edafológicas, tanto para intensificar o acelerar los procesos como para ralentizarlos o detenerlos.

La diferencia con los métodos de cultivo más comunes radica en la forma de equilibrar el vigor de la cepa con la arquitectura de la planta:

- En general, los métodos convencionales se basan (sin una justificación precisa) en igualar a la baja: se limita el riego, se limita el abonado, se buscan suelos de baja fertilidad, etc., hasta que el vigor de la cepa es suficientemente bajo para repartirse entre los pocos sarmientos que se dejan en cada cepa.



- El método de conducción del vigor se basa en igualar por arriba: mediante técnicas de emparrado y de riego de precisión, se logra que la cepa exprese todo su vigor varietal para que se reparta en un número de sarmientos mucho mayor. El método tiene, además, un beneficio añadido: la mayor relación SFE/VSR ayuda a independizar la maduración de las condiciones climatológicas.



3.7. Técnicas complementarias

3.7.1 Cubierta vegetal

Tradicionalmente, la viña se labra por dos motivos principales:

- Cerrar los canales de evaporación que se forman en el suelo, a fin de aumentar la retención de agua.
- Eliminar las malas hierbas, porque compiten con la cepa por el agua de lluvia en las épocas de crecimiento y aumentan el riesgo de propagación de plagas.

El labrado tiene también inconvenientes:

- Rompe los grumos de suelo que protegen a la materia orgánica de la degradación aerobia (figura 3.12)
- Crea un lodo superficial que impide la penetración del agua y aumenta la escorrentía y con ello el riesgo de erosión.

Figura 3.12 Desprotección física de la materia orgánica por efecto del labrado



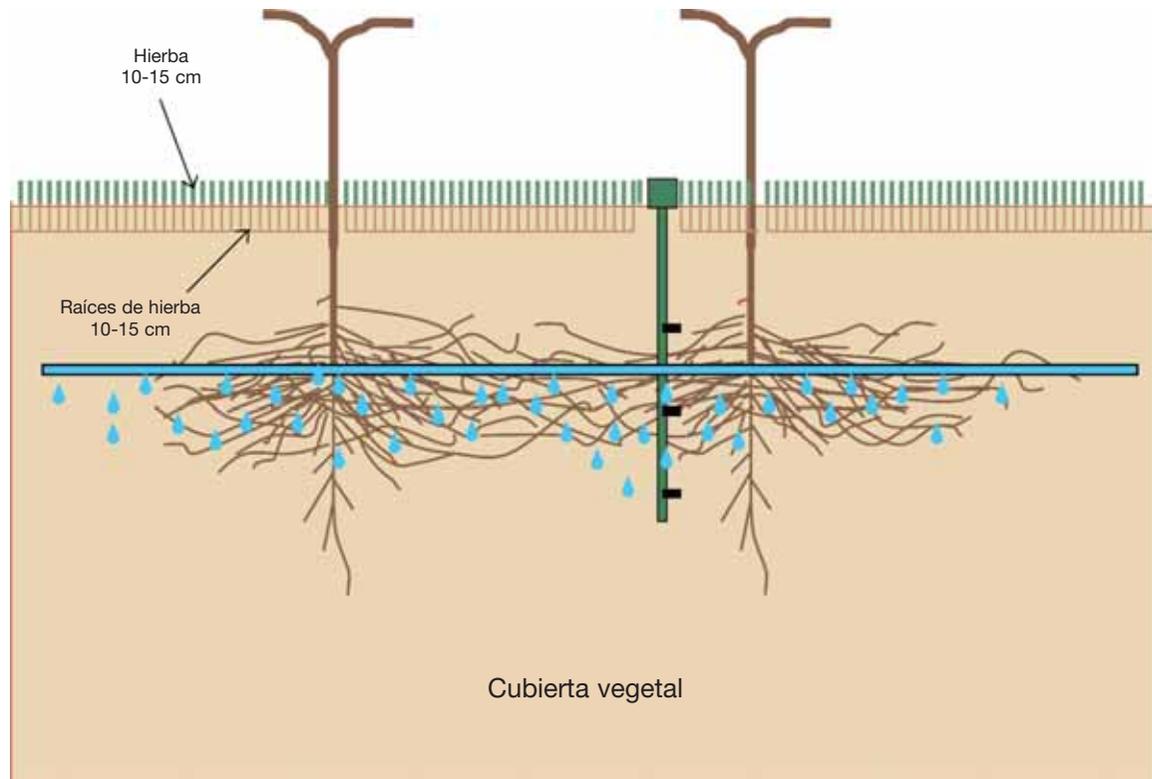
Una alternativa al labrado que utilizan algunas plantaciones convencionales es la aplicación de herbicidas.

Las técnicas de conducción del vigor no contemplan en ningún caso el labrado del viñedo, ya que son perfectamente compatibles con el desarrollo de una cubierta vegetal, tanto en las terrazas como en los taludes. La cubierta vegetal no responde a una supuesta necesidad de reducir el vigor de la cepa, aumentando la competencia por el agua, sino a las notables ventajas que aporta³:

³ La implantación de una cubierta vegetal está en línea con las recomendaciones de la Unión Europea a través de la Política Agraria Común (PAC). En concreto, la lucha contra la erosión en medios frágiles promovida por la PAC fomenta la medida siguiente para cultivos leñosos en terrazas: “En las parcelas con pendientes medias superiores al 10 % y con suelos de permeabilidad insuficiente, para evitar los problemas de escorrentía, será obligatorio el establecimiento de cubiertas vegetales en el centro de las calles, que cubran un mínimo del 50 % de la superficie, a partir de la flora espontánea o recurriendo a la siembra de especies cultivadas, siendo en todo caso obligatoria la inmediata corrección de los efectos puntuales ocasionados por las escorrentías producidas por las lluvias torrenciales.” (véase también el Anexo II del RD 708/2002).



- La hierba debe cortarse periódicamente (desbrozado) para permitir el trabajo en la terraza y mejorar las condiciones sanitarias del cultivo. La hierba cortada se deja sobre la terraza y se crea un biotopo que convierte la materia orgánica en humus, lo que aumenta la fertilidad del suelo y su resistencia a la degradación (erosión, compactación).
- La hierba evita el impacto directo del agua de lluvia sobre el suelo, lo que disminuye la formación de costras que favorecen la escorrentía superficial. De esta forma, aumenta la infiltración de agua hacia las raíces y se previene la erosión.





Cubierta vegetal en formación

El desarrollo de la cubierta vegetal con hierba rastrera puede hacerse de dos formas:

- Plantar la hierba rastrera adecuada (reproducción por espolones y raíces poco profundas, de forma que sólo compita por la humedad superficial del suelo, que es muy efímera y tiene una incidencia menor en la vid).
- Cortar otras hierbas espontáneas antes de la floración, de manera que no pueda reproducirse, y dejar que la hierba rastrera acabe colonizando el suelo.



Hierba rastrera

Por otra parte, se ha comprobado que el labrado en terrazas con una única hilera exterior de cepas acaba rebajando la parte inferior del talud superior. La tierra removida se acumula en la parte interior de la terraza y puede llegar a cambiar el sentido de la pendiente transversal de las terrazas, lo que comportaría la quiebra del sistema de desagüe longitudinal, con grave riesgo para la estabilidad de todo el abancalamiento.



3.7.2 Control de enfermedades y plagas

El riesgo para la vid se concentra principalmente en tres enfermedades causadas por hongos:

- Oidio (Cendrosa): los daños más importantes se localizan en los racimos, ya que los ataques fuertes provocan la detención del crecimiento de la piel, por lo que ésta se agrieta y se raja el fruto. También se produce un mal agostado de los sarmientos y se favorece la penetración de la podredumbre gris (*Botrytis cinerea*).
- Mildiu: esta es una de las enfermedades más conocidas y más graves, ya que si las condiciones ambientales le son favorables, puede atacar a todos los órganos verdes de la vid, provocando la pérdidas de hasta el 50% o más de la cosecha.
- *Botrytis* (podredumbre gris): se manifiesta en los órganos herbáceos (hojas, brotes e inflorescencias), en las estacas-injerto en cámara caliente de estratificación y principalmente sobre los racimos.

Con carácter general, pueden aplicarse tres estrategias de control de estas enfermedades:

- Aplicación sistemática de productos fitosanitarios en varios momentos del ciclo vegetativo de la vid, con independencia del riesgo existente. Cada año se repiten las mismas aplicaciones.
- Modelo colectivo: las aplicaciones de productos fitosanitarios siguen las instrucciones de una entidad de la comarca vinícola, creada por los gobiernos locales o por asociaciones de agricultores. Estas entidades basan sus recomendaciones en modelos generales de evaluación del riesgo, alimentados con datos climatológicos de las estaciones ubicadas en la comarca.
- Modelo específico: cada explotación aporta un conjunto de datos específicos de su propia finca a un modelo interactivo de evaluación del riesgo, lo que permite obtener resultados más ajustados a la realidad de la explotación.

Esta última estrategia es la que se ha experimentado, aplicando un modelo específico holandés. Al modelo hay que aportarle periódicamente la siguiente información:

- Velocidad de crecimiento de la planta.
- Estado vegetativo (momento del ciclo en qué se encuentra).
- Variedad de uva (más o menos sensible).
- Grado de densificación o compactación de la vegetación.
- Datos climatológicos de la finca; para ello, conviene instalar en la viña una estación meteorológica.
- Datos climatológicos históricos de la estación más cercana o representativa.
- Condiciones particulares de la finca (presencia de alguna enfermedad o plaga en una explotación vecina, alguna cepa afectada en la propia finca, etc.).



Estación meteorológica en la viña

El modelo devuelve el riesgo al que está sometida la viña para las distintas enfermedades. Si el riesgo supera un determinado umbral, hay que aplicar un tratamiento preventivo. Si no se actúa correctamente, el modelo vuelve a avisar y entonces puede indicar la aplicación de un plaguicida curativo, normalmente de mayor toxicidad que el preventivo.

Fungicidas para el control de las enfermedades de la vid

Las principales enfermedades que atacan a la vid están causadas por hongos fitopatógenos. Los fungicidas que se utilizan para el control de estas enfermedades pueden clasificarse, según su forma de actuar en relación a la planta, en tres grupos:

- De contacto: actúan sobre los órganos verdes que hayan sido impactados por el producto. Se utilizan de forma preventiva, es decir, para evitar que la enfermedad se instale en la planta. Una vez la enfermedad está instalada, ya no sirven para eliminarla (no son curativos). Una lluvia superior a 10 l/m² lava el producto y la planta queda desprotegida. Otro inconveniente es que su acción se limita a los órganos tratados (con los que ha habido contacto), los formados después del tratamiento no quedan protegidos.
- Penetrantes: como su nombre indica, penetran en los órganos tratados, por lo que no son lavados por las lluvias. Tienen efectos preventivos y curativos (una vez la enfermedad ya ha afectado a la planta). No protegen a las partes no tratadas.
- Sistémicos: penetran en el interior de los tejidos y son transportados por la savia, por lo que protegen también a los brotes que se forman después de la aplicación. Son esencialmente curativos y no son lavados por la lluvia.

Los fungicidas preventivos de contacto a base de compuestos de cobre y azufre son los más utilizados. Son también los más respetuosos con el medio ambiente, ya que se trata de principios activos existentes en la naturaleza.

Los fungicidas penetrantes y sistémicos son sintéticos y, por tanto, extraños al medio ambiente. Si se utilizan, es preciso alternarlos para que los hongos no adquieran resistencia.



Se requiere acumular experiencia y seguir una curva de aprendizaje en el uso del modelo, para introducir los datos apropiados en cada momento y para interpretar los resultados. Pero si ello se logra, el modelo es muy efectivo y permite evitar numerosas aplicaciones innecesarias en relación a las otras dos estrategias, con el consiguiente ahorro económico y ambiental. Puede decirse que con el modelo específico y la experiencia puede llegar a hacerse una verdadera gestión del riesgo. Por ejemplo, los resultados de Mas Martinet en el Priorat durante el año 2006 fueron los siguientes:

- Tratamiento sistemático del oidio: 6 aplicaciones (preventivas y curativas); Mas Martinet: 2 aplicaciones preventivas.
- Tratamiento sistemático del Mildiu: 5 aplicaciones; Mas Martinet: ninguna.
- Tratamiento sistemático de la Botrytis: 3 aplicaciones; Mas Martinet: ninguna.

El modelo colectivo de la comarca dio unos resultados intermedios.

La minimización del uso de funguicidas mediante un modelo específico puede considerarse suficientemente experimentada, con buenos resultados.

En el Priorat, las bodegas suelen seguir el modelo colectivo, mientras que los agricultores que venden la uva prefieren los tratamientos sistemáticos para evitar cualquier riesgo, salvo que sus clientes les indiquen otra forma de proceder.

Entre otras enfermedades y plagas que se controlan, pero fuera del alcance del modelo, cabe destacar:

- Polillas del racimo: se trata de una plaga, cuyos daños están provocados por las larvas de la primera generación, que destruyen los botones florales, flores e incluso frutitos recién cuajados. Las larvas de segunda y tercera generación producen daños más severos e incluso pérdida de cosecha. Se utiliza el sistema de trampas para el conteo de mariposas, y se decide cuándo es necesario aplicar un insecticida.
- Podredumbre de las raíces: es una enfermedad causada por el hongo *Armillaria mellea* que se instala en las raíces de la cepa y causa su pudrición. Afecta a cepas concretas y sólo se extiende por contacto entre las raíces. No tiene tratamiento. La cepa afectada debe arrancarse, limpiar el hoyo, taparlo y retirar el riego. Antes de plantar la viña hay que eliminar todas las raíces y voltear la tierra para que se airee y se seque, lo que causa la inactivación del hongo.



4. Gestión integrada sostenible de la viticultura de montaña

La integración de las técnicas de aterrazamiento con las de conducción del vigor permite desarrollar una viticultura de montaña sostenible desde el punto de vista ambiental, económico y social, a partir de dos pilares:

- En las terrazas ecodiseñadas, se utilizan los dos tipos de nuevos emparrados de forma que se logra un aprovechamiento óptimo del suelo, clave para aumentar la productividad de los restantes factores de producción. En función del perfil topográfico del terreno natural, se combina la plantación en los taludes con la plantación en las terrazas propiamente dichas, a fin de obtener los mejores resultados.
- Acabada la plantación, se obtiene y elabora toda la información necesaria sobre el estado del suelo, de la planta y del entorno, para facilitar la toma de decisiones sobre la aplicación de las restantes técnicas de control del vigor. Con esta finalidad, se implanta un control integral de la viña.

Una de las características principales de esta viticultura es el control de la maduración de los granos de uva, de forma homogénea y con una baja dependencia de la climatología.

4.1. Productividad del suelo: plantación en la terraza o en el talud

Tal como se ha expuesto en el apartado 2.2.1, una de las condiciones fundamentales de diseño de las terrazas es limitar la altura del talud para asegurar su integración en el paisaje. Una vez fijada, esta altura debe mantenerse constante en toda la longitud de las terrazas. Con ello se logra que las terrazas tengan una pendiente uniforme del 3%, a fin de evacuar las aguas de lluvia de forma controlada para prevenir la erosión.

Por otra parte, la pendiente del talud de las terrazas no puede sobrepasar un máximo a partir del cual el riesgo de inestabilidad es significativo. Este máximo teórico, que puede estimarse mediante ensayos de corte del suelo suficientemente representativos, debe afectarse además de un coeficiente de seguridad. Como ya se ha dicho, la amplia experiencia de Mas Martinet en la construcción de terrazas en el Priorat demuestra que los taludes de hasta 65° de inclinación son seguros¹, siempre que se aplique la técnica constructiva descrita en el apartado 2.2.3.

¹ En algunos viñedos, se ha llegado a 70° con buenos resultados



Puesto que las terrazas han de tener una anchura mínima para el paso de la maquinaria (1,3 m) y constante, la mayor dificultad para mantener la altura del talud por debajo de 1,5 m sin que su inclinación sea mayor de 65° se produce en la zona de la finca donde la pendiente natural es máxima. Si en otras zonas de la finca, la pendiente natural disminuye, podrá mantenerse la altura del talud suavizando su inclinación.

Por tanto, la construcción de las terrazas ha de empezar por la zona de la finca donde la pendiente natural es máxima. En este punto, debe decidirse si se va a plantar la viña en la terraza o en el talud, ya que esta decisión determinará la altura del talud y, puesto que esta altura tendrá que mantenerse constante, determinará también la plantación en terraza o talud, si la pendiente natural disminuye a lo largo de las terrazas.

Para tomar esta decisión básica, deben fijarse en primer lugar las condiciones de diseño de las terrazas. Tal como se ha expuesto en el apartado 2.2, en el estado actual de la experimentación, Mas Martinet aplica las siguientes condiciones de diseño:

- Altura máxima de talud: 1,5 m (2 m, si se planta en el talud).
- Anchura de las terrazas: 1,3 m.
- Inclinación máxima del talud: 65°.
- Longitud máxima del talud para inclinaciones suaves (orientativamente, < 25 %): 11 m.
- Longitud máxima del talud para inclinaciones > 25 %: 6 m.
- Tipo de emparrado: doble emparrado cuando se planta en el talud y emparrado en círculo cuando se planta en la terraza (también puede utilizarse el doble emparrado, especialmente si las terrazas tienen un trazado poco sinuoso).

Una vez fijadas estas condiciones, pueden presentarse dos casos en relación a la pendiente natural del terreno:

- La pendiente natural se mantiene sensiblemente constante a lo largo del recorrido longitudinal de las terrazas (aunque puede variar transversalmente, en la dirección cumbre-valle).
- La pendiente natural disminuye de forma significativa a lo largo del desarrollo de las terrazas.

En el primer caso, la mejor solución es plantar en la terraza sea cual sea la pendiente natural (cuadro 4.1).



Cuadro 4.1 Comparación entre plantación en talud y en terraza, con pendiente natural constante

	Pendiente natural (%)	20	30	40	50	60
Plantación en la terraza con círculos	Anchura terrazas (m)	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
	Inclinación del talud (°)	32	43	51	58	62
	Altura talud (m)	0,38	0,57	0,77	0,95	1,15
	Longitud talud (m)	0,7	0,8	1,0	1,1	1,3
	Nº de terrazas por ha	52	52	52	52	52
	SFE teórica (m²/ha)(1)	24.504	24.504	24.504	24.504	24.504
Plantación en el talud con doble emparrado	Anchura terrazas (m)	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
	Inclinación del talud (°)	14	22	32	42	52
	Altura talud (m)	1,31	1,51	1,44	1,46	1,47
	Longitud talud (m)	5,4	4,0	2,7	2,2	1,9
	Nº de terrazas por ha	15	19	27	34	40
	SFE teórica (m²/ha)(2)	18.371	17.796	16.774	16.605	16.920
SFE teórica (altura talud <2 m)	19.757	19.036	18.629	18.680	18.856	

SFE teórica: superficie foliar efectiva de todas las cepas plantadas en 1 ha; calculada para sarmientos de 0,14 m² de SFE, con una separación media entre sarmientos de 7 cm.

(1) El factor limitante es la proyección horizontal del talud (parámetro p en la figura 2.2), que debe ser superior a 0,6 m, para que el aro de la terraza superior no interfiera el paso en la terraza inferior (con una holgura suficiente). Ello impide adoptar taludes de mayor inclinación.

(2) El factor limitante es la altura del talud (máximo 1,5 m), que impide adoptar taludes de menor inclinación. Si la altura del talud se limita a 2 m, la SFE resultante aumentan hasta los valores de la fila inferior

Si a lo largo de las terrazas la pendiente disminuye, la inclinación del talud tendrá que disminuir también para mantener constante la altura, de forma que la proyección horizontal del talud (distancia entre dos terrazas consecutivas) aumentará. Con esta nueva geometría, puede interesar seguir plantando en la terraza o cambiar de la terraza al talud. En función de la pendiente máxima y de la amplitud de las variaciones longitudinales de la pendiente, el óptimo será diferente. Para obtener un resultado preciso, es necesario elaborar un modelo en tres dimensiones, que permita introducir la topografía del



terreno y las condiciones de diseño de las terrazas. No obstante, a partir de un modelo bidimensional pueden establecerse unos criterios orientativos:

- Si la pendiente media del terreno es sólo algo menor que la máxima (por ejemplo, hasta un 33% menor), convendrá plantar todo el viñedo en la terraza.
- Si la pendiente media del terreno es mucho menor que la máxima (por ejemplo, a partir de un 66% menor), convendrá plantar todo el viñedo en el talud.
- En los casos intermedios, convendrá empezar plantando en la terraza y cambiar al talud en un punto del desarrollo del viñedo que dependerá del valor de la pendiente media: cuanto más alejada esté la pendiente media de la máxima, antes convendrá cambiar a plantación en el talud.

En todo caso, hay que tener en cuenta que plantar en el talud dificulta las labores de viticultura:

- El riego de precisión de las cepas intermedias (que no están sobre la terraza, sino en el talud) es más complicado por estar en pendiente.
- El acceso a las cepas intermedias puede requerir ascender a pie por el talud. Si la pendiente del talud supera el 30-35%, es necesario instalar escaleras.

Pero también tiene ventajas:

- La altura de los taludes es mayor, por lo que hay que construir menos terrazas.
- El doble emparrado es más barato que el emparrado con aros.

En general, sólo convendrá plantar en el talud cuando la ganancia de SFE sea significativa (por ejemplo, superior al 15%), aunque ello dependerá del criterio de cada viticultor.

Una forma de facilitar el cultivo en talud es plantar sólo las dos cepas extremas en las terrazas, y dejar que la planta liana desarrolle su brazo de producción a lo largo del talud sin cepas intermedias. Para ello, Mas Martinet está experimentando a fin de responder a dos preguntas:

- Mediante el riego, ¿es posible acelerar el crecimiento de la planta para formar todo el brazo de producción en un menor número de años?.
- ¿Cómo varía la calidad de la uva a medida que los sarmientos se alejan de la cepa?.

Los resultados de esta experimentación todavía no están disponibles.



Para hacer patente el incremento de la productividad que se logra combinando las técnicas de aterramiento con las de conducción del vigor, el cuadro 4.2 compara la superficie de suelo necesaria para producir 10.000 kg de uva (equivalente a unas 8.600 botellas de vino), para tres formas de cultivo:

- Terrazas convencionales con las siguientes características:
 - Anchura de terraza: 2,3 m (2 hileras de cepas en cada terraza).
 - Inclinación del talud: 45° (100%).
 - Formación: cordon royat.
- Terrazas Mas Martinet y emparrado en aros en la terraza.
- Terrazas Mas Martinet y doble emparrado en el talud.

En todos los casos, la pendiente natural del terreno se ha supuesto constante del 40%.

Tal como muestra la experiencia, se admite que la SFE real es el 65% de la teórica (véase el apartado 3.4). Esto también ocurre en las plantaciones convencionales, puesto que algunas cepas no son viables y otras no alcanzan la SFE esperada.

De forma coherente con el cuadro 4.1, el emparrado en aros proporciona los mejores resultados. Se requiere algo más de 1 ha de terreno para producir 10.000 kg de uva de calidad. La plantación convencional tiene una productividad más baja y se requieren más de 3 ha de terreno.

Nótese que si se recogen 6.000 kg/ha en una plantación convencional como la considerada, la producción resultante por m² de SFE es de 1,3 kg, muy alta para elaborar un vino de calidad, que pueda soportar un buen proceso de envejecimiento. El parámetro importante no es la producción por ha, tal como suelen limitar las reglamentaciones, sino la **producción por m² de SFE realmente desarrollada en las cepas productivas**.

En otras palabras, para cada terruño, variedad, clima, etc., se puede llegar a evaluar la relación óptima entre SFE y producción de uva de calidad, pero no existe ninguna relación óptima por ha. Tal como se ha expuesto en los apartados anteriores, conviene recordar que **la producción no está ligada al número de sarmientos**, sino a la SFE; el número de sarmientos depende del vigor de la cepa a fin de obtener uvas con la morfología adecuada para su calidad.



Cuadro 4.2 Comparación de la productividad de distintos diseños de viña de montaña
(pendiente natural del terreno: 40%)

Terrazas		Convencional	Mas Martinet	
Emparrado		Cordon royat	Doble emparrado en el talud	Círculos en la terraza
Inclinación talud	°	45	32	55
Anchura terraza	m	2,3	1,3	1,3
Nº de terrazas	ud/ha	26	27	52
Altura del talud	m	1,5	1,4	0,7
Longitud de brazo de producción por ha	m/ha	5.200	8.180	12.252
Nº de cepas	ud/ha	4.333	8.180	6.500
Nº teórico de sarmientos	ud/ha	52.000	116.862	175.032
SFE por sarmiento	m ² /ud	0,14	0,14	0,14
SFE teórica por ha	m ² /ha	7.280	16.361	24.504
SFE real por ha (65%)	m ² /ha	4.732	10.634	15.928
Producción real de calidad (primer vino) ⁽¹⁾	kg/m ²	0,6	0,6	0,6
Producción real de calidad (primer vino)	kg/ha	2.839	6.381	9.557
Superficie necesaria para producir 10.000 kg al año	ha	3,5	1,6	1,1

(1) Véase el apartado 3.5





Dendrómetro y sensor de humedad del suelo



Transmisor de datos de la viña a la oficina central

4.2. Control integral de la viña

Una vez desarrollada la plantación, cada año es necesario gestionar el cultivo:

- Ajustar el vigor de las cepas al requerido para la formación de la arquitectura de la planta propia de las técnicas de conducción del vigor.
- Decidir el momento y la duración del riego.
- Aplicar los tratamientos necesarios para el control de enfermedades y plagas.

Con objeto de recopilar y elaborar la información necesaria en cada momento para la toma de decisiones de gestión del cultivo, el viñedo se divide en parcelas que puedan comportarse de forma similar en relación al vigor y a su respuesta frente al riego:

- Condiciones edafológicas (fertilidad, porosidad, etc.).
- Variedad de cepa.
- Riego enterrado o superficial.

Las parcelas resultantes tendrán una superficie variable según cada caso (por ejemplo, desde 0,5 ha a varias ha).

Para ajustar el vigor de las cepas, cada año, durante la poda de invierno, se sigue la metodología siguiente:

- En cada parcela, se seleccionan al azar 30 ó 35 cepas testigo.
- Los sarmientos de cada cepa testigo se clasifican según sus dimensiones y se pesan para obtener el vigor. En función de los resultados, se decide la pauta de riego (fertirriego) y se determinan los objetivos de producción de la parcela para el año siguiente.

Como ya se ha dicho, alcanzar una producción próxima al objetivo puede requerir varios años, una vez la cepa ha desarrollado todo el brazo de producción.

Para obtener la información de soporte a las decisiones de riego, en cada parcela se instala:

- 2 dendrómetros, en dos cepas representativas.
- 2 sensores de humedad del suelo, junto a los dendrómetros.
- 1 transmisor de radio: envía las lecturas de los dendrómetros y de los sensores al ordenador central, desde donde se controla la explotación de la finca.



Se instala, además, una estación meteorológica en la viña (válida para todas las parcelas), equipada para medir los siguientes parámetros:

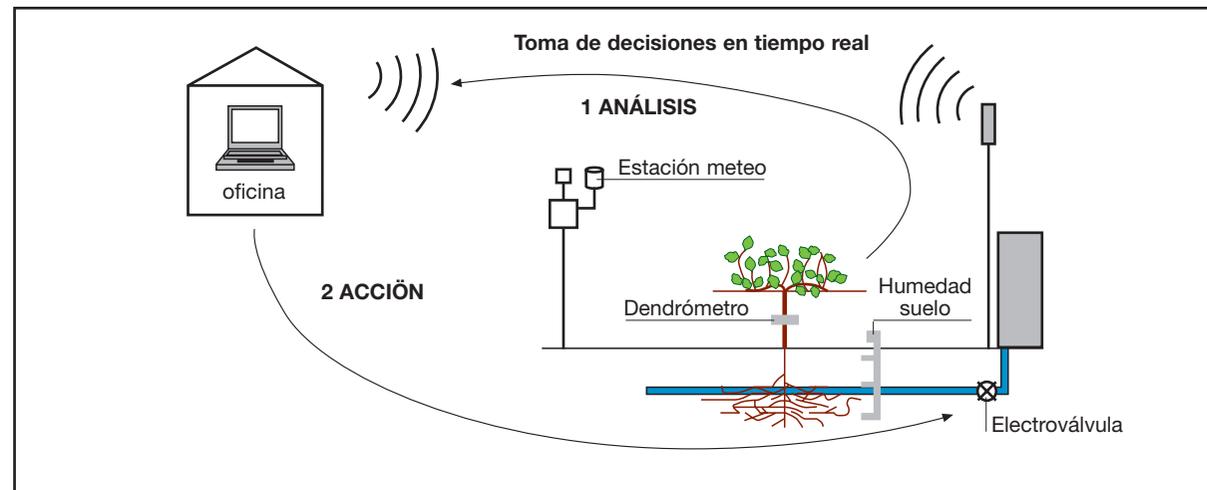
- Temperatura ambiente.
- Temperatura del suelo.
- Pluviometría.
- Humedad relativa.
- Intensidad y dirección del viento.
- Humedad de las hojas de la vid.
- Radiación solar.

La estación meteorológica² tiene funciones diversas:

- Complementar la información de los dendrómetros y sensores para gestionar el riego.
- Obtener previsiones meteorológicas útiles para planificar las labores de viticultura.
- Aportar los datos que precisa el modelo de control de enfermedades y plagas.

La información medida por los equipos instalados en la viña se transmite hasta el ordenador central, donde se almacena y se procesa para facilitar la toma de decisiones en tiempo real. A su vez, las órdenes de riego de cada parcela pueden ejecutarse desde el control central, actuando sobre las electrovál-

Figura 4.1 Tecnologías de la información aplicadas a la viticultura



² La experimentación de Mas Martinet relativa a las estaciones meteorológicas se ha llevado a cabo con la colaboración de la empresa Adcon (representada en España por Verdtech).

vulas que abren o cierran el paso del agua en los distintos niveles de la finca. El sistema registra el momento de inicio y la duración del riego en cada nivel y parcela, así como el caudal de agua empleado.

Toda la información que se genera, ya sea mediante dispositivos automáticos (por ejemplo, caudal de riego o variaciones del dendrómetro) o mediante elaboración manual (dimensiones de los sarmientos, aplicaciones de plaguicidas, etc.) ha de quedar registrada y es objeto de una contabilidad analítica, puesto que lo que no se mide no se puede gestionar. Se trata finalmente de lograr la trazabilidad de la calidad de cada partida de uva y del vino con las decisiones de gestión del cultivo.

De esta forma, a través de la experiencia que se va acumulando y con ayuda de modelos relacionales y de interpretación de datos, puede lograrse una mejora continua de la productividad, la calidad, el ahorro de recursos y la protección ambiental.

Estas técnicas son especialmente adecuadas para plantaciones de montaña, cuyo tamaño suele ser pequeño (de unas pocas hectáreas a unas pocas decenas de hectáreas). El potencial de aplicación a grandes explotaciones, de centenares o miles de hectáreas, es menor, ya que tienden a introducir criterios empresariales de estandarización de procesos, fácilmente repetibles de forma sistemática.

4.3. Viticultura de montaña ecoeficiente

Las técnicas Mas Martinet logran una viticultura ecoeficiente, es decir, que incrementa el valor añadido económico al tiempo que disminuye los impactos ambientales, al reducir el uso de recursos naturales y prevenir su degradación o contaminación (aporta más con menos).

Por ejemplo, una bodega puede obtener su producción de botellas de vino, que decide a partir de consideraciones empresariales y de mercado, ocupando mucho menos suelo que mediante técnicas convencionales. La eficiencia en el uso del suelo tiene consecuencias ambientales de gran importancia en forma de preservación del paisaje, reducción de la erosión, ahorro de agua y fertilizantes, etc. Al mismo tiempo, la calidad de la uva aumenta su valor, y ello se logra con una baja dependencia de las condiciones climáticas.

4.3.1 Sostenibilidad ambiental

La integración de las técnicas de diseño y construcción de terrazas y de conducción del vigor, juntamente con las técnicas complementarias de cubierta vegetal y predicción de enfermedades, permiten desarrollar una viticultura de montaña ambientalmente sostenible. El cuadro 4.3 sintetiza los beneficios ambientales, que se han expuesto con detalle a lo largo del Manual.



Cuadro 4.3 Síntesis de los beneficios ambientales

Beneficios/técnicas		Diseño optimizado de terrazas	Conducción del vigor y fertirrigación de precisión	Cubierta vegetal en terrazas y taludes	Modelo de predicción de enfermedades
Preservación del paisaje	Integración armónica de las terrazas. Usos del suelo en mosaico, sin monopolización por la viña	X	X		
Conservación del suelo y de su fertilidad	Prevención de la erosión, compactación y pérdida de materia orgánica	X		X	
Prevención de la contaminación	Minimización de escorrentías y lixiviados contaminantes (nutrientes, tóxicos)		X	X	X
Mayor productividad de los recursos	Mayor y mejor producción (uva) con menores insumos (suelo, agua, fertilizantes, plaguicidas)		X		X

4.3.2 Sostenibilidad económica y social

La viabilidad económica de las técnicas para la sostenibilidad ambiental se ha evaluado en dos supuestos:

- Explotación pequeña (2 ha) de un agricultor autónomo que trabaja su propia viña y vende la uva a un productor de vino. Dispone de un tractor pequeño. La bodega le suministra la información básica sobre prevención de enfermedades y pautas de riego.
- Explotación de 15 ha de una empresa productora de vino. Contrata personal para las labores del cultivo. Dispone de maquinaria propia y de oficina central para la elaboración de la información y la toma de decisiones.

La viña se implanta en un terreno con pendiente natural del 40%, mediante terrazas de 1,3 m de anchura y emparrado en aro con plantación en terraza. En ambos casos se aplican técnicas de gestión integrada Mas Martinet. La producción objetivo real por ha se fija en 9.500 kg/a (véase el cuadro 4.2). Se hace la hipótesis de que la producción de uva evoluciona de la forma siguiente:

- Año 1: 0% sobre la producción objetivo real.
- Año 2: 30%.
- Año 3: 80%.
- Año 4: 100%.

Los objetivos de producción se resumen en el cuadro 4.4.

Cuadro 4.4 Hipótesis de producción para la evaluación económica (conducción del vigor)

Tipo de explotación	Viña		Producción real
	ha	Nº parcelas	Kg/a
Agricultor autónomo	2	1	19.000
Empresa vinícola	15	8	142.500

El cuadro 4.6 muestra la inversión y los costes de explotación anuales en los dos casos planteados.

Para el cálculo de los resultados económicos, se hacen las siguientes hipótesis:

- Inflación constante del 2,5% anual.
- El agricultor realiza la totalidad de la inversión con capital propio.
- La empresa financia un 40% de la inversión a un interés nominal del 5%, con liquidaciones trimestrales (5,1% TAE) y un 0,25% de comisión de apertura.
- El precio de venta o valor de la uva es de 1,4 euros/kg.

Los resultados económicos se resumen en el cuadro 4.5.

Cuadro 4.5 Viabilidad económica del viñedo con técnicas Mas Martinet

		Agricultor	Empresa
TIR de proyecto a 20 años	%	9,6	0,24
TIR financiera (apalancada)	%		0,35
Periodo de retorno de la inversión	años	11	20
Beneficio antes de impuestos, una vez alcanzada la producción objetivo	euros/a (euros 2007)	20.000	50.000



Los beneficios anuales del agricultor pueden considerarse suficientes. La empresa tiene una TIR baja, puesto que su negocio principal es la venta del vino.

Además del valor añadido ambiental y económico, directo e inducido, las técnicas Mas Martinet contribuyen también a la sostenibilidad social con dos aportaciones específicas destacables:

- La cantidad y la calidad de la cosecha de uva se logra independizar, en buena parte, del azar climático. Este hecho, conjuntamente con la alta productividad de los recursos, proporciona una viabilidad económica robusta, en buenas condiciones para soportar los vaivenes del mercado. Con ello, se gana en estabilidad del empleo.
- La utilización de las tecnologías de la información, los sistemas de contabilidad analítica y ambiental, la gestión del cultivo basada en modelos relacionales y de interpretación de datos, requieren un trabajo intelectual importante, susceptible de adaptación y mejora continua. En consecuencia, se crean puestos de trabajo más cualificados, con mayores posibilidades de formación continua en una diversidad de materias y, por tanto, más atractivos para los jóvenes y las jóvenes y, en particular, más accesibles a la mujer.

Por otra parte, las técnicas de acceso a las terrazas y de control fitosanitario suponen una mejora en la seguridad laboral de los trabajadores.



Cuadro 4.6 Inversiones y costes de explotación para la evaluación económica de las técnicas Mas Martinet

Pendiente natural: 40%. Terrazas: inclinación del talud: 52°, anchura de terraza: 1,3 m, 5.200 ml de terraza/ha
 Emparrado: aros de 0,6 m de diámetro, cada 0,8 m; brazo de producción de un aro = 1,88 m, SFE = 3,6 m²/aro; n° de sarmientos = 26 sar/cepa
 Número de aros/cepas por ha = 6.500 (5.200/0,8); SFE teórica = 24.500 m²/ha; producción real: 9.500 kg/ha
 Viña de 2 ha: 1 parcela. Explotación de un agricultor autónomo que vende la uva a un productor de vino
 Viña de 15 ha: 8 parcelas. Explotación de una empresa productora de vino

Inversión		Amortización (a)	Depreciación (a)	2 ha	15 ha
Aterrazamiento (incluye desbrozado de árboles o arbustos, eliminación de raíces y desmenuzamiento de piedras)	30.000 euros/ha	20		60.000	450.000
Cepas	1 euro/cepa	20		13.000	97.500
Emparrado	5 euros/cepa	20		65.000	487.500
Maquinaria	Tractor, remolque, plaguicidas		10	9.0000	30.000
Cajas y otras herramientas			10	4.000	8.000
Balsa de riego		20		24.000	54.000
Instalación de riego (incluye caseta, tanques de almacenamiento de fertilizantes, bombas, programador, etc.)	12.000 euros/ha		15	24.000	180.000
Estación meteorológica + contrato previsión plagas			15	0	6.000
Sensores de humedad del suelo + dendrómetro + registro y transmisión de datos (datalogger)	2 puntos de medida x parcela		10	3.000	24.000
Total inversión				202.000	1.337.000
Costes de explotación					
Personal				0	90.000
Productos fitosanitarios				1.200	9.000
Mantenimiento de la maquinaria				450	1.500
Previsión enfermedades y mantenimiento equipos				0	3.000
Diversos (seguros, consumibles, etc.)				500	5.000
Total costes				2.150	108.500



5. Conclusiones

Algunas de las nuevas viñas en terrazas no son ambientalmente sostenibles, puesto que no se integran bien en el paisaje y están expuestas a la erosión y al deslizamiento de taludes. Por otra parte, la obtención de uva de calidad en las nuevas explotaciones convencionales se basa, en general, en mantener una baja productividad del suelo, y el tipo de emparrado y el marco de plantación que emplean conducen a una relación entre la oferta y la demanda de la cepa muy alta. Todo ello las hace vulnerables a las crisis de mercado y a los episodios climatológicos extraordinarios. Precisamente, la fragilidad económica de las nuevas plantaciones es una barrera a que los pequeños agricultores asuman las inversiones más elevadas que requiere la construcción de terrazas ambientalmente optimizadas.

Las técnicas tradicionales de cultivo se mantienen en las nuevas explotaciones por lo que podría llamarse el mito de la tecnología:

- En el mercado actual, resulta más sencillo justificar el precio de la uva por una baja productividad que por la aplicación de tecnología. Con ello, se favorece a los vinos cuya calidad se sustenta en el “terroir”, es decir, en unas condiciones climatológicas y edafológicas propias de un lugar determinado e irrepetibles. Las personas no pueden dominar la calidad del vino, que depende en exclusiva de factores naturales. Tecnología y calidad son poco compatibles.

Esta estrategia comercial es cada vez más débil y acabará perjudicando a las regiones que la defienden, que no podrán competir con el nuevo mundo y con las regiones europeas que a un buen “terroir” le sumen el control del cultivo con los conocimientos y la tecnología adecuados.

- En ocasiones, se prefiere seguir con los planteamientos tradicionales porque no requieren conocimientos específicos, más allá de la experiencia heredada de los antepasados. Por ejemplo, si se riega, además de acometer inversiones, es necesario saber cuándo hay que regar y en qué cantidad. Si no se riega, no se necesita ningún conocimiento, la climatología decide.

En este contexto, no hay que confundir la viticultura intensiva en tecnología (energía), basada en procesos estandarizados y repetitivos fáciles de mecanizar, con la viticultura intensiva en **conocimiento**, donde la tecnología sólo es un medio que ayuda a aumentar la productividad de procesos semiartesanales, con un tratamiento diferenciado para cada partición del viñedo e, incluso, para cada cepa.



Cuando los conocimientos bioquímicos, edafológicos, meteorológicos e hidráulicos y las tecnologías de la comunicación y proceso de datos han avanzado tanto, las prácticas de la viticultura no pueden quedarse ancladas en el pasado. Es necesario que muchas zonas vinícolas de montaña se pregunten por qué así y no de otra forma. La innovación y, en particular, la ecoinnovación ha de tener un mayor protagonismo en la viticultura.

El Manual presenta las técnicas de aterrazamiento y conducción del vigor desarrolladas por Mas Martinet durante los últimos 15 años, con el soporte final del proyecto Life. Las técnicas descritas abren un camino hacia la viticultura de montaña sostenible, es decir, ambientalmente respetuosa, económicamente viable y estable y socio-culturalmente beneficiosa y aceptada. En particular, preservan el suelo y el paisaje, al tiempo que incrementan la productividad de la viña y la calidad de la uva y crean puestos de trabajo cualificados, aptos para el empleo de la mujer. La innovación sostenible de Mas Martinet también puede ser útil para impulsar la cultura del vino y el turismo enológico.

El control sobre la maduración de la uva permite dejar en un segundo término al “terroir” y a la variedad, para dar el protagonismo principal a la intervención humana en forma de incidencia inteligente que facilita el trabajo de la naturaleza y de sensibilidad para la composición de los vinos.

Las técnicas que se describen en el Manual aportan los mejores resultados cuando se aplican conjuntamente, es decir, de forma integrada. Son válidas para cualquier tipo de viñedo, pero su ámbito principal de aplicación son las explotaciones pequeñas o medianas de variedades de uva vigorosas (por ejemplo, las variedades autóctonas del Priorat de Garnacha y Cariñena). En terrenos llanos, que no requieren aterrazamiento, las técnicas de conducción del vigor también son indicadas para optimizar la producción, tanto en cantidad como en calidad.

En definitiva, la experiencia surgida de Mas Martinet es una contribución capital a la sostenibilidad de una actividad estratégica para la Europa mediterránea y, en particular, para Catalunya: la producción de vinos de alta calidad a partir de viticultura de montaña.

No obstante, en modo alguno se ha llegado al destino final. Es necesario seguir investigando para ajustar cada vez más las técnicas desarrolladas y completar su documentación científica. La experimentación realizada durante los últimos 15 años permite afirmar que el camino emprendido es bueno y vale la pena profundizar en él.



Corolarios

- La productividad es fundamental para el desarrollo económico, y el conocimiento es el factor clave para la mejora de la productividad. Ahora bien, una economía basada en el conocimiento supone una alta exigencia sobre los agentes productivos, sobre las administraciones públicas y, en definitiva, sobre las personas, que han de dedicar tiempo y esfuerzos a aumentar su capacitación. La formación continua se vuelve imprescindible.
- La innovación tecnológica es una vía para el incremento de la productividad, pero debe ser ambientalmente respetuosa, económicamente viable y socio-culturalmente aceptable.
- La dicotomía entre medio ambiente y desarrollo es, en general, falsa, siempre que los agentes públicos y privados involucrados tengan la voluntad de superarla y comprometan los recursos necesarios para la (eco)innovación. Si es así, el medio ambiente actúa como un revulsivo para la innovación, la eficiencia y la productividad, y lo que se percibía como una barrera se convierte en una oportunidad.
- Innovar significa, en mayor o menor medida, cuestionar la forma tradicional de hacer las cosas. Para facilitar la innovación, conviene que las normas que regulan cualquier ámbito, y también la viticultura, establezcan objetivos finales, pero dejen libertad o sean suficientemente flexibles en relación a los medios para alcanzar esos objetivos.
- El equilibrio entre identidad y globalización, entre cultura y economía, es una fortaleza para la innovación y la sostenibilidad, que debe ser aprovechada en todo su potencial.



Variedad Moscatel en el Penedès (viña en llano)



Cepa en vaso sin modificar



Cepa modificada con emparrado en círculo

Agradecimientos

- Roser Cots i Folch. Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl. Universitat de Lleida
- José A. Martínez Casanovas. Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl. Universitat de Lleida
- Òscar Borràs. Consell Regulador de la Denominació d'Origen Qualificada Priorat
- Gabriel Escarré. Serveis Territorials a Tarragona. Departament de Medi Ambient i Habitatge
- Roger Pascual i Garsaball. Agro-3
- Francesc Primé Vidiella. Agro-3
- Pere Sala i Martí. Observatori del Paisatge
- Joaquim Aguado. Coll de la Teixeta
- Lluís Giralt Vidal. Estació de Viticultura i Enologia. Insitut Català de la Vinya i el Vi





fundació **fòrum**ambiental ●●

Av. Maria Cristina s/n - Palau de la Metal·lúrgia
08004 Barcelona
Tel: 93 233 23 09
life@forumambiental.org
www.forumambiental.org/life.html

