

UTILIZACIÓN DE CUBIERTAS VEGETALES EN VIÑEDOS DE LA D.O.Ca. RIOJA (ESPAÑA)

S. Ibáñez⁽¹⁾, J.L. Pérez⁽¹⁾, F. Peregrina⁽¹⁾, E. García-Escudero⁽¹⁾

⁽¹⁾Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (CSIC-Universidad de La Rioja-Gobierno de La Rioja).
Servicio de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agroalimentario
Ctra. Mendavia-Logroño NA 134, Km. 90. 26071 Logroño, La Rioja, España
viticultura3.cida@larioja.org

ABSTRACT 1ST LANGUAGE

The maintenance of soil through cover crops provides several agricultural and vine-growing advantages, compared to conventional tillage, which contribute to the rational and sustainable management of the crop. The experiment was carried out in a vineyard of cv. Tempranillo, trained as a bush system, with two types of cover crops and a control treatment. Results show the capacity of cover crops to achieve a balance between yield and vegetative growth of vines, thus improving both the vine microclimate and the polyphenol content in wines. At ecophysiological level, competition developed between the cover crop and the vines for water resources has shown leaf water potential values below the tillage. Similarly, the parameters that characterize the gas exchange of the plant have maintained their levels below tillage. The differences were more pronounced around the stage of fruit set, while from veraison values are approaching between treatments.

ABSTRACT 2ND LANGUAGE

El mantenimiento del suelo a través de cubiertas vegetales aporta una serie de ventajas de tipo agronómico y vitícola, con respecto al laboreo tradicional, que contribuyen al manejo racional y sostenible del cultivo. El ensayo se ha planteado sobre el cv. Tempranillo, conducido en vaso, con dos tipos de cubierta vegetal y un tratamiento testigo. Los resultados muestran la capacidad de la cubierta vegetal para lograr un equilibrio entre el rendimiento y el desarrollo vegetativo de la vid, mejorando así tanto el microclima de la cepa como la carga polifenólica de los vinos. A nivel ecofisiológico, la competencia establecida entre la cubierta y el viñedo por los recursos hídricos ha ocasionado valores de potencial hídrico foliar inferiores al laboreo. De forma similar, los parámetros que caracterizan el intercambio de gases de la planta han mantenido en las cubiertas niveles por debajo de los observados en el laboreo. Las diferencias han sido más acusadas entorno a la fase de cuajado, mientras que a partir de envero los valores se han aproximado más entre los tratamientos.

INTRODUCCIÓN

La cubierta vegetal constituye un sistema de mantenimiento del suelo eficaz en los modelos de agricultura sostenible (Ingelmo, 1998). Su efecto sobre el aumento de la biodiversidad y la proliferación de enemigos naturales de las plagas habituales del viñedo, sobre la mejora de la calidad del suelo, sobre la reducción de los riesgos de erosión y de transferencia de agroquímicos a las aguas, sobre la captura del CO₂ atmosférico y posterior almacenamiento bajo forma orgánica en el suelo y sobre la limitación de una excesiva utilización de los inputs agrarios, contribuye al manejo racional y sostenible del cultivo, permitiendo la puesta en marcha de una viticultura respetuosa con su entorno. En este sentido, la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV, 2005) considera, en su guía sobre la vitivinicultura sostenible (Proyecto de Resolución Provisional CST/05/318/Et.5), que el mantenimiento del

suelo con cubierta vegetal constituye una alternativa muy interesante para una “viticultura sostenible”.

Además de la “sostenibilidad ambiental” también resulta interesante alcanzar una “sostenibilidad económica”. En este sentido, la inversión, puesta en marcha y mantenimiento realizados en las cubiertas vegetales pueden compensarse no sólo por la reducción de los costes ambientales, sino también por la menor necesidad de laboreo del suelo, con la consiguiente merma de los costes energéticos, así como por la limitación en el uso de plaguicidas y herbicidas.

En los viñedos del entorno mediterráneo, las cubiertas vegetales constituyen una herramienta adecuada para contener, a través de la competencia establecida con el viñedo por el agua y los nutrientes, tanto la expresión vegetativa del viñedo como su potencial productivo. A partir de estas condiciones, resulta factible alcanzar un equilibrio adecuado entre la componente productiva y vegetativa, lo que a su vez puede favorecer una mejor exposición y microclima de racimos, logrando aumentar la calidad de los mostos y vinos producidos.

La competencia que se crea por el agua puede modificar, espacial y temporalmente, el régimen hídrico del viñedo (Celette *et al.*, 2008). Asimismo, la incidencia que las cubiertas vegetales tienen en la disponibilidad hídrica de la vid a lo largo de su ciclo vegetativo puede limitar, en mayor o menor medida, fenómenos ecofisiológicos como la apertura estomática y la capacidad fotosintética de las hojas. Estos dos procesos condicionan tanto el rendimiento global como la acumulación de fotoasimilados, por lo que resulta necesario abordar el estudio de las bases ecofisiológicas de las respuestas de la vid a la disponibilidad hídrica (Medrano, García-Escudero, 1999). En todo caso, el mantenimiento de la cepa en un cierto grado de déficit hídrico requiere una medida o estimación del estatus hídrico de la planta (Medrano *et al.*, 2007). Para la determinación del estado hídrico de la vid pueden emplearse distintas técnicas, desde las que evalúan la humedad del suelo hasta las que monitorizan la planta. Entre estas últimas, una de las más empleadas por su precisión, fiabilidad y sencillez, es el de la medición del potencial hídrico foliar mediante la cámara de presión (Scholander *et al.*, 1965).

Como consecuencia del déficit hídrico, uno de los primeros efectos que se manifiestan en las hojas a nivel ecofisiológico es la reducción de la apertura estomática (Schultz, 2003; Chaves *et al.*, 2010). De esta forma, en respuesta a situaciones de estrés hídrico y ante un incremento del déficit de presión de vapor, las plantas regulan su nivel de transpiración controlando el grado de apertura de sus estomas, manteniendo así tanto el potencial de agua de los tejidos como la integridad del xilema (Prieto *et al.*, 2010). Esta regulación también incidirá en el proceso de fotosíntesis, base de todas las cadenas metabólicas a partir del cual se producen los fenómenos de edificación vegetal y acumulación de fotoasimilados (Lissarrague *et al.*, 2010).

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se ha centrado en la variedad Tempranillo, injertada sobre R-110 y conducida en vaso con un marco de plantación de 2,90 x 1,15 m. Se han dispuesto tres tratamientos: laboreo (LAB), cubierta vegetal sembrada con *Bromus catharticus* Vahl cv. Samson (BRO) y cubierta vegetal espontánea (ESP). En todos los tratamientos se ha mantenido, a ambos lados de la línea de plantación, el sistema de gestión del suelo propuesto. El diseño experimental se ha establecido en bloques al azar, con tres repeticiones para cada uno de

los tratamientos y con 40 cepas por repetición. Los datos presentados se refieren a las campañas 2009 y 2010. Para los parámetros ecofisiológicos se expondrán los resultados obtenidos en 2010.

Durante la fase de maduración, se valoró la superficie foliar desarrollada por las cepas mediante la estimación del índice de área foliar (LAI, m^2/m^2) y de la superficie foliar expuesta (SFE, m^2/m^2). Para ello se estudiaron seis cepas por tratamiento y repetición, basándose en el método no destructivo propuesto por Carbonneau (1976) para el cálculo del LAI y asimilando la SFE de la cepa a la figura geométrica de un cono invertido.

En el momento de la vendimia, se determinaron diversos parámetros productivos como el rendimiento unitario (kg/cepa), el número de racimos por cepa, el peso medio de 100 bayas (g) y el peso del racimo (g). Así mismo, mediante muestreo aleatorio de 500 bayas para cada tratamiento y repetición, se obtuvieron muestras con objeto de analizar los siguientes parámetros de calidad del mosto: grado probable ($^{\circ}$ Bé), acidez total (g/l de ácido tartárico), pH, ácido tartárico (g/l), ácido málico (g/l) y potasio (mg/l). Todos los tratamientos se vendimiaron por repeticiones, realizando después la microvinificación de los mismos. La uva fue despalillada, estrujada, sulfitada (50 mg/l) y elaborada según el método tradicional en Rioja, fermentando en depósitos de 110 l. En todos estos depósitos se realizó la fermentación alcohólica con inoculación de levaduras secas activas. Posteriormente tuvo lugar la fermentación maloláctica, con siembra de bacterias seleccionadas. Estas dos inoculaciones se efectuaron con la intención de controlar y homogeneizar los microorganismos fermentativos desde el inicio del proceso. Tras concluir la fermentación maloláctica, se procedió a realizar el análisis de los siguientes parámetros de calidad de vinos: grado alcohólico (%vol), pH, potasio (mg/l), intensidad de color, tonalidad, antocianos (mg/l) e Índice de Polifenoles Totales (IPT 280nm). Asimismo, en el mes de noviembre, se llevaron a cabo trabajos de poda para determinar el peso de madera de poda (kg madera/cepa), el nº de pámpanos por cepa, el peso medio del sarmiento (g) y el Índice de Ravaz (kg uva cepa/kg madera cepa).

Se efectuaron mediciones de intercambio de gases y de potencial hídrico foliar en distintas fases del ciclo vegetativo. El potencial hídrico foliar se evaluó mediante la técnica de la cámara de presión (Scholander *et al.*, 1965) con un equipo *Plant Moisture Measurement* (Skye Instruments Ltd., Llandrindod. Wells, U.K.) de la casa *Skye*, el cual disponía de un manómetro con precisión de 0,02 MPa. En todos los casos se efectuaron medidas sobre hojas soleadas y adultas del tercio medio del pámpano, a razón de 3 hojas por tratamiento y repetición. Se realizaron medidas de potencial hídrico foliar de base o pre-down (Ψ_0) antes de la salida del sol, a las 9 horas solares ($\Psi_{9h.s.}$) y al mediodía solar ($\Psi_{12h.s.}$). Para el estudio de los efectos de las cubiertas vegetales sobre la ecofisiología de la vid y, más concretamente, sobre el intercambio de gases entre la planta y la atmósfera, se ha realizado un seguimiento de los valores de conductancia estomática (g_s), fotosíntesis neta (A) y transpiración (E) de las hojas. Estos valores se registraron con un analizador de intercambio de gases Li-6400 (Li-Cor Inc., Nebraska, U.S.A.). Las medidas se efectuaron paralelamente a la determinación del potencial hídrico foliar, de tal forma que la misma hoja que se utilizó para analizar el intercambio gaseoso sobre la cepa, se empleó a continuación para medir el potencial hídrico tras cortar la hoja en cuestión. En este trabajo, se ofrecen los datos correspondientes a la medida del mediodía solar.

El análisis estadístico de los datos resultantes se ha elaborado mediante técnicas de análisis de la varianza (ANOVA) con el programa SPSS para Windows versión 12.0. En las tablas adjuntas, los asteriscos se refieren al nivel de significación. Así, *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$ y ns: no significativo. Por su parte, las letras distintas en una misma columna que siguen a los valores, sirven para reflejar las diferencias entre tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La implantación de la cubierta vegetal ha logrado contener tanto el rendimiento como el crecimiento vegetativo de las cepas mantenidas a través de este sistema de gestión del suelo. En lo que respecta al rendimiento unitario, los dos tratamientos con cubierta vegetal propuestos (SEM y ESP) han reducido el mismo de manera significativa con respecto al testigo (LAB), aunque el tratamiento SEM lo ha hecho con algo más de intensidad que el tratamiento ESP. Este descenso en la producción se fundamenta en una disminución tanto del peso del racimo como del peso de la baya, mientras que el número de racimos por cepa de los distintos tratamientos no presenta una variación lo suficientemente amplia como para incidir en el rendimiento unitario de una manera importante (Tab. 1).

Por su parte, el empleo de cubiertas vegetales ha reducido, con respecto al laboreo, los valores obtenidos para el peso de la madera de poda y el peso medio del pámpano (Tab. 1), limitando así el desarrollo vegetativo del viñedo.

Las cubiertas vegetales, además de disminuir las expresiones productiva y vegetativa de la cepa, han logrado equilibrar estas dos componentes de una forma más favorable que el testigo. De hecho, observando los valores del Índice de Ravaz (Tab. 1), considerado como un buen estimador para evaluar el equilibrio vegetoproductivo, se aprecia que los valores del mismo en las cubiertas vegetales se encuentran comprendidos en el rango 4-7, propuesto por García-Escudero *et al.*(2006) para las condiciones medias de cultivo en la D.O.Ca. Rioja y en la variedad Tempranillo, mientras que el tratamiento LAB adopta niveles que se sitúan ligeramente por debajo de este intervalo.

Tabla 1: Datos de producción y vegetativos.
Ensayo de Cubiertas Vegetales. Valores medios de 2009 y 2010.

	LAB	SEM	ESP	G.S.
Nº Racimos/cepa	9,19	9,46	8,96	n.s.
Rendimiento. (kg/cepa)	2,68 a	2,25 b	2,39 ab	*
Peso racimo (g)	281,06 a	233,34 b	253,79 ab	*
Peso 100 bayas (g)	214,67 a	184,05 b	181,13 b	***
Peso madera/cepa (kg)	0,735 a	0,505 b	0,414 b	**
Nº pámpanos/cepa	7,60	7,67	7,10	n.s.
Peso medio sarmiento(g)	97,59 a	65,75 b	58,77 b	**
Índice de Ravaz	3,73 b	4,98 ab	6,32 a	*

Analizando el desarrollo foliar, a través del LAI y de la SFE (Tab. 2), queda confirmada la reducción de la expresión vegetativa de la planta como consecuencia de la implantación de las cubiertas vegetales, tal y como se ha expuesto para los parámetros que caracterizan el peso de la madera de poda y el peso del sarmiento. Asimismo, si se considera el porcentaje del total del LAI con el que contribuyen los nietos, por un lado, y el porcentaje del LAI aportado por las hojas principales, por otra parte, puede concluirse que la disminución de la superficie foliar detectada en las cepas situadas en la cubierta vegetal ha sido debida al menor crecimiento experimentado por los nietos en estos tratamientos. Por su parte, este menor desarrollo foliar secundario se encuentra asociado a una menor relación LAI/SFE, lo que se traduce en un menor solapamiento de hojas y en un microclima más favorable para la cepa. Esta mejora de la componente microclimática podrá condicionar, de forma positiva, aspectos relacionados con la sanidad vegetal de la planta, la maduración y la acumulación de sustancias polifenólicas en la baya.

Tabla 2: Superficie foliar.
Ensayo de Cubiertas Vegetales. Valores medios de 2009 y 2010.

	LAB	SEM	ESP	G.S.
LAI (m²/ m²)	1,62 a	1,09 b	1,08 b	***
SFE (m²/ m²)	1,31 a	1,03 b	1,04 b	**
% LAI ppales.	32,3 b	44,9 a	48,8 a	*
% LAI nietos	67,7 a	55,1 b	51,2 b	*
LAI/SFE	1,28 a	1,07 b	1,04 b	*

En referencia a los parámetros que determinan la calidad del mosto (Tab. 3), cabe señalar una incidencia significativa de las cubiertas vegetales en el aumento del grado probable y del contenido en potasio. Estos incrementos se vinculan tanto a la disminución en el rendimiento unitario como a la variación de la relación fuente/sumidero producidas por efecto de las cubiertas vegetales. Aunque no se han detectado variaciones significativas entre tratamientos ni en el pH de los mostos ni en los valores mostrados por los principales ácidos orgánicos de la uva, el mayor nivel de potasio alcanzado por los tratamientos de cubierta vegetal puede condicionar el pH del vino. En este sentido, la analítica de los vinos (Tab. 4) refleja la existencia de diferencias estadísticamente significativas en el pH, otorgando los mayores valores a los tratamientos de cubierta vegetal.

Por otro lado, se ha observado que la implantación de la cubierta vegetal ha tenido una incidencia significativa sobre la intensidad de color, el índice de polifenoles totales y el nivel de antocianos del vino, lo que en gran medida ha condicionado el color de los vinos (Tab. 4). Posiblemente, el aumento de la carga polifenólica se ha podido ver impulsado por la existencia de un tamaño de baya más reducido en los tratamientos de cubierta vegetal, el cual ha proporcionado una relación hollejo/pulpa mayor. Además, el microclima más favorable en la zona de racimos que se genera en estos tratamientos de cubiertas también ha contribuido a intensificar el color de los vinos.

Tabla 3: Análisis de mostos.
Ensayo de Cubiertas Vegetales. Valores medios de 2009 y 2010.

	LAB	SEM	ESP	G.S.
Grado Probable (°Bé)	13,27 b	13,74 ab	14,04 a	*
pH	3,58	3,63	3,65	n.s.
A. Total (g/l tart)	4,61	4,40	4,35	n.s.
A. Tartárico (g/l)	5,71	5,44	5,33	n.s.
A. Málico	1,92	1,91	1,98	n.s.
Potasio (mg/l)	1.626,0 b	1.680,3 a	1.686,7 a	*

Tabla 4: Análisis de vinos.
Ensayo de Cubiertas Vegetales. Valores medios de 2009 y 2010.

	LAB	SEM	ESP	G.S.
Grado (% vol)	13,02 b	13,48 ab	13,83 a	*
pH	3,91 b	4,00 a	3,98 a	*
Potasio (mg/l)	1.374,9 b	1.534,8 a	1.530,9 a	**
Intensidad color	7,93 b	8,73 a	8,66 a	*
Tonalidad	0,698	0,699	0,689	n.s.
IPT 280 nm	48,33 b	54,80 a	52,19 ab	*
Antocianos (mg/l)	676,86 b	768,75 a	765,10 a	**

En general, el progresivo agotamiento del agua en el suelo a lo largo del ciclo vegetativo ha promovido un descenso gradual de los tres tipos de potencial hídrico foliar analizados, observándose una ligera recuperación al final del ciclo (más notoria en la medida del $\Psi_{9h.s.}$), fruto de la aparición de condiciones atmosféricas menos favorables para el estrés hídrico. Como consecuencia del efecto competitivo entre la cubierta y el viñedo, este descenso del potencial hídrico estacional ha sido más acusado en los tratamientos de cubierta vegetal que en el laboreo. En estas condiciones de restricción hídrica, el crecimiento vegetativo es lo primero que se ve afectado. En este sentido, estudios de Ojeda (2007) indican que, a partir de valores de Ψ_0 próximos a -0,4 MPa, se establecen condiciones favorables para que se inicie una restricción de grado medio en el crecimiento de la vid. Considerando esta referencia, y en función de los resultados que se presentan en la Fig. 1 para Ψ_0 , se puede apreciar cómo los tratamientos de cubiertas vegetales han iniciado estos periodos de estrés hídrico con anterioridad al laboreo. Esta situación ha tenido una repercusión directa en el desarrollo vegetativo y foliar de las cepas que se mantienen sobre la cubierta vegetal, tal y como se ha manifestado anteriormente. Asimismo, Ojeda indica que, entre las fases de cuajado y envero, el estado hídrico de la vid va a tener una marcada influencia sobre el tamaño de la baya, puesto que durante este periodo una restricción hídrica disminuiría el volumen celular. Este autor plantea que niveles de Ψ_0 comprendidos entre -0,6 MPa y -0,8 MPa podrían reducir el volumen de la baya (de una forma media en el primer caso e intensa en el segundo). Valorando la reducción controlada del peso de la baya como un objetivo de calidad, a través de los correspondientes aumentos de la relación hollejo/pulpa y de la concentración de compuestos fenólicos, se observa en la Fig. 1 cómo la evolución estacional del Ψ_0 propicia la obtención de niveles de estrés hídrico favorables para la obtención de bayas de menor tamaño en los tratamientos de cubiertas vegetales. Concretamente, en el año 2010 estas condiciones empezaron a manifestarse en las cubiertas vegetales a partir del inicio del mes de agosto, mientras que en el laboreo se alcanzaron esos niveles unos 20 días después.

Por su parte, el $\Psi_{12h.s.}$ es un buen indicador del estado hídrico de la cepa en plena actividad fisiológica y refleja el grado máximo de estrés que puede alcanzar la misma. Pero según las experiencias de Intrigliolo y Castel (2006) sobre cv. Tempranillo, es posible que en momentos de cierto estrés hídrico la planta cierre sus estomas entorno al mediodía, por lo que los valores de $\Psi_{12h.s.}$ tienden a igualarse, independientemente del déficit hídrico de la planta. Estos autores detectaron que esta situación se producía cuando el Ψ_0 se situaba por debajo de -0,54 MPa. En este sentido, los resultados observados en la Fig 1. corroboran este planteamiento. Por tanto, a partir del umbral citado para el Ψ_0 , parece más conveniente establecer el análisis con las referencias del Ψ_0 o del $\Psi_{9h.s.}$ más que con las del $\Psi_{12h.s.}$

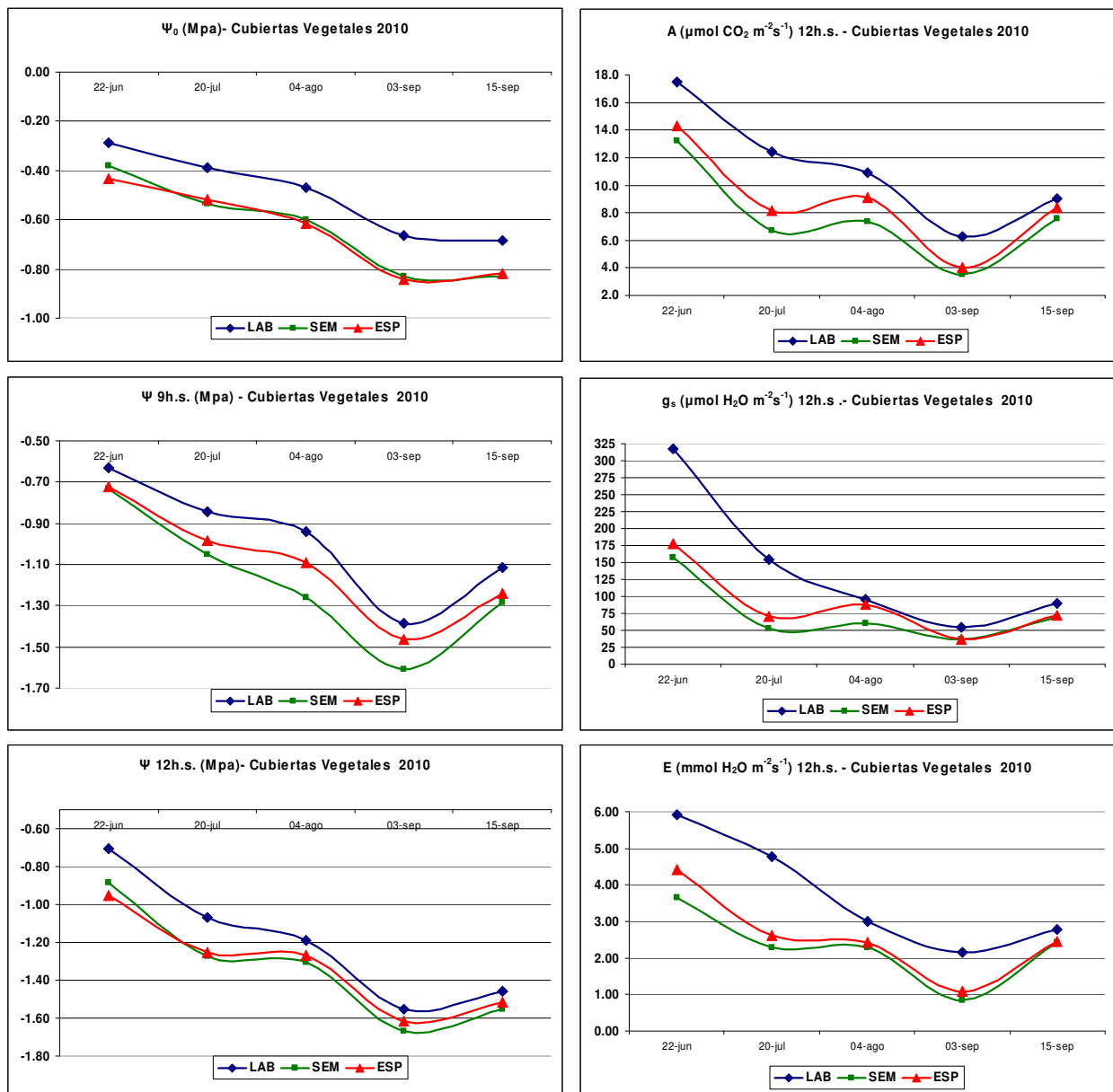


Figura 1: Evolución estacional de los parámetros ecofisiológicos. Ensayo de Cubiertas Vegetales. Datos medios de 2009 y 2010.

La conductancia estomática ha disminuido a lo largo del ciclo vegetativo a medida que se ha ido limitando la disponibilidad hídrica para la planta. En este sentido, la gestión del suelo mediante cubiertas vegetales ha limitado el valor de la conductancia estomática en función del grado de competencia hídrica que cada tipo de cubierta ha establecido con el viñedo. A su vez, esta competencia disminuido, además de la disponibilidad de agua para la vid, el desarrollo vegetativo de la misma y, por tanto, también el consumo hídrico de la planta. Como consecuencia de ello, los valores de g_s al inicio del ciclo fueron menores en las cubiertas vegetales que en el laboreo, debido al consumo hídrico ejercido por la cubierta en esta época. A partir de la fase de envero y hasta la vendimia, g_s ha tendido a igualarse entre tratamientos como consecuencia de la menor superficie foliar transpirante desarrollada por la cubierta vegetal con respecto al laboreo y por los riegos de apoyo efectuados (Fig. 2). Aún así, el mayor déficit hídrico acumulado a lo largo del ciclo en las cubiertas vegetales ha mantenido los valores de g_s de ambas cubiertas por debajo de los del tratamiento testigo.

De forma paralela a la trayectoria marcada por g_s , y conforme van disminuyendo los recursos hídricos en el suelo, se reduce el potencial hídrico foliar y bajan ostensiblemente las tasas de fotosíntesis y transpiración.

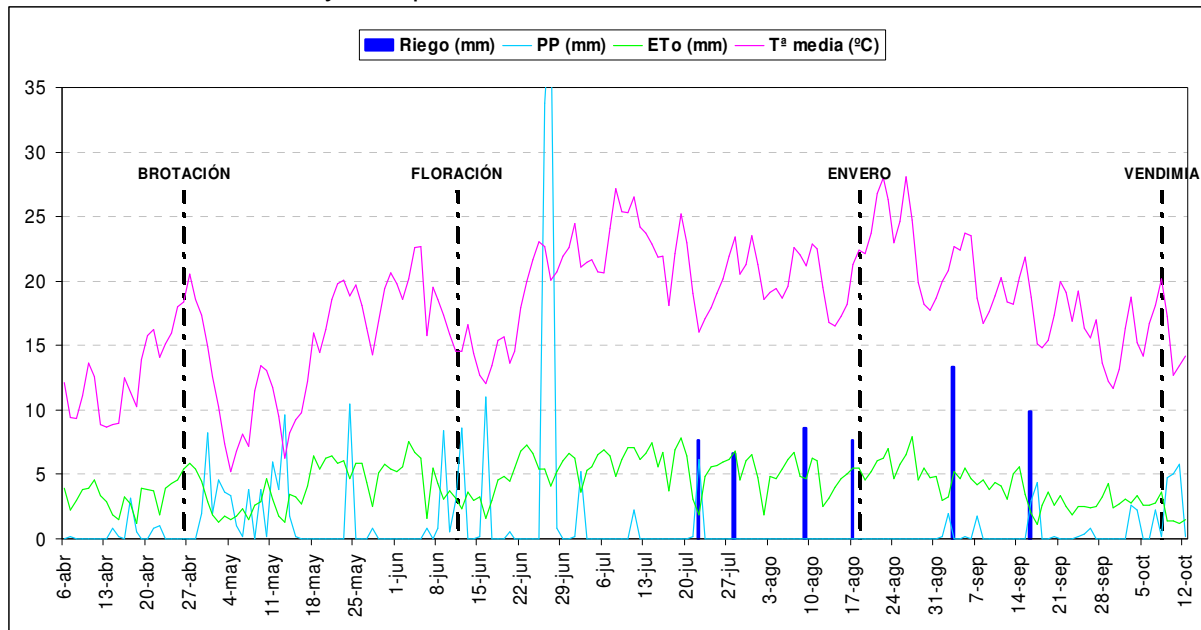


Figura 2: Caracterización meteorológica del ciclo vegetativo del año 2010: Riegos de apoyo, Precipitación (PP), Evapotranspiración de Referencia (ETo) y Temperatura media diaria (T^a media).

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en esta experiencia, el mantenimiento del suelo a través de cubiertas vegetales ha contribuido a lograr, con respecto al sistema de laboreo, rendimientos más equilibrados y un desarrollo vegetativo más contenido que favorece, a su vez, una mejor exposición de racimos. En estas condiciones, se ha observado que existe una clara incidencia de la cubierta vegetal sobre el aumento de la carga polifenólica de los vinos obtenidos. A su vez, la concentración de azúcares en los mostos y el grado alcohólico de los vinos han expresado, de forma paralela a la reducción de rendimiento, un aumento de valor en los tratamientos de cubiertas.

El factor que más ha condicionado la acidez de los mostos y vinos elaborados ha sido la variación en el contenido de potasio entre tratamientos, donde las cubiertas vegetales se han mostrado proclives hacia una mayor acumulación de este elemento en la baya, con los correspondientes efectos sobre el aumento del pH del vino.

Los valores recogidos para los parámetros de fotosíntesis neta (A), conductancia estomática (g_s) y transpiración (E), han ofrecido entre sí un comportamiento estacional similar, influenciado tanto por la limitación de recursos hídricos ejercida por la cubierta vegetal como por las condiciones atmosféricas de cada momento. En este sentido, se ha observado cómo la competencia hídrica, llevada a cabo por la cubierta vegetal, ha afectado a los distintos parámetros que intervienen en el intercambio de gases fundamentalmente en las proximidades de la fase de cuajado. Posteriormente, y dentro de una tendencia decreciente, los valores de A , g_s y E se han aproximado más estrechamente entre los tratamientos. A ello

ha contribuido el efecto del cierre estomático en condiciones de estrés hídrico y la reducción de la superficie foliar evapotranspirativa en los tratamientos de cubierta vegetal.

AGRADECIMIENTOS

Para poder desarrollar este trabajo, se ha contado con financiación del Gobierno de La Rioja, a través de la convocatoria anual de Proyectos Regionales, así como de financiación del Programa Nacional de Proyectos de Investigación Fundamental-I.N.I.A. en el marco del Proyecto: “Utilización de cubiertas vegetales en el viñedo como alternativa a técnicas tradicionales de mantenimiento del suelo. Incidencia de la presencia de cubierta vegetal sobre la calidad del suelo, la ecofisiología de vid, el control de la expresión vegetativa y del potencial productivo, y la calidad de mostos y vinos” (RTA2009-00101-00-00).

BIBLIOGRAFÍA

- Carbonneau A., 1976. Principes et méthodes de mesure de la surface foliaire. Essai de caractérisation des types de feuilles dans le genre *Vitis*. *Annales de l'Amélioration des Plantes*, nº 26: 327-343.
- Celette F., Gaudin R., Gary Ch., 2008. Spatial and temporal changes to the water regime of a Mediterranean vineyard due to the adoption of cover cropping. *European Journal of Agronomy*, nº 29: 153-162.
- Chaves M.M., Zarrouk O., Francisco R., Costa J.M., Santos T., Regalado A.P., Rodrigues M.L., Lopes C.M., 2010. Grapevine under deficit irrigation: hints from physiological and molecular data. *Annals of Botany*, nº 105: 661-676.
- García-escudero E., Ibáñez S., Villar M., García C., Romero I., López D., Zaballa, O., González, G, 2006. Influencia del riego sobre parámetros vegetoproductivos y de calidad del mosto y del vino en las variedades Tempranillo, Garnacha Tinta, Graciano y Cabernet Sauvignon. *Enólogos*, nº41: 34-38.
- Ingelmo F., 1998. Uso de cubiertas vegetales herbáceas en cultivos de cítricos para el uso sostenible del suelo. *Revista Valenciana D'Estudis Autonòmics*, nº 25: 377-389.
- Intrigliolo D.S., Castel J.R., 2006. Vine and soil-based measures of water status in a Tempranillo vineyard. *Vitis* 45(4): 157-163.
- Lissarrague J.R, Baeza P., Sánchez P., 2010. Respuesta fotosintética de la hoja de vid. Grupo de investigación en Viticultura –UPM-. Disponible en <http://ocw.upm.es/produccion-vegetal/viticultura/contenidos/fotosintesisvid.doc/view>. (28/10/2010).
- Medrano H., Escalona J.M., Flexas J., 2007. Indicadores fisiológicos para el control del estado hídrico de la vid. En Fundamentos, aplicación y consecuencias del riego en la vid. Baeza P., Lissarrague J.R., Sánchez P. (Eds.). Ed. Agrícola Española. Madrid. 15-34 p.
- Medrano H., García-Escudero E., 1999. Respuestas de la vid al déficit hídrico en suelo y efectos en la cantidad y calidad de la cosecha. En Cuestiones de Biología. Aportaciones Riojanas. Ed. Instituto de Estudios Riojanos. Logroño. 135-149.
- O.I.V., 2005. Guía de la OIV sobre la vitivinicultura sostenible. Proyecto de Resolución Provisional CST/05/318/Et.5.
- Ojeda H., 2007. Riego cualitativo de precisión en la vid. *Revista Enología*, nº 6: 14-17.
- Prieto J.A., Lebon É., Ojeda H., 2010. Stomatal behavior of different grapevine cultivars in response to soil water status and air water vapor pressure deficit. *Journal international des Sciences de la Vigne et du Vin*, Vol. 44, nº 1: 9-20.
- Scholander P., Hammel H., Brandstreet E., Hemmingsen E., 1965. Sap pressure in vascular plants. *Science*, nº 148: 339-346.

Schultz H., 2003. Differences in hydraulic architecture account for near-isohydric and anisohydric behaviour of two field-grown *Vitis vinifera* L. cultivars during drought. *Plant, Cell & Environment*, Vol 26 (8): 1393-1405.