

ZUBÍA

REVISTA DE CIENCIAS

29

ier

Instituto de Estudios Riejanos

ZUBÍA
REVISTA DE CIENCIAS.
Nº 29 (2011). Logroño (España).
P. 1-154, ISSN: 0213-4306

DIRECTORA

Purificación Ruiz Flaño

CONSEJO DE REDACCIÓN

Luis Español González

Rafael Francia Verde

Juana Hernández Hernández

Luis Miguel Medrano Moreno

Enrique Requeta Loza

Rafael Tomás Las Heras

CONSEJO CIENTÍFICO

José Antonio Arizaleta Urarte

(Instituto de Estudios Riojanos)

José Arnáez Vadillo

(Universidad de La Rioja)

Susana Caro Calatayud

(Fundación Patrimonio Paleontológico de Enciso)

Eduardo Fernández Garbayo

(Universidad de La Rioja)

Rosario García Gómez

(Universidad de La Rioja)

José M^a García Ruiz

(Instituto Pirenaico de Ecología)

Javier Guallar Otazua

(Universidad de La Rioja)

Teodoro Lasanta Martínez

(Instituto Pirenaico de Ecología)

Joaquín Lasierra Cirujeda

(Hospital San Pedro, Logroño)

Luis Lopo Carramiñana

(Dirección General de Medio Natural del Gobierno de La Rioja)

Fernando Martínez de Toda

(Universidad de La Rioja)

Juan Pablo Martínez Rica

(Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC)

José Luis Nieto Amado

(Universidad de Zaragoza)

José Luis Peña Monné

(Universidad de Zaragoza)

Félix Pérez-Lorente

(Universidad de La Rioja)

Eduardo Viladés Juan

(Complejo Hospitalario San Millán-San Pedro de Logroño)

Carlos Zaldívar Ezquerro

(Dirección General de Medio Natural del Gobierno de La Rioja)

DIRECCIÓN Y ADMINISTRACIÓN

Instituto de Estudios Riojanos

C/ Portales, 2

26071 Logroño

publicaciones.ier@larioja.org

Suscripción anual España (1 número y monográfico): 15 €

Suscripción anual extranjero (1 número y monográfico): 20 €

Número suelto: 9 €

Número monográfico: 9 €

INSTITUTO DE ESTUDIOS RIOJANOS

ZUBIA

REVISTA DE CIENCIAS

Núm. 29

ier

Gobierno de La Rioja
Instituto de Estudios Riojanos
LOGROÑO
2011

Zubía –N. 3 (1985)– . –Logroño : Instituto de Estudios Riojanos, 1985-v.; il.; 24 cm. Anual
D.L. Lo 56-1986
Es suplemento de esta publicación : Zubía. Monográfico, ISSN 0213-4306
Es continuación de : Berceo. Ciencias
ISSN 0213-4306 = Zubía
5/6

Reservados todos los derechos. Ni la totalidad ni parte de esta publicación pueden reproducirse, registrarse ni transmitirse, por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea electrónico, mecánico, fotoquímico, magnético o electroóptico, por fotocopia, grabación o cualquier otro, sin permiso previo por escrito de los titulares del copyright.

© Logroño 2011
Instituto de Estudios Riojanos
C/ Portales, 2
26001-Logroño, La Rioja (España)

© Diseño de cubierta e interior: ICE Comunicación

© Imagen de la cubierta: Bosque en el valle del Najerilla
(Fotografía de David Lasanta Santolaya)

Imprime: INO Reproducciones, S.A.

ISSN 0213-4306
Depósito Legal LO-56-1986

Impreso en España - Printed in Spain

A Jesús Palacios Remondo
In memoriam

ÍNDICE

RUBÉN LADRERA FERNÁNDEZ, ALFREDO RUEDA DIEZ

Estudio del estado ecológico del río Najerilla (La Rioja)

A study on the ecological status of river Najerilla (La Rioja) 9-30

MARÍA MELERO RUBIO, FÉLIX PÉREZ-LORENTE

Huellas en las obras. Reconocimiento y estudio de huellas fósiles de dinosaurio en las obras de la presa de Enciso (La Rioja. España)

Footprints in the public works. Recognition and study of dinosaur footprints in the works of Enciso's dam (La Rioja. Spain) 31-60

IGNACIO DÍAZ-MARTÍNEZ

Generalidades sobre las icnitas ornitópodas de La Rioja (Cuenca de Cameros, España)

Generalities of the ornitopod footprints from La Rioja (Cameros Basin, Spain) 61-84

TOMÁS SANZ, MARCELIANO LAGO, ANDRÉS GIL, ANDRÉS POCOVÍ,

TERESA UBIDE, CARLOS GALÉ

Peculiaridades de los afloramientos basálticos del frente Norte de la Sierra de Cameros (La Rioja), dentro del magmatismo alcalino triásico del Rift Ibérico

New contributions to the basaltic outcrops study from the north of the Sierra de Cameros (La Rioja, Spain), included in the upper-triassic alkaline iberian magmatism 85-116

JUAN CARLOS GUERRA VELASCO

La memoria general de repoblación forestal del distrito de Logroño y el primer croquis dasográfico de La Rioja

The general report on the reforestation of the district of Logroño (Spain) and the first forest sketch of La Rioja (Spain) 117-132

SERGIO IBÁÑEZ PASCUAL, JOSÉ LUIS PÉREZ SOTÉS, FERNANDO PEREGRINA

ALONSO, ENRIQUE GARCÍA-ESCUADERO DOMÍNGUEZ

La cubierta vegetal como sistema alternativo de mantenimiento de los suelos de viñedo en la D.O.ca. Rioja

Cover crops as alternative soil management system in D.O.ca. Rioja vineyards 133-148

LA CUBIERTA VEGETAL COMO SISTEMA ALTERNATIVO DE MANTENIMIENTO DE LOS SUELOS DE VIÑEDO EN LA D.O.CA. RIOJA

SERGIO IBÁÑEZ PASCUAL¹

JOSÉ LUIS PÉREZ SOTÉS¹

FERNANDO PEREGRINA ALONSO¹

ENRIQUE GARCÍA-ESCUADERO DOMÍNGUEZ¹

RESUMEN

El mantenimiento del suelo mediante 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. Se ha planteado un ensayo sobre el cv. Tempranillo, conducido en vaso, con dos tipos de cubierta vegetal, dos sistemas mixtos cubierta-laboreo y un tratamiento testigo (laboreo). 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 y el grado alcohólico de los vinos y condicionando la acidez de los mostos. 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.

Palabras clave: cubierta espontánea, cubierta sembrada, intercambio gases, potencial hídrico, laboreo.

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 ex-

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. E-mail: viticultura3.cida@larioja.org

periment was carried out in a vineyard of cv. Tempranillo, trained as a bush system, with two types of cover crops, two mixed systems cover-tillage and a control treatment (tillage). Results show the capacity of cover crops to achieve a balance between yield and vegetative growth of vines, thus improving both the vine microclimate as the polyphenol content and the alcoholic strenght in wines and conditioning the acidity of the musts. 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.

Key words: *resident vegetation cover, sown cover crop, gas exchange, leaf water potential, tillage.*

0. INTRODUCCIÓN

El laboreo ha sido la técnica de mantenimiento empleada tradicionalmente en los viñedos españoles. No en vano puede decirse que, a lo largo de la historia de la agricultura, el laboreo ha desempeñado un papel fundamental en la actividad del agricultor, aplicándole en muchas ocasiones el término “labrador” por tal motivo. La relevancia del laboreo tradicional en nuestra agricultura queda de manifiesto a principios de la era cristiana a través de la pluma de Lucius Junius Moderatus “Columela”, que en su *Res rustica* planteaba qué debía hacerse y qué evitarse al labrar la tierra o en qué momento y condiciones tenían que realizarse las distintas labores.

La práctica del laboreo se fundamenta en trabajar el terreno en profundidad y/o en superficie, permaneciendo así libre de vegetación espontánea. Habitualmente, el laboreo se ha justificado por los diversos efectos favorables que aporta, entre los que puede destacarse la facilidad que este sistema confiere para la incorporación de abonos y enmiendas, así como su acción favorable para el enraizamiento en profundidad, la infiltración de agua y la aireación del perfil labrado. No obstante, la existencia de otros inconvenientes añadidos como la formación de suela de labor, el aumento de la erosión, la degradación de la estructura por debajo de los horizontes labrados o la dificultad de circulación de maquinaria agrícola en periodos lluviosos, han hecho plantearse al agricultor otros sistemas alternativos de mantenimiento del suelo. En este sentido, se dispone de una gran variedad de actuaciones: aplicación de herbicidas, mulching orgánico, acolchado plástico o inerte, técnicas mixtas (laboreo-herbicida, laboreo-mulching...), si bien una de las más interesantes en el cultivo de la vid es el sistema de mantenimiento del suelo a través de cubierta vegetal, en el que la superficie del viñedo, o parte de ella, se dispone de forma temporal o permanente protegida por una vegetación espontánea o sembrada.

La gestión del suelo a través de una cubierta vegetal presenta numerosas ventajas agronómicas y medioambientales con respecto a la técnica del laboreo. De este modo, la cubierta proporciona una adecuada protección con-

tra la erosión, mejora la estructura del suelo, posibilita el tránsito de maquinaria en cualquier época, reduce la probabilidad de formación de suelo de labor y constituye un aporte de materia orgánica importante. Así mismo, activa la vida microbiana del suelo, controla ciertas malas hierbas, reduce los riesgos de ataques de podredumbre a través de un mejor microclima de racimos y contribuye al control de plagas mediante la diversidad biológica y el equilibrio en el balance entre plagas y depredadores que proporciona la cubierta.

Por otro lado, la presencia de una cubierta vegetal constituye una técnica indispensable para los modelos de agricultura sostenible (Ingelmo, 1998). No cabe duda que en los últimos tiempos el “desarrollo sostenible” ha adquirido una gran relevancia a nivel político, económico y social. Por este motivo, la consideración de la “sostenibilidad” es uno de los aspectos más importantes a valorar en la elección de un sistema de mantenimiento del suelo. En este sentido, el efecto de la cubierta vegetal sobre aspectos como la biodiversidad, la mejora de la calidad de los suelos, la limitación en el uso de herbicidas y plaguicidas y la disminución del riesgo de transferencia de agroquímicos a las aguas, permite la puesta en marcha de una viticultura respetuosa con su entorno.

Otro de los conceptos que están adquiriendo una importancia creciente es el relacionado con la “huella de carbono” o, lo que es lo mismo, el impacto que provocan sobre el medio ambiente las actividades ejercidas por el hombre. Éstas se cuantifican en función de los gases de efecto invernadero que se emiten, medidos en unidades de CO₂. En este sentido, la cubierta vegetal juega un papel muy interesante en la captura del CO₂ atmosférico y posterior almacenamiento o “secuestro” bajo forma orgánica en el suelo, compensando de esta forma parte de las emisiones antropogénicas y logrando mitigar la acción de los gases con efecto invernadero. Aunque existen diversas opiniones en cuanto a la tasa de secuestro de carbono por parte de una cubierta vegetal, las experiencias para viñedo muestran que puede variar entre 0,33 y 6,5 toneladas de CO₂ equivalente por hectárea y año (Medina e Iglesias, 2009; Ochoa, 2009).

De este modo, el mantenimiento del suelo con cubierta vegetal constituye un componente muy interesante para una “viticultura sostenible”. En estos términos se pronuncia la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV) en su Guía sobre la Vitivinicultura sostenible (Proyecto de Resolución Provisional CST/05/318/Et.5).

Pero además de la “sostenibilidad ambiental”, hay que hacer mención a la posibilidad de una “sostenibilidad económica” a través de la implantación de cubiertas vegetales. En este sentido, la inversión, puesta en marcha y mantenimiento realizados en las cubiertas pueden ser compensados 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.

Por otro lado, el empleo de cubiertas vegetales se está extendiendo en muchas zonas dedicadas a la producción de vinos de calidad que, bien por un posicionamiento inicial productivista, bien por una desacertada implan-

tación de las parcelas de viñedo o bien por un manejo inadecuado de los factores de la producción vitícola, se ven en la necesidad de controlar los excesos de rendimiento y de vigor que se generan en estas situaciones. En este contexto, el mantenimiento del suelo mediante cubierta vegetal se presenta como una herramienta adecuada para contener, a través de la competencia establecida con el viñedo por el agua y los nutrientes (especialmente por el nitrógeno), 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.

Por su parte, 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 y 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 medida 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 a nivel ecofisiológico en las hojas 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, procurando mantener 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).

1. MATERIAL Y MÉTODOS

El Servicio de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agroalimentario (CIDA) viene realizando desde el año 2004 distintos ensayos experimentales en el ámbito de las cubiertas vegetales. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en una parcela ubicada en la finca institucional "La Grajera", propiedad del Gobierno de La Rioja. El ensayo se planteó sobre la va-

riedad Tempranillo, injertada sobre el patrón 110-Ritcher y dispuesta en un marco de plantación de 2,90 x 1,15 m, con un sistema de conducción en vaso. Quedaron definidos cinco sistemas de mantenimiento del suelo: 1) Laboreo (LAB); 2) Cubierta vegetal sembrada (SEM) con *Festuca longifolia* desde el año 2005 y con *Bromus catharticus* a partir de 2008, 3) Cubierta vegetal espontánea (ESP); 4) Sistema mixto laboreo-cubierta sembrada (LAB/SEM) y 5) Sistema mixto laboreo-cubierta espontánea (LAB/ESP). En los tres primeros tratamientos, se mantuvo el sistema de gestión del suelo propuesto a ambos lados de la línea de plantación, mientras que en los sistemas mixtos una calle se situó con cubierta vegetal y la calle alterna permaneció labrada. El diseño experimental se estableció en bloques al azar, con tres repeticiones para cada uno de los tratamientos y con 40 cepas por repetición. Para este trabajo, se han estudiado las campañas 2005 a 2010, exceptuando la del año 2008 en la que no se pudieron desarrollar las tareas programadas debido a un accidente climático (tormenta de granizo) ocurrido el 28 de mayo.

Durante la fase de maduración de los años 2009 y 2010, se valoró la superficie foliar desarrollada por las cepas mediante la estimación del índice de área foliar-LAI (m^2 hojas/ m^2 suelo) y de la superficie foliar expuesta-SFE (m^2 hojas/ m^2 suelo). Para ello, se utilizaron seis cepas por tratamiento y repetición, calculando el LAI según el método no destructivo propuesto por Carbonneau (1976), y asimilando la SFE de la cepa a la figura geométrica de un tronco de cono invertido.

En la campaña 2010, se efectuó un seguimiento continuo de las condiciones microclimáticas en la zona de racimos a lo largo del ciclo vegetativo de la planta. Para ello, se empleó una red de sensores inalámbrica (*Crossbow Technology Inc.*, serie Eko) que permitió controlar la humedad relativa y la temperatura del aire en esa zona de racimos, tomando medidas de ambos parámetros cada quince minutos. La consulta y procesamiento de los datos recogidos se realizó mediante una aplicación informática vía internet, que permitió la visualización y exportación de los mismos en tiempo real.

En el momento de la vendimia, se determinaron diversos componentes del rendimiento como la producción unitaria (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 600 bayas para cada tratamiento y repetición, se obtuvieron muestras de uva con objeto de analizar los siguientes parámetros de calidad del mosto: grado Baumé (°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 las mismas. La uva fue despallada, estrujada, sulfitada (50 mg/l) y elaborada según el método tradicional en Rioja, fermentando en depósitos de polietileno de alta densidad de 110 l de capacidad. En todos estos depósitos se llevó a cabo 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 los 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 y el peso medio del sarmiento (g).

Por su parte, 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.), el cual dispone de un manómetro con precisión de 0,02 MPa. En todos los casos, se llevaron a cabo 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 efectuó un seguimiento de los valores de la conductancia estomática (g_s), la fotosíntesis neta (A) y la 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 realizaron 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 que siguen a los valores en una misma fila, sirven para reflejar las diferencias entre tratamientos, estimadas a través de un test de separación de medias (Tukey).

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados observados para el cómputo global del periodo 2005-2010 confirman la capacidad de las cubiertas vegetales para controlar el desarrollo vegetativo y productivo del viñedo (Tabla 1). En el caso del rendimiento, las cubiertas vegetales SEM y ESP han logrado reducir éste entre un 35-40% con respecto al laboreo, mientras que en los tratamientos mixtos LAB/SEM y LAB/ESP esta disminución se ha situado entorno al 15%. Estos descensos en el rendimiento unitario, favorecidos por el efecto competitivo de la cubierta vegetal, se manifestaron a través de un menor número de racimos por cepa y de pesos del racimo y de la baya más bajos que en el caso del laboreo.

TABLA 1.
Datos de producción y vegetativos. Ensayo de Cubiertas Vegetales.
La Grajera. Datos medios de 2005-2010

	LAB	SEM	ESP	LAB/SEM	LAB/ESP	G.S.
Nº Rac/cepa	9,62 a	8,45 ab	7,76 b	9,15 ab	9,05 ab	*
Rto. (kg/cepa)	2,72 a	1,81 b	1,59 b	2,32 ab	2,31 ab	**
Peso racimo (g)	277,8 a	215,0 b	204,0 b	252,2 ab	248,7 ab	**
Peso 100 Bayas (g)	204,2 a	171,7 bc	155,2 c	185,4 ab	180,0 ab	**
P.madera/cepa (kg)	0,639 a	0,469 ab	0,400 b	0,586 ab	0,504 ab	*
P.medio sarmiento(g)	89,35 a	65,25 ab	57,00 b	79,28 a	73,15 ab	*

Los valores obtenidos para el peso medio de la madera de poda y el peso medio del sarmiento, han manifestado el efecto limitante de la cubierta vegetal sobre la componente vegetativa y el vigor de la vid. En este sentido, los dos parámetros citados han disminuido, con relación al laboreo, entre un 25-35% en los tratamientos con cubierta total SEM y ESP, y un 10-25% en el caso de los tratamientos mixtos LAB/SEM y LAB/ESP.

La estimación del desarrollo de superficie foliar a partir de los indicadores LAI y SFE, ha mostrado una reducción significativa de la expresión vegetativa de las cepas procedentes de los tratamientos con cubierta vegetal. Observando en la Tabla 2 el porcentaje con que contribuyen los nietos sobre el total del LAI, por un lado, y el porcentaje del LAI aportado por las hojas principales, por otra parte, parece evidente que la disminución de la superficie foliar detectada en las cepas mantenidas con cubierta vegetal, ha sido debida al menor crecimiento experimentado por los nietos en estos tratamientos. Teniendo en consideración que el menor desarrollo foliar secundario alcanzado en las cubiertas con respecto al laboreo, se encuentra asociado a una menor relación LAI/SFE y, por tanto, manifiesta la existencia de un menor solapamiento de hojas, se induce a pensar que la cubierta vegetal propicia unas condiciones microclimáticas más favorables, tanto en la zona en la que se sitúan los racimos como en el conjunto de la cepa.

TABLA 2.
Superficie foliar. Ensayo de Cubiertas Vegetales.
La Grajera. Datos medios de 2009-2010

	LAB	SEM	ESP	LAB/SEM	LAB/ESP	G.S.
LAI (m ² / m ²)	1,62 a	1,09 b	1,08 b	1,27 ab	1,30 ab	***
SFE (m ² / m ²)	1,31 a	1,03 b	1,04 b	1,14 ab	1,13 ab	**
% LAI ppales.	32,3 b	44,9 a	48,8 a	39,5 ab	39,9 ab	*
% LAI nietos	67,7 a	55,1 b	51,2 b	60,5 ab	60,1 ab	*
LAI/SFE	1,28 a	1,07 c	1,04 c	1,13 bc	1,16 ab	*

LAI = índice de área foliar. SFE = Superficie foliar expuesta. % LAI ppales = % LAI de hojas principales. % LAI nietos = % LAI de nietos.

Por su parte, los datos recogidos por los sensores de temperatura y humedad situados a nivel de racimos, reflejan también una disposición microclimática más favorable de las plantas situadas sobre cobertura vegetal. Con estos sensores, se ha podido comprobar que la temperatura media mensual ha sido mayor en los tratamientos con cubierta (Figura 1), debido al aumento tanto de la porosidad de la vegetación asociada a la configuración de la arquitectura foliar, como de la insolación recibida por los racimos. En este sentido, hay que destacar la importancia de la luz en la acumulación de antocianos, principalmente en la primera parte del proceso de maduración (Nazralla, 2008). Otro parámetro relevante es la amplitud térmica, entendido como la diferencia entre las temperaturas máxima y mínima diarias. La amplitud térmica se considera un factor de calidad de los vinos. Una mayor amplitud térmica, sobre todo en la época de maduración, favorece la formación de sustancias aromáticas y la síntesis de polifenoles en la baya.

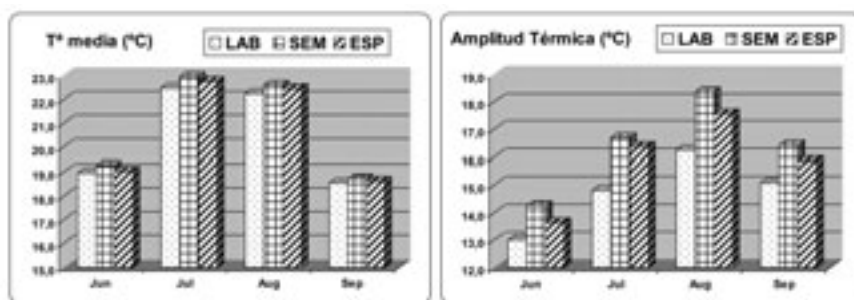


Fig. 1. Microclima de racimos. Temperatura Media y Amplitud Térmica. Ensayo de Cubiertas Vegetales. La Grajera. Datos medios de 2010.

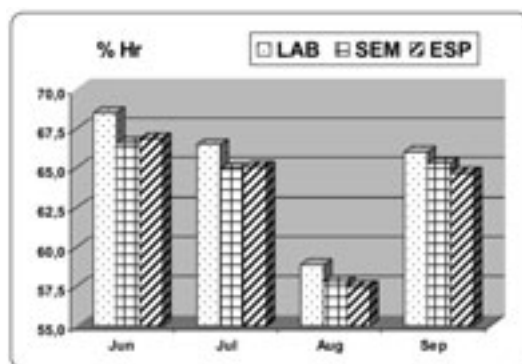


Fig. 2. Microclima de racimos. Humedad Relativa. Ensayo de Cubiertas Vegetales. La Grajera. Datos medios de 2010.

En la Figura 1, puede observarse la influencia de la cubierta vegetal en el incremento de la amplitud térmica, creándose, por tanto, unas condiciones favorables para mejorar el color de los vinos obtenidos mediante esta técnica. Asimismo, en la Figura 2 se advierte cómo las cubiertas vegetales han mostrado valores medios de humedad relativa más bajos que en el caso del laboreo. En estas circunstancias, se produce una mejora de la componente microclimática, que 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.

En referencia a los parámetros que determinan la calidad del mosto y del vino (Tablas 3 y 4), cabe señalar una incidencia significativa de las cubiertas vegetales en el aumento del grado Baumé y del grado alcohólico, así como del contenido en potasio. Estos incrementos podrían vincularse tanto a la disminución del rendimiento unitario, como a la variación de la relación fuente/sumidero inducidas por efecto de las cubiertas vegetales. Aunque no han llegado a detectarse variaciones significativas entre tratamientos ni para la acidez total de los mostos ni en los valores mostrados por los principales ácidos orgánicos de la uva, sí se ha observado que el mayor nivel de potasio alcanzado por los tratamientos de cubierta vegetal ha condicionado significativamente el pH del mosto y del vino, otorgando los mayores valores de este parámetro a dichos tratamientos. Por lo general, los sistemas de mantenimiento mixtos han presentado valores intermedios entre las cubiertas totales y el laboreo.

TABLA 3.
Análisis de mostos. Ensayo de Cubiertas Vegetales.
La Grajera. Datos medios de 2005-2010

	LAB	SEM	ESP	LAB/SEM	LAB/ESP	G.S.
Grado Baumé	13,48 b	14,11 a	13,96 a	13,75 ab	13,60 ab	*
pH	3,63 b	3,63 a	3,62 a	3,56 ab	3,57 ab	*
Acidez Total (g/l Tart.)	4,93	4,54	4,48	4,91	4,77	n.s.
Ác. Tartárico (g/l)	5,75	5,72	5,67	5,67	5,63	n.s.
Ác. Málico (g/l)	1,75	1,79	1,72	2,08	1,88	n.s.
Potasio (mg/l)	1.433,3 c	1.685,2 a	1.622,6 ab	1.625,2 ab	1.554,5 bc	**

En cuanto a parámetros que intervienen en la carga polifenólica del vino (Tabla 4), cabe señalar una incidencia destacada de las cubiertas vegetales en la mejora de la misma. Concretamente, la intensidad de color del vino ha experimentado un aumento entre el 25% y el 30% en los tratamientos bajo cubierta vegetal con respecto al laboreo, mientras que en los tratamientos mixtos esta diferencia se ha situado entorno al 10%. La tonalidad muestra más uniformidad entre los tratamientos, si bien el laboreo ha presentado los valores medios más bajos. Asimismo, las cubiertas vegetales han llegado a incrementar en un 20% la acumulación de antocianos en la baya con relación

TABLA 4.
Análisis de vinos. Ensayo de Cubiertas Vegetales.
La Grajera. Datos medios de 2005-2010

	LAB	SEM	ESP	LAB/SEM	LAB/ESP	G.S.
Grado (% vol)	12,63 b	13,59 a	13,88 a	13,31 ab	13,28 ab	**
pH	3,78 b	3,97 a	3,99 a	3,97 a	3,94 ab	*
Potasio (mg/l)	1.274,9 b	1.551,9 a	1.588,4 a	1.459,0 ab	1.424,9 ab	**
Intensidad color	9,25 b	11,59 a	12,16 a	10,01 ab	10,28 ab	*
Tonalidad	0,590 b	0,669 ab	0,671 a	0,653 ab	0,634 ab	*
IPT 280 nm	51,44 b	64,76 a	65,63 a	58,80 ab	59,38 ab	**
Antocianos (mg/l)	769,80 b	927,81 a	912,28 a	833,64 ab	839,82 ab	**

al laboreo. En este caso, los tratamientos mixtos han tenido un comportamiento más discreto, presentando un 8% más de antocianos que en el tratamiento testigo. Paralelamente, el índice de polifenoles totales de los vinos procedentes de cubiertas vegetales ha aumentado una media del 25% sobre los niveles alcanzados por el laboreo. Los tratamientos mixtos también lograron mejorar en un 15% los valores de IPT 280 nm obtenidos para el testigo. Entre las causas que puedan explicar este incremento en el color de los vinos procedentes de parcelas con cobertura vegetal, se puede señalar la incidencia del estrés hídrico moderado en la acumulación de sustancias polifenólicas (fundamentalmente antocianos), la existencia de una proporción hollejo/pulpa mayor y la importancia del aumento de la iluminación y de la temperatura de las bayas durante la fase de maduración (Morlat *et al.*, 1993; Ibáñez *et al.*, 2009 y Chaves *et al.*, 2010).

A la hora de analizar los parámetros ecofisiológicos del viñedo, cabe destacar que 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 considerados, 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 Figura 3 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 con 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). Poniendo en consideración la reducción controlada del peso de la baya como un objetivo de calidad, asociado a los correspondientes aumentos de la relación hollejo/pulpa y de la concentración de compuestos fenólicos, se observa en la Figura 3 cómo la evolución estacional del Ψ_0 ha propiciado 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 $\Psi_{12h.s.}$ resulta un buen indicador del estado hídrico de la cepa en plena actividad fisiológica, y refleja el grado máximo de estrés que puede alcanzarse. No obstante, y según las experiencias de Intrigliolo y Castel (2006) sobre cv. Tempranillo, es posible que en condiciones 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 expuestos en la Figura 3 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 $\Psi_{12h.s.}$

La conductancia estomática (g_s) 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 en el viñedo. Asimismo, esta competencia ha disminuido la disponibilidad de agua para la vid, el desarrollo vegetativo de la misma y, por tanto, 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 a la competencia hídrica ejercida por la cubierta en esta época. A partir del envero y hasta la vendimia, la g_s ha tendido a igualarse entre tratamientos, circunstancia relacionada con la menor superficie foliar transpirante desarrollada por la cubierta vegetal con respecto al laboreo y con los riegos de apoyo efectuados (Figura 4). 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 la g_s , y conforme van disminuyendo los recursos hídricos en el suelo, se reduce el potencial hídrico foliar y bajan notablemente las tasas de fotosíntesis y transpiración.

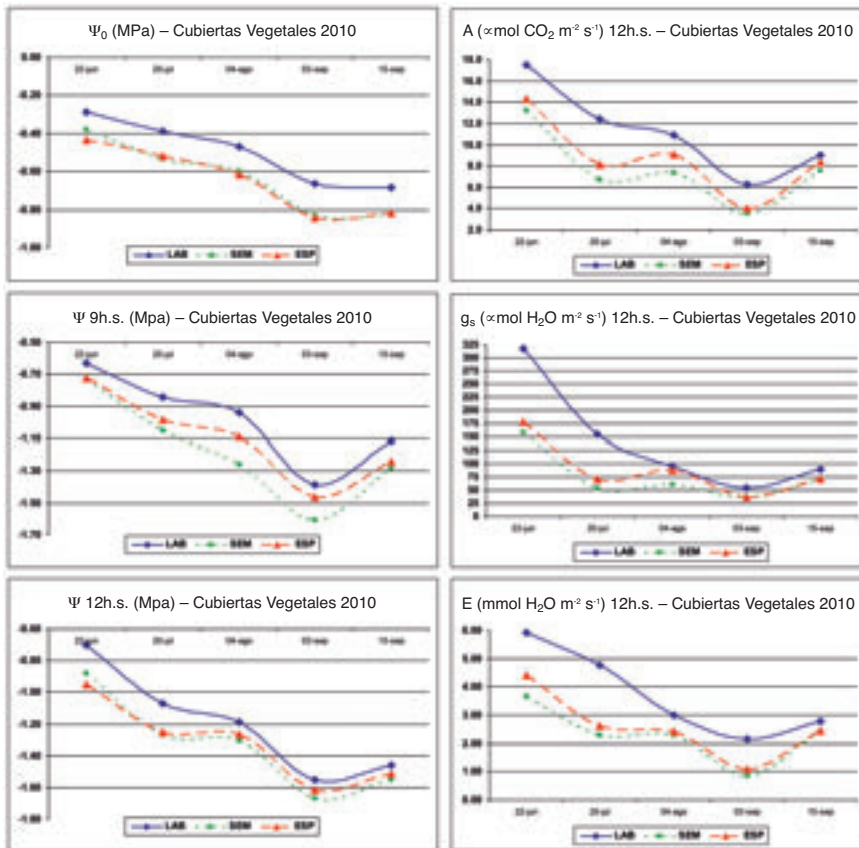


Fig. 3. Evolución estacional de los parámetros ecofisiológicos. Ensayo de Cubiertas Vegetales. La Grajera. Datos medios de 2010.

Ψ_0 = pre-down; $\Psi_{9h.s.}$ = potencial hídrico foliar medido a las 9 horas solares; $\Psi_{12h.s.}$ = potencial hídrico foliar medido al mediodía solar; A = fotosíntesis neta; g_s = conductancia estomática; E = transpiración.

3. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en esta experiencia, el mantenimiento del suelo mediante cubiertas vegetales ha contribuido a lograr con respecto al sistema de laboreo, rendimientos más equilibrados y un desarrollo vegetativo más contenido, situación que ha favorecido a su vez una mejor exposición de racimos. Asimismo, los tratamientos con cubierta vegetal han inducido paulatinamente un menor número de racimos por cepa, así como tamaños de baya y pesos de racimo más reducidos que en laboreo. En estas condiciones, se ha observado una clara incidencia de la cubierta vegetal sobre el aumento de la carga polifenólica de los vinos obtenidos. Por otro lado,

la concentración de azúcares de 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 con cubiertas. Por su parte, 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, para el que las cubiertas vegetales se han mostrado proclives a una mayor acumulación de este elemento en la baya, con el correspondiente efecto sobre el aumento del pH en el mosto y en el vino. Por lo general, los tratamientos mixtos han adoptado valores intermedios entre los del laboreo y los dos tipos de cubierta vegetal, para los distintos parámetros estudiados.

Los valores recogidos para la fotosíntesis neta (A), la conductancia estomática (g_s) y la 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 en los tratamientos de cubierta vegetal.

AGRADECIMIENTOS

Para poder desarrollar este trabajo, se ha contado con la financiación del Gobierno de La Rioja, a través de la convocatoria anual de Proyectos Regionales, así como de la 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, pp. 327-343.
- Celette, F., Gaudin, R. y 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, pp. 153-162.
- Chaves, M.M., Zarrouk, O., Francisco, R., Costa, J.M., Santos, T., Regalado, A.P., Rodrigues, M.L. y Lopes, C.M. (2010). Grapevine under deficit irri-

- gation: hints from physiological and molecular data, *Annals of Botany*, nº 105, pp. 661-676.
- Ibáñez, S., Peregrina, F., Martín, I. y García-Escudero, E. (2009). Respuesta de *Vitis vinifera* L., cv. Tempanillo, a sistemas de mantenimiento del suelo a través de cubierta vegetal en el ámbito de la D.O.Ca. Rioja. Pardo, A., Suso, M.L., Vázquez, N. (Eds.), *VI Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas, Actas de Horticultura*, 54, Logroño, pp. 395-396.
- Ingelmo, F. (1998). Uso de cubiertas vegetales herbáceas en cultivos de cítricos para el uso sostenible del suelo, *Revista Valenciana D'Estudis Autònòmics*, nº 25, pp 377-389.
- Intrigliolo, D.S. y Castel, J.R. (2006). Vine and soil-based measures of water status in a Tempranillo vineyard, *Vitis* 45(4), pp. 157-163.
- Lissarrague, J.R, Baeza, P. y 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).
- Medina, F. y Iglesias, A. (2009). Agricultural practices with greenhouse mitigation potencial in Mediterranean countries: Evaluation and policy implications, Presentado a la IAAE, China.
- Medrano, H., Escalona, J.M. y 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, pp. 15-34.
- Medrano, H. y 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, pp. 135-149.
- Morlat, R., Jacquet, A. y Asselin, C. (1993). Principaux effets de l'enherbement contrôlé du sol, dans un essai de longue durée en Anjou, *Progrès Agricole et Viticole* 110, nº 19, pp. 406-410.
- Nazrala, J.J. (2008). Influence of the management of the soil and covers in the canopy microclimate of vine, grape and wine composition, *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias – UNCuyo*, Tomo XL, nº 1, pp. 85-104.
- Ochoa, J. (2009). Implantación de cubiertas verdes en la calidad del suelo, *La Semana Vitivinícola*, nº 3.255, pp. 454-458.
- 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, pp. 14-17.
- Prieto, J.A., Lebon, É. y 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, pp. 9-20.

- Scholander, P., Hammel, H., Brandstreet, E. y Hemmingsen, E. (1965). Sap pressure in vascular plants, *Science*, nº 148, pp. 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), pp. 1393-1405.



ZUBÍA

29



Gobierno de La Rioja
www.larioja.org



**Instituto
de Estudios
Riojanos**