

SISTEMAS DE CONDUCCIÓN DEL VIÑEDO

**Pilar Baeza Trujillo
José Ramón Lissarrague García-Gutiérrez
Constantino Ruiz
Patricia Sánchez de Miguel**

ÍNDICE

1. Definición de sistema de conducción
2. Clasificación de los sistemas de conducción
3. Respuesta del viñedo a las condiciones ambientales afectado por el sistema de conducción
4. Criterios para la elección de un sistema de conducción
5. Ideotipo de cubierta vegetal
6. Evaluación de un sistema de conducción
7. Métodos de medida
 - 7.1. Point Quadrat
 - 7.2. Superficie foliar externa (SA)
 - 7.3. Superficie foliar total (LAI)
8. Ejemplos para determinar las dimensiones de un sistema de conducción
9. Referencias

1. Definición

Siguiendo a Smart y Robinson (1991), por sistema de conducción se entiende el conjunto de decisiones que van a determinar la forma de la cubierta vegetal del viñedo. Ésta va a depender de:

- Decisiones tomadas antes de plantar. Por ejemplo, la elección del emplazamiento, del material vegetal empleado, la dirección de las filas, la densidad de plantación o el marco de plantación.
- Decisiones que afectan a la formación de las cepas y al mantenimiento de la plantación. Entre éstas se encuentran la poda de formación, la determinación de las dimensiones de la parte aérea de la cepa, determinación de la carga, implantación de riego, plan de fertilización y la defensa fitosanitaria.
- Decisiones anuales, tomadas a lo largo del periodo de actividad de la cepa y que afectan directamente a la cubierta vegetal. Por ejemplo, el guiado de la vegetación, el despampanado, el despunte, el desniete, el deshojado, el aclareo de racimos o el anillado.

El conjunto de decisiones y técnicas adoptadas forman una combinación original cuyos efectos agronómicos y económicos son específicos en un medio dado para una asociación variedad-portainjerto. Una elección distinta de una sola de las alternativas, modifica la combinación y los efectos en la producción (Reynier, 1999) y la composición del mosto.

2. Clasificación

Los sistemas de conducción se pueden clasificar atendiendo a distintos criterios. Las agrupaciones pueden realizarse según aquél o aquellos caracteres que más nos discriminen los sistemas de una zona, y así, en el caso de que queramos clasificar los sistemas de conducción para un análisis del viñedo español, comenzaríamos a separar los sistemas libres y de los apoyados (Tabla 1), para luego ir haciendo subgrupos basados en otras características discriminantes. Atendiendo a las particularidades de otros países, donde prácticamente la totalidad del viñedo está conducido con postes y alambres resulta más útil ordenarlos atendiendo a la continuidad de la cubierta vegetal a lo largo de la línea de cepas (Tabla 2).

Se podrían hacer otras clasificaciones en función de la altura de tronco, de la cantidad de madera vieja presente, de los elementos fructíferos, de la dirección predominante de la vegetación, de la cobertura de la superficie de suelo, de la densidad de plantación, de la carga (yemas) por ha, del marco de plantación o de las intervenciones en verde.

3. Respuesta del viñedo a las condiciones ambientales afectado por el sistema de conducción

El estudio del papel de la cubierta vegetal del viñedo en la composición del mosto y calidad del vino se remonta a mitad de la década de los '60; el profesor Nelson Shaulis, de la Universidad de Cornell (Nueva York - Estados Unidos -) fue pionero en el estudio de los sistemas de conducción desde la concepción en la que actualmente se trabaja (Shaulis et al. 1966). El equipo de Shaulis fue analizando individualmente los problemas que presentaba el cv Concord y, basándose en resultados previos del estudio de los factores ambientales en la fisiología de la planta y fertilidad de yemas, llegaron a diseñar una nueva forma de conducción del viñedo, el GDC, siendo iconoclastas en este último aspecto al ser capaces de superar los problemas de forma original.

Tabla 1. Clasificación de los sistemas de conducción según los elementos de sujeción

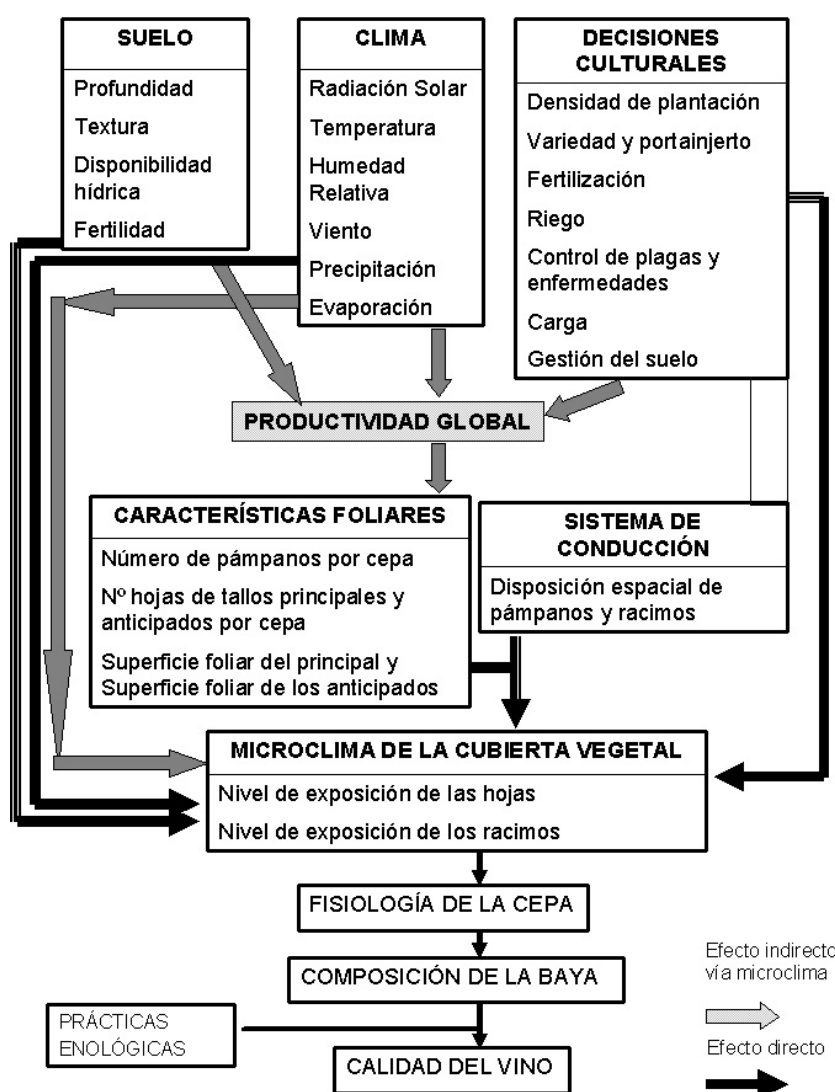
Sin estructura de sujeción				Vaso bajo	
				Vaso medio	
Con estructura para sujetar el esqueleto de la planta	Vegetación libre			Vaso alto	
				Cordón vertical	
	Vegetación libre pero dirigida manualmente			Desparramado o (<i>Sprawl</i>)	
				Cortina	
Con estructura para sujetar el esqueleto y guiar la vegetación	Vegetación dispuesta en un único plano	Plano vertical	Un plano	Vegetación ascendente	Espaldera
			Dos planos	Vegetación ascendente y descendente	Sylvoz
				Vegetación semidescendente	Espalderas de Jerez
		Plano oblicuo			Pérgola
		Plano horizontal			Parral
					Pérgola romagnola
	Sistemas de centro abierto	Vegetación semidescendente		Formas en T	
	Vegetación dividida en dos planos	Planos verticales	Vegetación ascendente y descendente	Scott-Henry	
				Smart-Dyson	
			Vegetación ascendente	Smart-Henry	
	Planos oblicuos			Lira en U	
			Lira en V		

Tabla 2. Clasificación de los sistemas de conducción según la forma de la cubierta vegetal.

Cubierta continua a lo largo de la fila	Simple	<ul style="list-style-type: none"> • Espaldera • Cortina • Pérgola • Parral
	Dividida	<ul style="list-style-type: none"> • Doble cortina de Geneva (GDC) • Liras en U y V • Scott-Henry y derivados
Cubierta discontinua a lo largo de la fila		<ul style="list-style-type: none"> • Vaso • Eje vertical • Espalderas con plantas de escaso desarrollo vegetativo

Los primeros estudios realizados trataban de los diferentes aspectos del sistema de conducción de manera independiente - densidad de plantación, altura de tronco, poda de formación, etc. Estos estudios han permitido enunciar reglas simples, pero criticables, ya que no dan resultados del problema global ligado a los sistemas de conducción. Los trabajos más recientes integran el conjunto de los parámetros de la conducción, modificando ciertas ideas preconcebidas (Ollat 1991). El estudio del viñedo como sistema de conducción, asume que el efecto o resultado a nivel de cultivo no es la suma del comportamiento individual de cada cepa, sino que existe una interacción única para cada combinación cubierta vegetal-ambiente y cada combinación tiene un resultado concreto y distinto a escala de cultivo.

Los efectos del sistema de conducción en la fisiología de la cepa quedan recogidos en la Figura 1. En un medio dado - clima y suelo - y con unas técnicas de cultivo, tenemos un potencial productivo; este vigor o potencial productivo, se va a distribuir entre un número de yemas – la carga – dando un número de pámpanos por cepa, el número de hojas por cepa y en definitiva desarrollando una superficie foliar. Mediante la elección de una forma o modo de conducción, el viticultor distribuye estos pámpanos y esta superficie foliar en el espacio, bien de forma libre o guiada entre alambres. Esta disposición determina la intercepción de la radiación solar y, por tanto, el microclima luminoso que condiciona el equilibrio fisiológico de la planta ya que incide sobre la temperatura foliar, el estado hídrico de la planta y muy especialmente sobre la capacidad fotosintética de la cepa entera y del viñedo en su conjunto. Todo ello afectará, en último término, al potencial cualitativo de los racimos. La modificación de la disposición espacial de las hojas, mediante una estructura diferente o bien mediante operaciones de cultivo – deshojado, desnietado, despunte, etc. - determinará un microclima diferente y una respuesta de la planta diferente en un mismo medio.



Evidentemente, el microclima generado en la planta está condicionado por el macroclima y mesoclima que envuelve a la plantación (latitud, altitud, horas de sol, exposición, duración del período libre de heladas, etc.), pero pueden encontrarse diferencias microclimáticas importantes en función del sistema de conducción elegido. Carbonneau (1980), estudiando la intercepción de la radiación solar en distintos sistemas de conducción, en Burdeos, encontró que ésta se duplicó cuando dividió la cubierta vegetal en dos planos paralelos (lira en U y lira en V). Shaulis et al. (1966), en un mismo medio, consiguieron modificar la fertilidad de yemas y la concentración de azúcares en baya al situar la zona de fructificación en la parte alta del canopy.

Figura 1. Propuesta de un modelo general del efecto del suelo, clima y las decisiones culturales sobre la calidad del vino por medio del microclima de la cubierta vegetal (Smart et al. 1985).

El sistema de conducción va a influir en:

a) En la captación de la energía luminosa

· *La forma y el desarrollo de la parte aérea* va a determinar la cantidad de energía interceptada por el cultivo. En Pedrosa (Burgos – D.O. Ribera del Duero -) se estudió la interceptación de radiación en dos sistemas de conducción, vaso y espaldera, en secano y en regadío. Los resultados dieron un mayor balance de interceptación en los sistemas regados y, mayor en el vaso regado que en la espaldera regada (Figura 2). A igualdad de otros factores, aquellos sistemas con mayor densidad de plantación o mayor desarrollo vegetativo son potencialmente más productivos tal como puede observarse en la Figura 3, donde se recogen los resultados de 3 campañas del ensayo anteriormente mencionado.

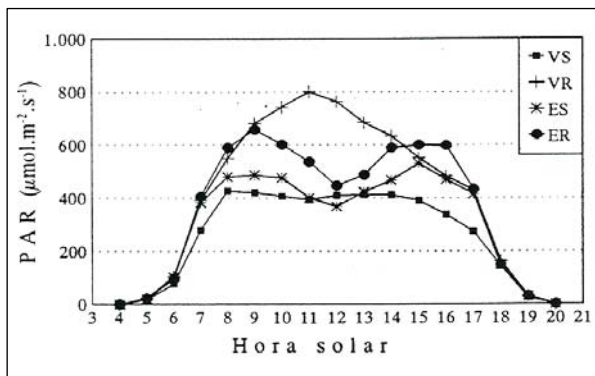


Figura 2. Balance diario de los sistemas de conducción vaso secano (* VS), vaso regadío (+ VR), espaldera secano (□ ES) y espaldera regadío (● ER) en cv Tempranillo/110R en Agosto 1993. (Peláez-Ribera, 1999)

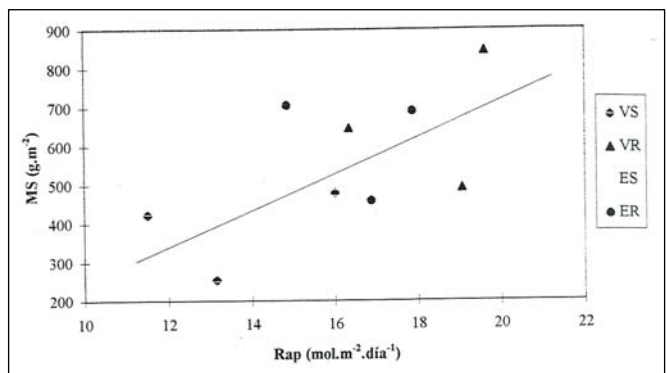


Figura 3. Relación entre la cantidad de materia seca final producida por un sistema de conducción y la cantidad de radiación absorbida por la planta (Rap). Leyenda igual a Figura 2. (Peláez-Ribera, 1999)

· *La orientación de las filas*

determina la cantidad de radiación solar interceptada por la cubierta vegetal. La orientación que permite la máxima interceptación de radiación solar es la norte-sur y atendiendo exclusivamente a este criterio ésta sería la orientación óptima (Figura 4A, 4D).

Atendiendo a otros criterios como el estrés hídrico, la demanda de vapor de agua de la atmósfera o la actividad fotosintética de las hojas, sería mejor la orientación norte+30° sur+30° para viñedos en zonas cálidas donde nos interese alargar la mañana y acortar el duro sol de la tarde. En viñedos más septentrionales, interesa hacer coincidir el óptimo de interceptación de radiación solar con el óptimo de temperatura para la fotosíntesis, razón por la que los viñedos

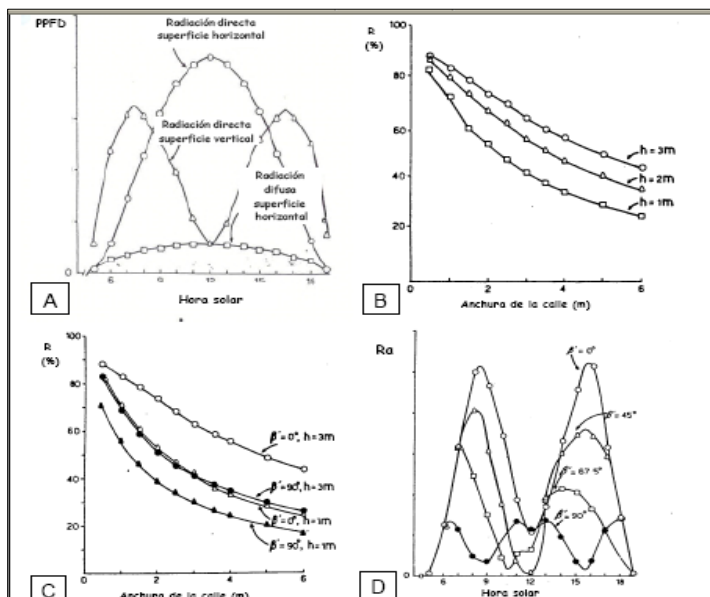


Fig.1.14
 A) Variación de la densidad de flujo de fotones (PPFD) en función de la hora del día de la radiación directa, que incide sobre una superficie horizontal y otra vertical, y de la difusa incidente sobre una superficie horizontal.
 B) Porcentaje de radiación interceptada (R) en función de la distancia entre líneas para tres alturas (h) de cubierta vegetal orientadas N-S.
 C) Porcentaje de radiación interceptada (R) en función de la distancia entre líneas, en combinación con tres alturas (h) y dos orientaciones ($\beta = 0^\circ$ N-S y $\beta = 90^\circ$ E-O) de la cubierta vegetal.
 D) Valores horarios de radiación directa absorbida (Ra) por ambas caras del plano de vegetación en espalderas orientadas N-S ($\beta = 0^\circ$), NO-SE ($\beta = 45^\circ$), ONO-ESE ($\beta = 67.5^\circ$) y E-O ($\beta = 90^\circ$).
 (Datos para el 22 de diciembre en una latitud 35° S). (Smart, 1973).

este-oeste obtienen una respuesta fotosintética más alta que las espalderas N-S (Murisier 1993 y Murisier y Zufferey 1999).

· *La anchura de calle* es una decisión que se toma a la hora de decidir la densidad de plantación de un nuevo viñedo y debe tener en cuenta la planta, el suelo y el clima, promoviendo un crecimiento tal que sin exceso de vigor, se den unos consumos de agua y utilización de nutrientes del suelo óptimos. A medida que estrechamos la anchura de calle dispondremos de mayor superficie foliar por ha y así, mayor cantidad de radiación interceptada por la cubierta vegetal del viñedo. Cuando la anchura de calle sea muy amplia podemos mejorar la intercepción de radiación aumentando la altura de la espaldera hasta un máximo que haga impracticable el manejo del cultivo. La distancia entre filas podrá reducirse hasta que comience a haber sombreado de unas filas con otras. Es decir tenemos que tener en cuenta la relación entre la anchura de calle y la altura de vegetación (Figura 2B). La relación óptima recomendada por Smart (1987) es 1: 1 (para latitudes de 40° aproximadamente) pudiendo llegar hasta 0.8:1 (Schneider, 1992) en zonas más septentrionales.

Algunos autores (Poni et al. Escalona et al.) han demostrado la utilidad de las hojas interiores en el balance fotosintético global de la planta, siempre que la porosidad del sistema fuera alta y éstas recibieran luz directa aunque fuera de manera intermitente.

b) En el microclima luminoso y térmico de racimos

La poda de formación y la distribución de los pámpanos va a condicionar la posición de los racimos y así, las condiciones climáticas que les rodean. En un estudio del microclima de los racimos con diferentes sistemas de conducción en condiciones hídricas no limitantes (potencial de base superior a -0.2 MPa durante todo el ciclo) se concluyó que los vasos de porte retumbante exponen más los racimos que los sistemas verticales (Tabla 3)

Tabla 3. Porcentaje medio de racimos que se encuentran con iluminación medida inferior a 100 E/(m²·s) y PAR medio del racimo en 1990. Datos tomados medidos a nivel de pedúnculo a las 12 hora solar (Baeza 1994).

		Cortina	Espaldera	Vaso alto	Vaso bajo
Julio	% < 100	78	91	53	46
	PAR medio	115	20	258	236
Agosto	% < 100	63	80	54	56
	PAR medio	71	31	200	258
Septiembre	% < 100	93	86	41	43
	PAR medio	105	39	246	206

% < 100 es el % de racimos que reciben iluminación inferior a 100 E/(m²·s)

Operaciones en verde, como el desniete o el deshojado de la zona de racimos, modifican la cantidad de hojas, así como su disposición y su relación con el medioambiente modificando el microclima luminoso y térmico en el que los racimos van a completar su maduración. Martínez de Toda (1989) obtuvo un incremento de la intensidad luminosa con la eliminación de nietos en la zona de fructificación respecto al testigo no desnietado (Figura 5). Resultados similares obtuvo con el deshojado (Figura 6). Por el contrario, el despunte favoreció la brotación de yemas anticipadas y un mayor sombreado en la zona de racimos (Figuras 5 y 6).

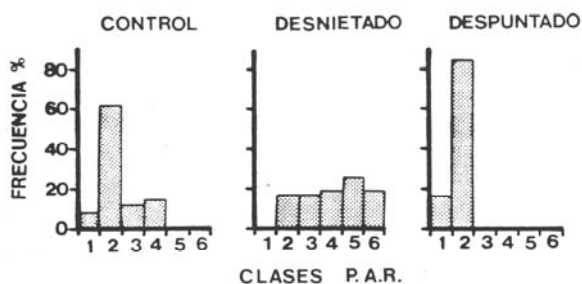


Figura 5. Histogramas de frecuencias del microclima luminoso en la zona de racimos en cv Garnacha/3309C en en vaso en Agosto. Clase 1: $<50 \mu\text{E}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$; clase 2: $52\text{-}250 \text{ E}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$; clase 3: $251\text{-}500 \text{ E}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$; clase 4: $501\text{-}1000 \text{ E}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$; clase 5: $100\text{-}2000 \text{ E}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$; clase 6: $>2000 \text{ E}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$

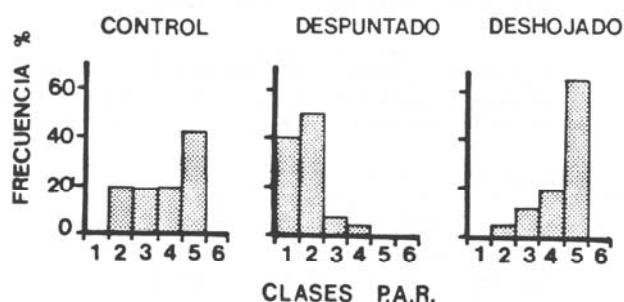


Figura 6. Histogramas de frecuencias del microclima luminoso en la zona de racimos en cv Garnacha/3309C en vaso Septiembre. Clase 1: $<50 \mu\text{E}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$; clase 2: $52\text{-}250 \text{ E}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$; clase 3: $251\text{-}500 \text{ E}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$; clase 4: $501\text{-}1000 \text{ E}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$; clase 5: $100\text{-}2000 \text{ E}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$; clase 6: $>2000 \text{ E}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$

c) Microclima luminoso y térmico de hojas

La modificación de la posición de la zona de racimos en el GDC produjo un aumento de la iluminación en las hojas y zona de renovación de la copa con el consiguiente aumento de la fertilidad de las yemas (Shaulis et al. 1966). La altura de vegetación, la orientación de las filas, marco y densidad de plantación e inclinación de la vegetación van a producir un reparto diferente de la iluminación que llega a cada zona de la vegetación (Figura 7) condicionando la respuesta fisiológica de las hojas y la respuesta global del sistema de conducción.

d) Fisiología del cultivo

La respuesta fotosintética de una hoja depende de las condiciones del momento y de las condiciones precedentes en las que se ha encontrado. La transpiración (Figura 8) ha mostrado diferencias entre sistemas de conducción debido a la distinta disponibilidad hídrica por unidad de superficie foliar externa (SA) para la misma dosis de riego en todos los sistemas (Baeza et al 2005). La Figura 9 representa la evolución diaria de la fotosíntesis neta de las hojas de Tempranillo expuestas a iluminación saturante, sin déficit hídrico, bajo diversos sistemas de conducción. La respuesta ha sido diferente en algunos momentos del día dependiendo de la posición de la hoja así como de su "historia". Archer y Strauss (1990) también obtuvieron durante la maduración una menor conductancia estomática, menor transpiración y menor tasa de fotosíntesis neta en aquellos

sistemas con mayor densidad de plantación y por tanto mayor desarrollo vegetativo por unidad de suelo y mayor competencia por el agua del suelo entre plantas en la fila.

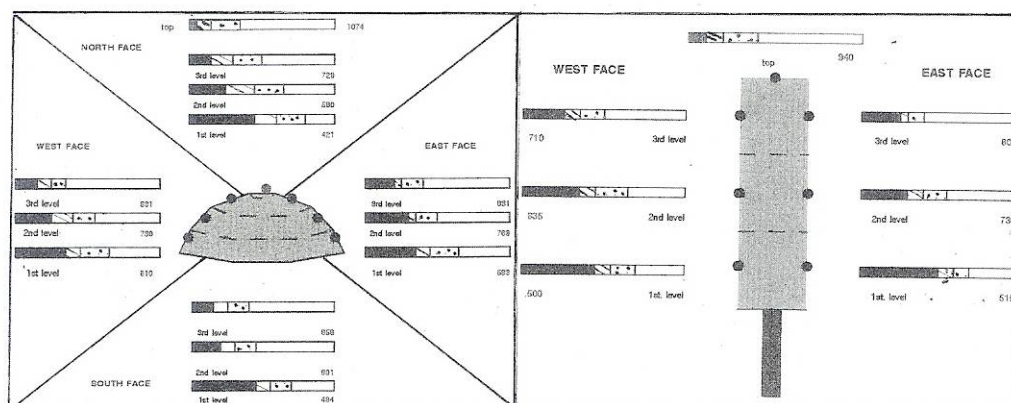


Fig. 1 – Average daily frequency distribution on head and trellis training systems. Data collected in July, August and September. ■ <math><200</math>; ▨ 200-400; ▩ 400-800; □ >800 $\mu\text{E m}^{-2}\text{s}^{-1}</math>.$

Figura 7. Distribución de las frecuencias medias diarias de las clases de PAR en los sistemas de conducción vaso alto y espaldera. Datos medios de Julio, Agosto y Septiembre

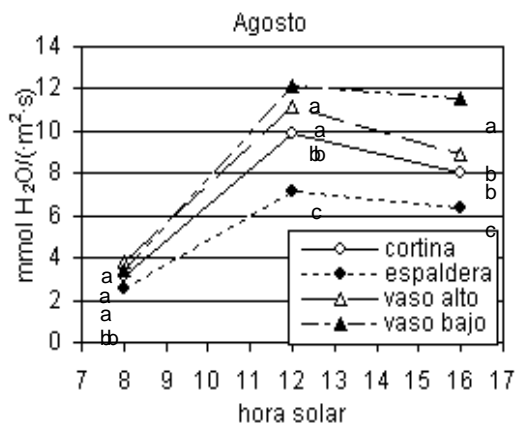


Figura 8. Evolución diaria de la transpiración en cuatro sistemas de conducción en Madrid en Agosto (Baeza et al. 2005)

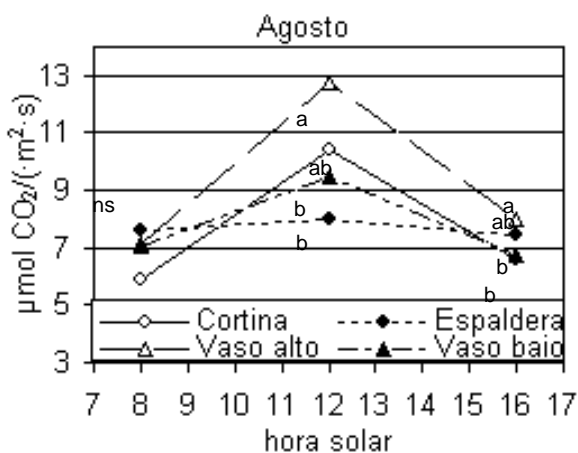


Figura 9. Evolución diaria de la fotosíntesis neta de cuatro sistemas de conducción en Madrid en Agosto (Baeza et al. 2005)

e) Cantidad y calidad de la cosecha

La carga de yemas y la interacción entre la cubierta vegetal y ambiente van a determinar el microclima en el que maduren los racimos. Cuando hay un parámetro limitante, como la intercepción de iluminación o la temperatura, la modificación de la distribución la cubierta vegetal se traduce en una mejora cualitativa importante, tal como resulta al dividir la cubierta vegetal en dos planos - lira - para aumentar la cantidad de intercepción de radiación, mejorar la relación hojas/frutos y mejorar el microclima de los racimos (Carbonneau 1980) o bien el modificar la posición de la zona de racimos (Shaulis et al. 1966). Otras veces, cuando las condiciones no son limitantes para ningún sistema, las únicas diferencias se manifiestan en el rendimiento, no habiendo diferencias en los parámetros básicos de análisis del mosto (Baeza et al. 2005, Reynolds et al. 2004 a, b, Yuste, 2005).

f) El aprovechamiento de los recursos del suelo

La exploración del suelo por el sistema radical aumenta a medida que incrementa la densidad de plantación. Por el contrario, el desarrollo tanto de la parte aérea como del sistema radical, expresado por cepa, disminuye a medida que aumenta la densidad de plantación (Figura10) (Hunter, 1998a y b).

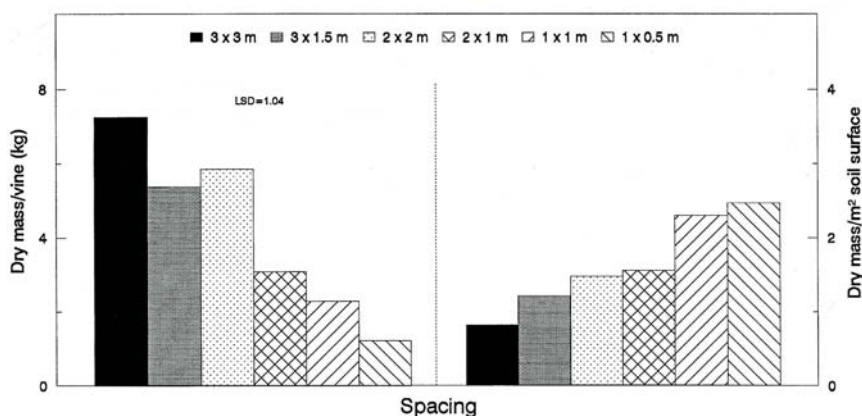


FIGURE 3
Vine-spacing effect on dry mass per vine and dry mass per m² soil surface.

Figura 10. Efecto del marco de plantación en la cantidad de materia seca por cepa y en la cantidad de materia seca por m² de suelo. (Hunter, 1998a)

Esta respuesta tiene un efecto en la disponibilidad temporal del agua por la planta y en el balance de agua en el suelo resultando los sistemas con menor desarrollo foliar por unidad de suelo los que menos agua consumen al principio del ciclo y retrasando el mayor consumo de agua hacia la maduración (Figura 11).

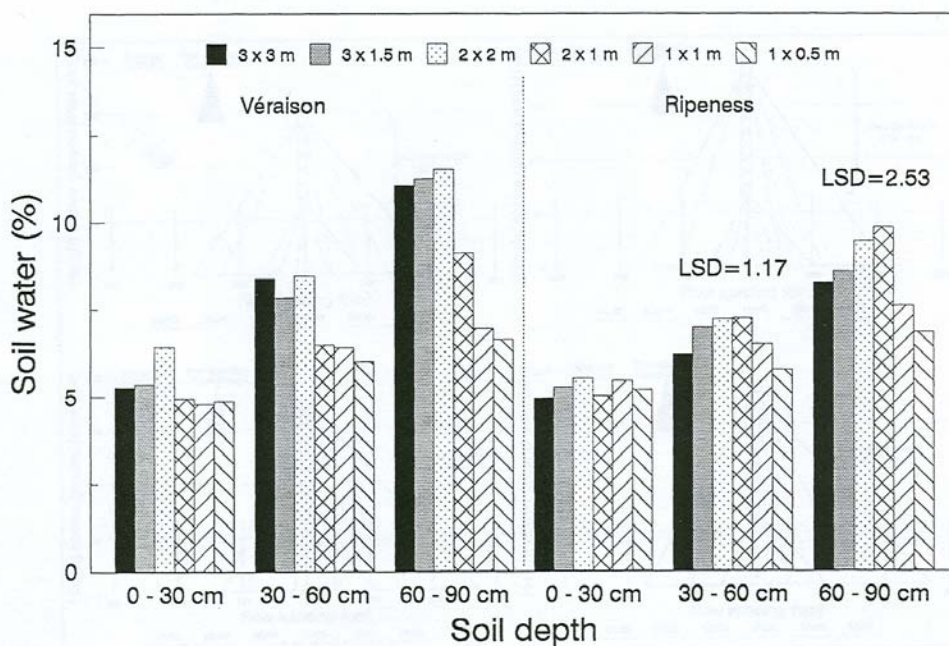


Figura 11. Efecto del marco de plantación en el contenido de agua del suelo en envero y maduración (Hunter 1998b). LSD: diferencia mínima significativa.

g) Aprovechamiento de los medios económicos y culturales

A medida que se estrecha la calle aumentan los metros lineales de cultivo por ha y por consiguiente los costes/ha pues aumenta la cantidad de productos fitosanitarios a distribuir, el consumo de gasoil y aceite del tractor, las horas de tractorista, número de plantas/ha, cantidad de postes, m de alambres, etc. También se hacen más necesarias las intervenciones en verde como el emparrado y el despunte para controlar la vegetación. Por otro lado, hay que ser consciente de que el aumento de la superficie foliar al incrementar la densidad de plantación conlleva la necesidad de riego en la casi totalidad de las zonas vitícolas españolas.

El mantenimiento del suelo: En los sistemas de alta densidad de plantas en la línea se dificulta el trabajo bajo la línea de cepas por lo que suele interesar mantener ésta limpia de vegetación mediante herbicidas, para lo que habrá que contar con la mano de obra especializada así como con las máquinas adecuadas.

Es importante estudiar las exigencias de mano de obra de determinados sistemas de conducción, tanto por su coste, como por problemas de disponibilidad en momentos puntuales. La elección de un sistema en vaso frente a una espaldera implica prácticamente la vendimia manual. Otros sistemas altamente productivos, como el Scott-Henry y similares exigen la colocación manual de los pámpanos que conforman la pared inferior de vegetación, para esta operación se dispone de unas dos semanas en floración, pues posteriormente es muy difícil, por agarrarse éstos mediante los zarcillos a los alambres de la conducción y porque resulta muy difícil modificarles el hábito de crecimiento a partir de esta época. En los sistemas verticales tipo espaldera hay que contar con un importante empleo de mano de obra para la subida de pámpanos y su colocación entre los alambres de la espaldera (Hunter 1998b, Martínez de Toda et al. 199*, Martínez de Toda 1995, Martínez de Toda y Tardáguila, 2004).

4. Criterios para elección del sistema de conducción

Existen criterios muy diversos a tener en cuenta antes de decidimos por un sistema de conducción.

La importancia de cada uno es relativa, depende de cada caso particular a considerar. Los podemos clasificar del siguiente modo:

a) Criterios legales

Los viñedos acogidos a D.O. han de adaptarse a las restricciones legales impuestas en su Reglamento. Muchas D.O. tienen legislado el material vegetal a emplear, el marco de plantación, la densidad de yemas por ha, limitan el rendimiento o bien tienen sus propias normas sobre determinadas prácticas culturales.

b) Criterios biológicos

El material vegetal, el porte, la fertilidad de las yemas de carga, el tamaño del racimo etc. van a ser determinantes a la hora de establecer la forma de conducción o la aplicación de algunas prácticas de cultivo.

c) Criterios ecológicos

La potencialidad productiva del medio viene condicionada por las características climáticas (temperaturas, insolación, precipitaciones, viento, etc.) y edáficas (profundidad de suelo, textura, fertilidad, etc.). Por lo general los vasos se adaptan a condiciones de productividad media-baja mientras que los sistemas alineados y dirigidos se hacen necesarios cuando la potencialidad del medio es alta, ya sea por situarse el viñedo en suelos profundos, fértiles, con abundante capacidad de retención de agua, o bien, porque se riegue.

d) Objetivos de la producción

Cuantitativos. A veces regulados por las D.O.

Cualitativos: éstos dependerán de cuál es el destino de la producción: uva o vinificación, pero también dependerá del tipo de vino a obtener si es para obtener un vino joven el manejo del cultivo es diferente que si queremos obtener un vino con mucho extracto, para envejecer en bodega.

e) Criterios técnico-económicos

El tamaño de la explotación, la disponibilidad de personal especializado, el grado de mecanización que se quiere alcanzar, las posibilidades de riego, la disponibilidad de mano de obra no cualificada en momentos puntuales, el destino del cultivo si va a ser su venta o su vinificación en la propia empresa, etc. obliga a replantearse los criterios anteriormente expuestos o bien el orden de prioridades. La evaluación de sistemas de conducción propuesta por Carbonneau y Cargnello (2003) tiene en cuenta aspectos tales como la salubridad para el hombre, el medio, la originalidad, la tradición, la calidad de vida, etc.

5. Ideotipo de cubierta vegetal.

Los principios generales de la cubierta vegetal ideal y hacia donde deben ir dirigidos los esfuerzos del viticultor en su gestión del sistema de conducción podrían resumirse en los siguientes puntos:

1. Favorecer el desarrollo de una superficie foliar importante que alcance rápidamente la superficie óptima para evitar competencias entre crecimiento vegetativo y maduración de las bayas. Se recomienda que hacia floración-cuajado, las plantas hayan completado el 80% del desarrollo total del canopy.

2. Mantener una cubierta vegetal sana y activa durante el ciclo, especialmente durante la maduración. Evitar, con correctas decisiones y manejo del cultivo adecuado, senescencias foliares tempranas.

3. Evitar sombreamientos entre filas, que afectan principalmente a las zonas inferiores de los pámpanos donde se encuentran los racimos y las yemas de renuevo. Se recomienda que la relación entre la anchura de calle y la altura de vegetación sea 1:1 (Smart 1987) pudiéndose alcanzar en latitudes más septentrionales relaciones 0.8:1 (Schneider 1992).
4. Favorecer un correcto microclima de racimos acorde con las condiciones climáticas de la zona. En zonas vitícolas con carencias térmicas y luminosas es aconsejable alta exposición, en zonas cálidas, se ha de evitar la sobreexposición de los racimos, éstos han de estar aireados pero protegidos de la radiación solar directa.
5. Evitar el exceso de hojas internas que viven a expensas de las hojas exteriores siendo su rendimiento fotosintético muy bajo o negativo, dificultan la circulación del aire en el interior de la cepa favoreciendo, en la zona de racimos, un microclima favorable para el desarrollo de enfermedades.
6. Evitar desequilibrios y competencias excesivas en la distribución de asimilados entre el crecimiento vegetativo y el crecimiento y maduración de las bayas. Se ha de evitar el crecimiento vegetativo activo durante el periodo de maduración.
7. La disposición del sistema de conducción debe facilitar la ejecución y la posible mecanización de las prácticas culturales.

6. Evaluación de un sistema de conducción

Mediante la evaluación del sistema de conducción se trata de traducir los resultados de los estudios de la investigación en herramientas de uso cotidiano. Han de ser técnicas o métodos que tengan las siguientes características:

- Uso sencillo
- Fáciles de aprender
- Rápidos de ejecutar
- Económicos
- Dar resultados rápidos y fáciles de calcular e interpretar

6.1. Objetivos de la evaluación de la cubierta vegetal del viñedo

1. Conocer el potencial productivo del viñedo
2. Identificación de los problemas y detección de sus causas.
3. Toma de decisiones durante la campaña en curso.

6.2. Fundamento de la evaluación

La evaluación considera aspectos que influyen en la calidad de la cosecha. Estos factores son de dos tipos:

- a) factores que influyen en la fisiología de la planta
- b) factores que influyen en el microclima de hojas y racimos

Todos los factores han de poder ser determinados visualmente y han de poder ser objetivamente cuantificables. La valoración cualitativa será distinta dependiendo de la variedad y zona en la que nos encontremos. Si estamos en una zona cálida nos interesará que los racimos estén

aireados pero protegidos de la radiación solar directa, mientras que si estamos en una zona fría, interesará que los racimos sean exteriores para favorecer la acumulación de color y la sanidad de los mismos, por tanto, el valor óptimo de % racimos exteriores será diferente en ambas zonas. Algunos ejemplos de valores obtenidos en viñedos en zona cálida pueden consultarse en Baeza (1994) y Yuste (1995).

Para evaluar el microclima de racimos y hojas podemos emplear el método *Point quadrat* (Smart y Robinson 1991) (ver capítulo 7: Métodos de medida) obteniendo los siguientes parámetros:

Microclima de la zona de racimos

- Densidad de vegetación (LAI/SA o LLN)
- Evaluación de la porosidad de la zona de racimos (% huecos)
- Distribución de la vegetación: % hojas exteriores
- % racimos exteriores

Para evaluar la fisiología del cultivo podemos emplear los siguientes indicadores:

- Orientación de las filas
- Relación entre la altura de vegetación y anchura de calle
- Presencia de nietos y su desarrollo en fase I
- Presencia de ápices en crecimiento en fase III
- Longitud de los pámpanos
- Longitud de los entrenudos
- Color de la hoja
- Tamaño de la hoja

Tabla 4. Parámetros a evaluar en un viñedo y apreciación cualitativa del mismo.

Característica	Valor óptimo (Smart y Robinson, 1991)	Observaciones
Orientación de las filas	N-S	N+30° - S+30° para zonas meridionales (40°)
Relación anchura de calle/ altura de vegetación	1:1	
Inclinación de la vegetación	vertical	En zonas cálidas es más interesante una distribución en volumen o a todo viento tipo <i>sprawl</i> o vasos de porte erguido
Localización zona de racimos	superior	Puede estar localizada en el zona inferior dependiendo de la climatología
SA	21000 m ² /ha	Depende de la cantidad de cosecha
LAI/SA	1.5	
Distribución de los pámpanos	15 pámpanos /m lineal	12-14 pámpanos/m lineal para variedades de racimos y hojas grandes
Longitud de los pámpanos	0.6 – 0.9 m	1.0 – 1.2 m para podas tradicionales pudiendo ser menor para viñedos con poda mínima o no poda

Desarrollo de los nietos	5 – 8 nietos/pámpano	
Área foliar/peso de cosecha	12 cm ² /g	0.8 – 1.5 m ² /kg
Rendimiento/SA	1.0 – 1.5 kg/m ²	
Índice de Ravaz	5 - 10	5 – 7 para podas convencionales
Desarrollo de nietos tras envero	Nulo	
Peso del sarmiento	20 – 40 g/sarmiento	60 – 70 g/sarmiento en sistemas convencionales
Longitud del entrenudo	6 – 8 cm	
Peso de madera de poda/m lineal	0.3 – 0.6 kg/m lineal	0.4 – 0.8 kg/m lineal
% Huecos	20 – 40 %	
Número de capas de hojas (LLN)	1.0 – 1.5	2.0 – 2.5 en zonas con baja humedad relativa
% Racimos exteriores	50 – 100 %	0% en zonas muy cálidas
% Hojas exteriores	80 – 100 %	

Se recomienda realizar la evaluación del sistema de conducción entre envero y madurez puesto que es la época en la que ya está totalmente desarrollado el canopy y aún podemos incidir en la cantidad y calidad de la cosecha. Cuanto antes intervengamos, más tiempo tendrá la planta para responder a la técnica ejecutada y sus efectos serán más patentes. En viñedos sobradamente conocidos por el evaluador, el análisis podría adelantarse hacia la floración, alguna toma de decisiones (aclareo de racimos, por ejemplo).

En la tabla 4 se exponen los parámetros que nos sirven para evaluar la cubierta vegetal del viñedo con sus valores óptimos, según Smart y Robinson (1991) con algunas modificaciones teniendo en cuenta las particularidades del viñedo español. A continuación se explican brevemente los de mayor influencia.

6.3. Evaluación del desarrollo foliar

La elección del sistema de conducción, caracterizado por la densidad de plantación y la disposición de la vegetación, es hoy una cuestión muy discutida. Bastantes Reglamentos D.O. se contentan con fijar un número mínimo de cepas por hectárea. Los resultados de la investigación muestran que la simple noción de densidad de plantación es insuficiente, ya que la separación de las hileras desempeña un papel mucho más importante que la distancia entre cepas. Sería claramente preferible establecer reglas basadas en la superficie de foliar expuesta o externa. En Suiza, algunos cantones ya han introducido estas nociones en su reglamento D.O. (Murisier, 2000).

El potencial productivo global de un sistema de conducción viene determinado, en primer lugar, por el desarrollo de la superficie foliar. La superficie foliar debe garantizar un rendimiento de uva de calidad y la acumulación de reservas. Por tanto, una primera evaluación sería cuantificar este desarrollo vegetativo, es decir, lo que se conoce como L.A.I. (*leaf area index*) cuyas unidades son m² de superficie foliar total. m⁻² de suelo.

En principio, a mayor superficie total mayor productividad global, hasta un límite máximo que si se supera no resulta en una mayor producción pues comienzan a amontonarse las hojas, no

siendo prácticamente activas las hojas interiores al no disponer de una iluminación mínima; estas hojas terminan amarilleando y cayendo. Resulta, entonces, que la Superficie Foliar Expuesta (S.F.E.) o externa (S.A.) es de la que esencialmente depende la productividad del viñedo, alrededor del 90% según autores.

La SA es aquella superficie foliar en la que la radiación solar incide directamente; no se ha de contabilizar, por tanto, aquellos planos de vegetación que reciban radiación difusa durante todo el día.

La cantidad de SA necesaria para que madure 1 kg de uva oscila entre 0.8 - 1.5 m²/kg según variedades y condiciones de cultivo, dándose generalmente el valor 1.0 m²/kg como el más generalizable (Bertamini et al. 1994, Carbonneau 1989, Casteran 1971, May et al. 1969, Mullins et al. 1992, Shaulis *et al.* 1966). Esto es, si queremos una producción de 6500 kg de uva/ha debemos disponer de un modo de conducción que nos asegure 6500 m² de superficie foliar expuesta.

La relación peso de cosecha/peso de madera de poda, conocida como índice de Ravaz, también es un buen estimador del nivel de explotación y de las condiciones en las que se ha producido la maduración pero es un dato obtenido *a posteriori* y no permite tomar decisiones que cambien la marcha de la maduración. Los valores óptimos se encuentran para diversos estudios entre 5-10 kg uva. kg⁻¹ madera de poda (Bravdo y Naor 1996, Champagnol 1984, García-Escudero, Murisier 1996, Reynolds 1989, Smart 1995).

6.4. Evaluación del microclima de hojas y racimos

En el apartado anterior, se justificaba la determinación del LAI y la SA para evaluar la productividad global del viñedo; en este apartado, donde se determina el microclima de racimos, se está evaluando la calidad potencial de la vendimia.

Una vez garantizada una superficie externa, la calidad de las bayas depende de las condiciones microclimáticas que imperen durante el proceso de la maduración. Se considera un buen microclima cuando hay una buena iluminación y porosidad tanto de hojas como de racimos, garantizada por una escasa densidad de hojas y racimos en esta zona. Los efectos del sombreado en la zona de racimos son:

- Disminución de la fertilidad de yemas
- Disminución del contenido de antocianos y polifenoles en general
- Disminución del tamaño de la baya (sombreamiento en fase I)
- Aumento de la acidez málica
- Disminución del contenido de sólidos solubles
- Aumento del riesgo de enfermedades

El método del *Point quadrat* (Smart y Robinson 1991) nos permite conocer la densidad de vegetación (LLN: *leaf layer number* y % de hojas exteriores), la porosidad y la iluminación en la zona de racimos (% racimos exteriores y % huecos).

El número óptimo de capas de hojas debe estar alrededor de 2.0 – 2.5. La justificación de este valor se basa en que una hoja de vid deja pasar el 10% de la radiación incidente. Suponiendo una iluminación recibida por la primera capa de hojas de 1500 µE/(m²·s) un día despejado del verano, a la segunda capa le llegan 150 y a la tercera capa 15, es decir por debajo del punto de compensación de la fotosíntesis, son hojas pasivas que terminan por amarillear y mientras están presentes impiden

la circulación del aire y dificultan la iluminación en la zona de racimos (Figura 12). Suponiendo el caso de una espaldera orientada N-S, el número de capas de hojas máximo sería 4, así garantizaríamos 2 capas de hojas funcionales por la mañana y 2 por la tarde; teniendo en cuenta que debe haber entre un 20-30 % de porosidad, la media de capas de hojas sería máximo 3. En zonas húmedas durante la fase de maduración, la porosidad ha de ser importante disminuyendo el número óptimo de capas de hojas a 1.5 – 2.0 según zonas.

La relación LAI/SA también es un índice de amontonamiento de la vegetación y un buen estimador de la densidad foliar del conjunto de la planta, mientras que LLN hace referencia a la zona de racimos.

El porcentaje de hojas exteriores es un estimador de la porosidad del canopy, de la cantidad de luz interceptada así como de la densidad de vegetación y del microclima luminoso de la zona de racimos. Smart y Robinson (1991) dan como valores óptimos los comprendidos entre 80-100%.

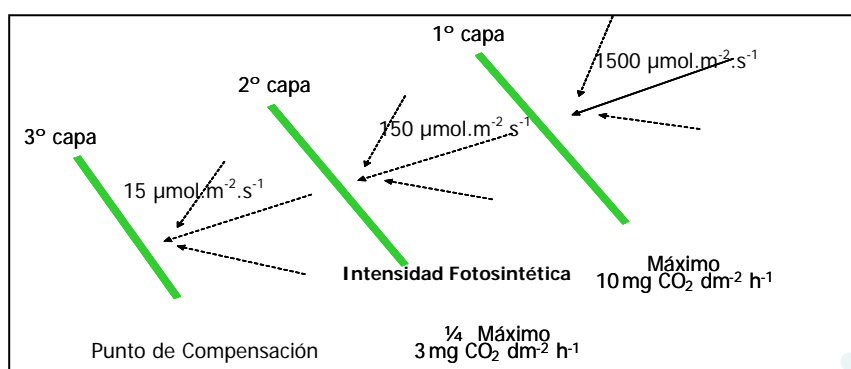


Figura 12. Disminución de la radiación PAR al paso de una hoja de vid. (Adaptación de Champagnol 1984).

El porcentaje de racimos exteriores da información a cerca de la iluminación que están recibiendo los racimos, la densidad de hojas en esta zona y la porosidad de esta zona. Los valores dados por óptimos por Smart y Robinson (1991) están comprendidos entre 50-100%, sin embargo, en viñedos situados en zonas muy cálidas, como los españoles, muchos de ellos sin aportación de agua, estos valores deben ser inferiores pues en los racimos exteriores, es frecuente ver daños por quemaduras y sobremaduración principalmente en los que les da el sol de la tarde.

Otro estimador del microclima de racimos es el número de pámpanos/m lineal. Si este valor es elevado, supone un gran amontonamiento de vegetación, poca iluminación en el interior de la cepa, problemas sanitarios y peor distribución y eficacia de los tratamientos. Smart y Robinson (1991) dan 15 pámpanos/m lineal como valor óptimo, aunque quizá convendría que fuese menor en caso de variedades con hojas y racimos grandes, como Tempranillo y Garnacha, Viura, Bobal, etc.

La presencia de anticipados en crecimiento durante la fase III de desarrollo del fruto es perjudicial desde el punto de vista de la calidad de la vendimia pues supone una gran competencia entre la maduración y los ápices en crecimiento, suponiendo un retraso en la maduración y disminución de azúcares a la baya. Se debe evitar el crecimiento de nietos en fase de maduración mediante control del riego y la fertilización y si fuese necesario mediante despuntes. Sin embargo, si los despuntes se realizan a tiempo y permiten una presencia importante de nietos maduros (tallos con al menos tres hojas) en fase su contribución a la maduración de la baya será importante y favorable, salvo que sombreen demasiado.

7. Métodos de medida

7.1. Point Quadrat

Descripción.

Consiste en insertar una varilla metálica perpendicular a la pared exterior de la cubierta vegetal del canopy, de modo que le atraviese totalmente. Se anotan, en orden, los contactos con la varilla de las hojas (H) y racimos (R), o bien, si no ha habido ningún contacto (\emptyset) a lo largo de su recorrido.

Fundamento.

La varilla representa el recorrido de un rayo de luz que atraviesa el canopy desde el exterior al interior. Los contactos de las distintas partes del canopy con la varilla representan su exposición a la luz solar. El *point quadrat* explica el porcentaje de hojas y frutos que son exteriores o interiores en el canopy.

Procedimiento.

La varilla se inserta en la zona de racimos, pues se trata de evaluar el microclima de la zona de racimos que es la que más influye en la maduración de los mismos. En canopies verticales la varilla se inserta horizontal, para canopies inclinados, la varilla se inserta perpendicular a la superficie del canopy. Si los canopies son muy anchos, por ejemplo en el caso de las cortinas, o bien muy densos, bastará con introducir la aguja hasta la mitad, teniéndolo posteriormente en cuenta en los cálculos. La aguja se insertará en la zona de racimos, cada 0.2 m a lo largo de la fila, en distintas cepas representativas de la plantación hasta completar unas 80 – 100 inserciones por parcela.

Materiales.

Varilla rígida de 1.0 m de longitud
Cinta grabadora o en su defecto carpeta de campo

Cálculos.

A partir de los datos obtenidos se determina:

La porosidad, expresada como el porcentaje de huecos (% H).

Siendo $\% H = (\text{Número de huecos} / \text{número de inserciones}) \cdot 100$

Número de capas de hojas (LLN = *leaf layer number*). Se refiere al número de capas de hojas de un lado a otro del canopy. Es una medida de la densidad foliar, e indirectamente, del microclima de la zona de racimos y de las yemas de carga del año siguiente, así como de la sanidad del racimo.

LLN = número total de contactos de hoja (H)/número de inserciones

Porcentaje de hojas interiores (%Hi). Es una medida de la densidad de hojas así como, indirectamente, del microclima de la zona de racimos.

$\%Hi = (\text{número de hojas interiores} / \text{número total de hojas}) \cdot 100$

Porcentaje de racimos interiores (%Ri). Es una medida del grado de exposición de los racimos, de su microclima.

$\%Ri = (\text{número de R interiores} / \text{número total de R}) \cdot 100$

7.2. Superficie total externa (SA)

Fundamento

La SA representa la potencialidad productiva del sistema de conducción. La mayoría de la fotosíntesis global del cultivo procede de las hojas bien iluminadas situadas en el exterior de la

cubierta vegetal.

Para evaluar la capacidad productiva total del sistema de conducción el cálculo de la SA se hace cuando la vegetación ha alcanzado su máximo desarrollo. La mejor época es desde tamaño guisante hasta envero, para tomar decisiones, ejecutarlas y que haya tiempo suficiente para que ejerzan sus efectos en la composición del mosto.

Método directo. Procedimiento y cálculo

Se han de elegir entre 7 – 10 cepas representativas, por parcela, dependiendo de la variabilidad existente. Con una cinta métrica se mide el contorno exterior de las cepas. Las mediciones a considerar dependerán del sistema de conducción a evaluar. Se deben realizar varias repeticiones de cada medida en cada cepa, aconsejándose al menos 5. A modo de ejemplo se ha incluido la Figura (13) para aquellas cepas que se asemejen a una forma geométrica. Por otro lado se cuantificarán los huecos que pueda haber en la vegetación, asemejándolos a figuras geométricas cuya superficie sea fácil de cuantificar y se descontarán del total obtenido anteriormente.

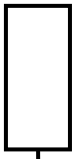
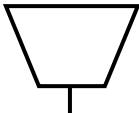

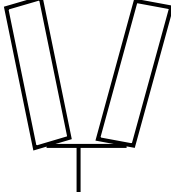
Forma de conducción	Figura geométrica	Medidas a considerar	Cálculo de la SA (m ² superficie foliar/m ² de suelo)
Espaldera	<p>Paralelepípedo</p> 	<p>H: Altura de vegetación A: anchura de vegetación C: distancia entre filas</p>	$SA = (2H + A) \cdot 10000/C$
Vaso con pámpanos de porte erguido	<p>Tronco de cono</p> 	<p>B: base mayor H: altura de vegetación C: distancia entre filas</p>	$SA = (B + 2H) \cdot 10000/C$
Vaso con pámpanos de porte descendente	<p>Semiesfera o casquete esférico</p> 	<p>d: diámetros de la base de la semiesfera R: radios de la semiesfera, considerando el cuello de la planta el centro de la esfera D: distancia entre plantas en la línea C: distancia entre filas</p>	$SA = (2 \cdot 3.14 \cdot R^2) / (C \cdot D)$
Lira	<p>Dos paralelepípedos</p> 	<p>H: Altura de vegetación A: anchura de vegetación C: distancia entre filas</p>	$SA = (4H + 2A) \cdot 10000/C$

Figura 13. Cálculo de la SA en diferentes formas de conducción.

En el caso de formas de conducción que no se asemejen a formas geométricas de superficie exterior de fácil cálculo, como es el caso de las cortinas simples y dobles (GDC *Geneva double curtain*), vasos de porte rastrero, cordón horizontal de porte libre, también conocido como *sprawl*, etc. se puede medir el perímetro exterior lanzando, de un lado a otro de la fila de cepas, una cinta métrica flexible que se adapte y apoye en la zona exterior del canopy y cuyo cero se sitúe en uno de los extremos donde termina la vegetación y el extremo opuesto nos dará el perímetro, P (Figura 13). Esta medida se repetirá cada 0.3 – 0.4 m a lo largo de la fila, en varias filas de la parcela, hasta tener un total de unas 50 – 100 medidas por parcela. Multiplicando el dato medio obtenido (P) por los

metros lineales de fila por ha ($L = 10000/C$) obtendremos la SA del sistema de conducción (m^2/ha)

Metodos indirectos.

La determinación de la S.A. es fácil en viñedos con vegetación dirigida o conducida pues podemos modelizar la geometría de las filas y asemejarlas a formas geométricas cuya superficie externa sea fácilmente calculable, tal es el caso de las espalderas despuntadas, cuya forma se puede semejar a un paralelepípedo. Por el contrario, resulta difícilmente calculable en vasos de desarrollo medio, difíciles de modelizar, en estos casos se puede recurrir a la expresión de Carbonneau (1991)

$$S.F.E.real = LA.I. \cdot \%PPFD$$

PPFD: densidad de flujo de fotones fotosintéticamente activos ($mol \text{ de fotones}/(m^2 \cdot s)$).

La dificultad en la elaboración de este índice está en la falta de medios del viticultor, cuya solución estaría en la contratación a una empresa de servicios con consultoría y asesoría. Por otro lado, tienen un inconveniente metodológico: hay que considerar en qué momento del día se realiza la medida o bien si se piensa hacer un balance diario de radiación recibida.

Relación entre el porcentaje de suelo sombreado y la superficie externa SA

El cálculo de la superficie de suelo sombreada a mediodía solar ha sido un parámetro usado en almendro (Fererer 1978), vid (Williams 1991 y Williams y Ayars, 2005) para estimar el coeficiente de cultivo k_c en el cálculo de las exigencias hídricas del mismo basándose en su estrecha relación con la SA y el LAI. Este dato presenta una muy buena relación con la superficie externa de hojas. La mayoría de los autores antes citados trabajan con formas en volumen, cuya sombra varía relativamente poco en forma y tamaño a lo largo del día. Generalmente la medida de referencia se realiza a las 12:00 solar. Williams y Ayars (2005) establecieron una relación a las 12:00 solares para el viñedo con un sistema alineado, de porte libre descendente con orientación de las líneas este-oeste (Figura 14). La relación obtenida serviría para sistemas similares, es decir, formas de vegetación alineadas con la misma orientación. Análogamente, se podría establecer una relación a partir de las medidas de sombra proyectadas por una espaldera, orientada norte-sur, aunque habría que variar la hora de referencia pues a las 12:00 solar no hay diferencias entre sombras de espalderas de diferente altura, pudiéndose establecer una hora antes del mediodía o una hora después, por ejemplo. Una vez establecida esta relación, ésta podría servir para formas de conducción diferentes a la espaldera.

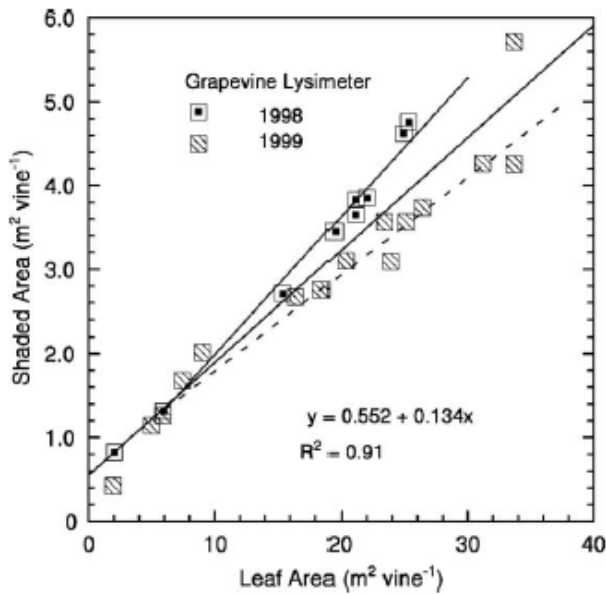


Figura 14. Relación entre el desarrollo foliar por cepa y la superficie de suelo sombreada

7.3. Superficie foliar total (LAI)

Definición

Es la superficie foliar desarrollada por el cultivo, sana y en actividad. Representa la potencialidad productiva del cultivo. Su relación con otros parámetros, como la SA nos da el grado de amontonamiento de la vegetación e indirectamente, el microclima de la zona de racimos.

La evolución ideal del LAI a lo largo de la campaña sería una tendencia ascendente hasta tamaño guisante para mantenerse lo más posible a lo largo del proceso de maduración del fruto y finalmente descender debido al envejecimiento de las hojas, a costa de las más basales, principalmente, y luego continuar su descenso hasta la caída de la hoja (Figura 15). Cuando hay un crecimiento constante de la superficie foliar durante la fase de maduración de las bayas es síntoma de desequilibrio por carga baja (número de yemas por m² de suelo), exceso de agua, y/o exceso de fertilización nitrogenada.

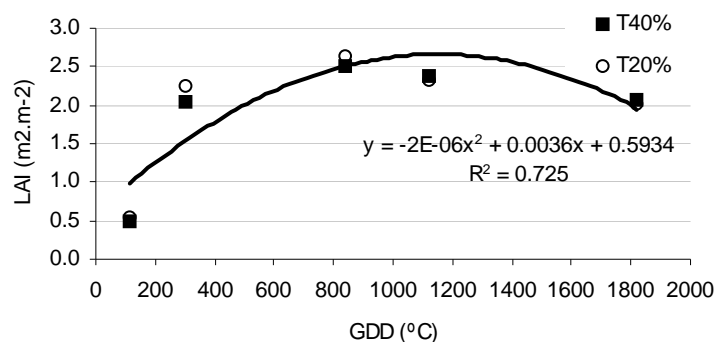


Figura 15. Evolución de la superficie foliar total en cv Tempranillo en Madrid sometido a dos regimenes hídricos kc = 40% y kc = 20% de la ETo

Material de campo

Regla en cm

Carpeta de campo o cinta grabadora

Etiquetas para marcar las cepas
Etiquetas para marcar los pámpanos

Procedimiento

a) Procedimiento no destructivo para determinar la superficie del pámpano medio

La determinación de la superficie foliar total se basa en la relación entre la longitud del nervio central de la hoja y su superficie foliar. Para esta establecer tal relación se ha de muestrear una número grande de hojas (unas 100) muy variables en tamaño para que la relación sea válida para hojas jóvenes y adultas.

En cada hoja se mide la longitud del nervio central y a continuación se pasa por un medidor de área foliar. A continuación se calcula la relación que liga ambos parámetros. Algunas relaciones encontradas se muestran en la Tabla 4

Tabla 4. Relación entre la longitud del nervio central de la hoja y su superficie foliar.

Variedad	Relación longitud del nervio central (L) - superficie foliar (S)	Coefficiente de correlación y significación estadística
Cabernet-Sauvignon	$S \text{ (cm}^2\text{)} = 1.21 L \text{ (cm)} + 0.38$	$R^2 = 0.94$ ***
Garnacha	$S \text{ (cm}^2\text{)} = 1.22 L \text{ (cm)} + 0.24$	$R^2 = 0.96$ ***
Tempranillo	$S \text{ (cm}^2\text{)} = 1.06 L \text{ (cm)} + 16.71$	$R^2 = 0.92$ ***

El siguiente paso consiste en marcar entre 8 – 15 cepas por parcela y muestrear un 30% de sus pámpanos. Las cepas y los pámpanos elegidos han de ser lo más representativos de los pámpanos que integran la parcela a evaluar, de su vigor, tanto por su longitud, diámetro, como por la emisión de laterales, si los hubiera, tanto en número como en desarrollo de éstos. En estos pámpanos se mide la longitud del nervio central en una de cada tres hojas, comenzando por la primera hoja del tallo principal (la más basal) y avanzando en orden creciente de rangos. Cuando se termina con el tallo principal se procede de forma análoga con los laterales. Se comienza con el primer lateral inserto en el nudo de rango más inferior. Cuando se termina se continúa con el lateral de orden siguiente como si fuese un tallo continuación del anterior.

Cálculo de la superficie foliar total por cepa

A partir de la relación longitud del nervio central – superficie foliar establecida para la variedad en estudio, se calcula la superficie foliar de todas la hojas medidas.

Para determinar la superficie foliar total de cada pámpano se multiplica el dato anterior por 3, dado que se habían medido 1/3 de las hojas del pámpano.

A continuación se calcula la superficie total del pámpano medio.

Para determinar la superficie foliar total por cepa se multiplica la superficie foliar del pámpano medio por el número de pámpanos por planta.

El LAI se obtendría dividiendo el dato anterior entre el marco de plantación.

b) Procedimiento destructivo para calcular la superficie del pámpano medio

Consiste en establecer una relación entre la longitud del pámpano y su superficie foliar. Esta relación es válida sólo para cada el estado fenológico en el que se determina o bien, para fases siguientes siempre y cuando el desarrollo vegetativo haya cesado.

Se muestrean entre 15 – 20 pámpanos representativos del desarrollo vegetativo de la viña. Para cada pámpano se separan las hojas del tallo principal de la de cada uno de sus nietos y se pasan por el medidor de área foliar en grupos independientes. Por otro lado se mide la longitud del tallo principal y la de cada uno de sus nietos. En un gráfico XY se representan las parejas de datos longitud de tallo – superficie foliar del tallo. Con el conjunto de todos los pámpanos se calcula la relación que mejor se ajusta.

Cálculo de la superficie foliar total por cepa y cálculo del LAI

En el campo se eligen unas 10 plantas representativas y se mide la longitud de todos los pámpanos tanto la de los principales como los laterales.

Con la relación anteriormente establecida se obtiene la superficie foliar total de cada pámpano y de la suma de la superficies de todos los pámpanos de cada cepa muestreada se obtiene la superficie foliar total por cepa.

Dividiendo la superficie foliar total media por cepa entre el marco de plantación obtenemos el LAI.

9. Referencias bibliográficas

- Archer, E. y H.C. Strauss. 1990. The effect of vine spacing on some physiological aspects of *Vitis vinifera* L. (cv. Pinot noir). S.Afr.J. Vitic.Enol.
- Baeza, P. 1994. Caracterización eco fisiológica y evaluación agronómica de diferentes sistemas de conducción del viñedo (*Vitis vinifera* L) en regadío. Tesis Doctoral de la Universidad Politécnica de Madrid. 209 pp.
- Baeza, P., V. Sotés, C. Ruiz, M.C. Bartolomé y J.R. Lissarrague. 1993. Seasonal variation of sunlight interception in grapevine training systems. Compte rendu GESCO no6. Reims (France) 14-16 Avri1993. 144-146 pp.
- Carbonneau, A. 1980. Recherche sur les systèmes de conduite de la vigne: essai de maitrise du microclimat et de la plante entiere pour produire economiquement du raisin de qualité. Tesis Doctoral de la Universidad de Burdeos n. Ed. INRA. 235 pp.
- Carbonneau, A. 1989. L'exposition utile du feuillage: definition du potentiel du système de conduite. GESCO n°4: 25-47 pp.
- Carbonneau, A. y G. Carneglio. 2003. Architectures de la vigne et systèmes de conduite. Ed. Dunod. 188 pp.
- Casteran, P.1971. Conduite de la vigne. En: Sciences et techniques de la vigne. Tome II. 101-203 pp. Ed. Paris.
- Hunter, J.J. 1998a. Plant spacing implications for grafted grapevine I. Soil characteristics, root growth, dry matter partitioning, dry matter composition and soil utilisation. S. Afr. J. Enol. Vitic. 25 – 34.
- Hunter, J.J. 1998b. Plant spacing implications for grafted grapevine II. Soil water relations, canopy physiology, vegetative and reproductive characteritics, grape composition, wine quality and labour requirements. S. Afr. J. Enol. Vitic. 35 – 51.
- Martínez de Toda, F. 1989. Modificación del microclima en la zona de racimos del tipo de conducción en vaso como consecuencia de diferentes operaciones de poda en verde. GESCO – Groupe Europeen d'etude des systemes de conduite de la vigne. Compte rendu n° 4. INRA de Bordeaux. 129 – 136.
- Mullins, M. G., A. Bouquet and L. E. Williams. 1992. Biology of the grapevine. Cambridge University Press. 239 pp.
- Murisier, F. 2000. Denominación de origen controlada (AOC) y prácticas culturales en viticultura. La Semana Vitivinícola no2788: 188 pp.
- Murisier, F. 1993. Influence de l'orientation des rangs sur le comportement de la vigne. Revue Suisse de Viticulture, Arboriculture et Horticulture. 25(4) : 213-217 pp.
- Murisier, F y V. Zufferey. 1999. Influence de l'orientation des rangs sur le comportement agronomique de la vigne. Revue Suisse de Viticulture, Arboriculture et Horticulture. 31(5) : 235-239 pp.
- Peláez Rivera, H. 1999. Balance de radiación fotosintéticamente activa, microclima luminoso y evaluación fisiológica y agronómica de distintos sistemas de conducción en diferentes regímenes hídricos en el cultivo de la vid (*Vitis vinifera* L.). Tesis Doctoral de la

- Universidad Politécnica de Madrid. 272 pp.
- Reynier, A. 1999. Raisonner le choix du système de conduite. En Manuel de Viticulture capítulo 2. 8a ed. 183-204 pp.
- Shaulis, N., H. Amberg y D. Crowe. 1966. Response of Concord grapes to light, exposure and Geneva Double Curtain training. Am.Soc Horitc.Sci. 89:268-280 pp.
- Schneider, C. 1992. Quelles techniques de conduite adopter pour favoriser la qualité et maîtriser la production. Sitivinitech. Burdeos: 265-276 pp
- Smart, R. 1973. Sunlight interception by vineyards. Am.J.Enol Vitic. 24(4):141-147 pp.
- Smart, R. y Robinson. 1991. Sunlight into wine. Winetitles. 88 pp.
- Yuste, J. 1995. Comportamiento fisiológico y agronómico de la vid (*Vitis vinifera* L) en diferentes sistemas de conducción en secano y regadío. Tesis Doctoral de la Universidad Politécnica de Madrid. 280 pp.