



**UNCUYO**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

TESIS DE MAESTRIA

COMPARACIÓN DE VARIABLES VEGETATIVAS, ECOFISIOLÓGICAS Y  
ENOLÓGICAS DEL MOSTO DE UVAS BLANCAS Y TINTAS, DE  
VIÑEDOS CONDUCIDOS EN TRES SISTEMAS: PODA MÍNIMA,  
PODA RASA DE PRECISIÓN Y ESPALDERO VERTICAL  
SIMPLE EN LA REGIÓN OCCITANIA  
FRANCIA.

CARRERA DE POSGRADO

ING. AGR. GONZALO GABRIEL BAS NAHAS

Director: Dr.Ing. Agr. Hernán Ojeda

Co-Director: Dr. Ing. Agr. Jorge Prieto

Grado Académico: Magister Scientiae

Mendoza 2019

Comité evaluador

*Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica: la voluntad*

A. Einstein

*Tarda en llegar y al final hay recompensa.*

Gustavo Cerati

## Agradecimientos

En primer lugar agradezco a mis padres y hermanos por su apoyo y contención durante el cursado de la maestría. Destaco la incesante labor de mi madre en el proceso de mi formación humana y académica.

A mi esposa Laura por su incondicional apoyo y compañía durante el proceso de redacción del trabajo y a nuestro hijo Genaro.

El presente trabajo se ha realizado en el Instituto de Investigación Agronómica (INRA) Pech Rouge, Francia durante el año 2012 bajo la dirección, el apoyo y la contención del Dr. Hernán Ojeda a quien agradezco por haber compartido sus conocimientos y metodologías en la investigación. También por haberme recibido en el INRA y por haberme hecho sentir como en casa, lejos de casa. Agradezco también a mi co-director: Dr. Jorge Prieto y a las siguientes personas que ayudaron en el proceso de toma de datos: Jean Noel Lacapere y a mis compatriotas Federico Rodriguez, Lucas Niven y Ana Duo.

Agradezco también a la Facultad de Ciencias Agrarias por haberme brindado un nivel académico de excelencia durante el cursado de los módulos de la maestría; a Rosana Vallone, Pablo Pizzuolo y al Comité Directivo por admitirme como alumno regular y por haber considerado mi postulación para realizar la tesis en Francia.

Agradezco a la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional de Tucumán, que fue mi casa de estudios de Ingeniería. Allí recibí el apoyo del MSc Ing. Agr. Osvaldo Arce quien me ayudo con las correcciones en la presentación de los resultados y comentarios en los análisis estadísticos del presente trabajo.

Mi carrera laboral se inició gracias a Javier Grané quien me dio la posibilidad de insertarme en el mundo de la vitivinicultura a través de Bodega Colomé y a Alberto Aguilera por enseñarme sobre sistemas de conducción mecanizables, durante mi experiencia laboral en Bodega Finca del Enlace. A Marcelo Garretón por compartir su amistad y conocimientos en la vitivinicultura.

## Resumen

El interés despertado en la viticultura actual sobre las posibilidades de mecanizar labores del cultivo y reducir costos productivos, demanda la necesidad de implementar sistemas de conducción (SC) compatibles con la mecanización de labores culturales: poda, despampanados, desbrotes, cosecha, etc.

El objetivo de este ensayo fue comparar el comportamiento agronómico de la vid en 3 sistemas de conducción que permiten la mecanización de labores: poda rasa de precisión (PRP) y poda mínima (PM) a través del estudio del equilibrio vegetativo/productivo, las condiciones ecofisiológicas y la calidad de las uvas obtenidas. En el año 2012 se realizó un estudio observacional en parcelas del INRA Pech Rouge (Francia), para comparar un SC en espaldero vertical simple (VSP). Para ello se seleccionaron 3 parcelas con variedades distintas en las cuales se armaron los tres SC en 4 hileras completas cada uno. La diferencia en el grado de exposición de la canopia y superficie foliar entre los tres SC, se vio reflejada en estados hídricos diferenciales para un mismo volumen de agua aportado a las plantas. Las plantas conducidas en poda mínima presentaron los mayores valores de integral de estrés hídrico ( $S\Psi$ ) acumulado a lo largo de todo el ciclo. Las plantas conducidas en PRP presentaron un valor de  $S\Psi$  intermedio, mientras que las plantas conducidas en VSP presentaron los menores valores de  $S\Psi$  acumulados.

PRP y PM mostraron una reducción de la relación entre el área foliar y el rendimiento. La superficie foliar total resultó mayor para PM en las tres variedades ensayadas. Los valores más bajos de fotosíntesis neta se registraron en PM en las tres variedades.

Los componentes de rendimiento mostraron distintos resultados según el SC. En las tres variedades ensayadas el mayor número de racimos por planta y el menor peso por baya se observó en PM.

La variedad Marselan presentó los mayores valores de concentración de antocianos en PRP y VSP. En Petit Verdot se observó el mayor registro para el PM. Los mayores valores de índice de polifenoles totales (IPT) se presentaron en Petit Verdot para el PM y VSP.

Palabras clave: viticultura, sistemas de conducción mecanizables, poda mecánica cepajes, composición química de la uva, rendimientos, poda rasa de precisión, poda mínima.

## Abstract

The interest aroused in current viticulture about possibilities of mechanizing cultivation operations, and reducing production costs, emphasizes the need of implementing training systems (TS) compatible with the mechanization of cultural practices: pruning, grapes removal, uprooting, harvest, etc. Reduction of manpower in the vineyard cultural pruning is a current objective to ensure competitive of an important fraction within global viticulture.

The aim of this essay was to evaluate the behavior of vegetative, eco-physiological and oenological variables of the must of plants conducted in two TS that allow mechanization of cultural practices: precision pruning (PP) and minimal pruning (MP). In the year 2012 an observational study on plots of the INRA Pech Rouge (France) was carried out to compare two mechanizable TS with a vertical shoot positioned (VSP). For that, 3 plots with different varieties were selected, in which the three TS were assembled, each in 4 complete rows.

The difference in the degree of exposure of canopy and leaf area among the three TS, was reflected in differential hydric intakes for a same water volume provided to plants. The plants conducted in minimal pruning presented higher values of accumulated hydric stress integral ( $S\Psi$ ) throughout the cycle. The plants conducted in PP presented intermediate values of  $S\Psi$ , while those conducted in VSP presented the lowest values of accumulated  $S\Psi$ .

PP and MP showed a reduction of the relation between leaf area and yield. The total leaf area was higher for MP among the three analyzed varieties. The lowest values of net photosynthesis were shown in MP.

The yield components showed different results according to the TS. In the three analyzed varieties, the highest number of bunches per plant and the lowest weight per berry was found in MP.

The Marselan variety presented the highest values of anthocyanin concentration in PP and VSP. In Petit Verdot, the highest record was observed for MP. The highest values of total polyphenol index were found in Petit Verdot for MP and VSP.

## INDICE

Agradecimientos.....	III
Resumen .....	IV
Abstract.....	IV
Índice.....	V
Lista de tablas.....	IX
Liste of tables.....	IX
Lista de figuras.....	IX
Liste of figures.....	XIV
1. INTRODUCCIÓN .....	19
1.1. Sistemas de conducción.....	19
1.2. Poda.....	19
1.3. Influencia de los sistemas de conducción en la exposición de racimos.....	23
1.3. Equilibrio vegetativo/productivo.....	25
1.4. Componentes que definen el rendimiento.....	26
1.5. Caracterización agronómica y fisiológica de la estructura vegetativa.....	29
1.5.3 Intercepción de luz .....	31
1.6. Parámetros que influyen en la composición química de la uva y el vino .....	33
2. HIPOTESIS .....	34
2.1. Hipótesis general.....	34
2.2. Hipótesis específica.....	34
3.1 Objetivos generales .....	35
3.2. Objetivos específicos.....	35
4. MATERIALES Y METODOS .....	35
4.1. Sitio y material vegetal .....	35
Diseño del estudio observacional.....	37
4.3. Seguimiento de los estados fenológicos .....	38
4.4. Manejo del riego .....	38
4.4.1. Integral de estrés hídrico.....	39
4.5. Superficie foliar total.....	40

4.5.1 Eficiencia de intercepción de la radiación solar .....	40
4.5.1.1 Protocolo para los SC en PRP Y VSP .....	42
4.5.1.2 Protocolo para el SC en PM.....	42
4.6. Intercambio de gases .....	43
4.7. Point Quadrat .....	44
4.8. Microclima de la canopia.....	45
4.9. Componentes del rendimiento .....	45
4.10. Relación hoja/fruto .....	46
4.11. Composición química de la uva .....	46
4.11.1 Volumen de bayas y color.....	46
4.11.2. Madurez de las bayas.....	47
4.11.3 pH y acidez total.....	47
4.11.4. Antocianos e índice de polifenoles totales .....	47
4.12. Fecha de mediciones.....	48
4.13. Análisis estadístico .....	48
4.14.1. Análisis de componentes principales .....	49
5. RESULTADOS.....	49
5.1. Fenología .....	49
5.2. Caracterización meteorológica.....	50
5.3. Balance hídrico .....	51
Figura 11 A. Balance hídrico de los tres sistemas de conducción: poda mínima (PM), poda rasa de precisión (PRP) y posicionamiento vertical (VSP) en Marselan.....	52
Figure 11A. Hydric balance in each training system: minimal pruning (MP), precision pruning (PP), and vertical shoot positioned (VSP) in Marselan. ....	52
Figura 11 B. Balance hídrico de los tres sistemas de conducción: poda mínima (PM), poda rasa de precisión (PRP) y posicionamiento vertical (VSP) en Viognier. ....	53
Figure 11 B. Hydric balance in each training system: minimal pruning (MP), precision pruning (PP), and vertical shoot positioned (VSP) in Viognier.....	53
Figura 11 C. Balance hídrico de los tres sistemas de conducción: poda mínima (PM), poda rasa de precisión (PRP) y posicionamiento vertical (VSP) en Petit Verdot. ....	54
Figure 11 C. Hydric balance in each training system: minimal pruning (MP), precision pruning (PP), and vertical shoot positioned (VSP) in the three varieties: Viognier (a), Marselan (b) and Petit Verdot (c). ....	54
5.4. Variables vegetativas.....	54

5.4.2. Eficiencia de intercepción de radiación solar.....	54
5.4.3. Point quadrat .....	55
5.4.4. Relación hoja/fruto .....	56
5.5. Análisis de componentes principales de variables vegetativas .....	57
5.5.1. Viognier .....	57
5.5.2. Marselan .....	58
5.5.3. Petit verdot .....	59
5.6. Variables eco-fisiológicas.....	60
5.6.1. Potencial hídrico de las plantas .....	60
5.6.2. Microclima de la canopia.....	61
5.6.2.1. Humedad Relativa .....	61
5.6.3. Intercambio de gases .....	63
5.6.4. Análisis de componentes principales de variables eco-fisiológicas .....	66
5.6.4.1. Viognier .....	66
5.6.4.2. Marselan.....	67
5.6.4.3. Petit verdot .....	68
5.7. Componentes del rendimiento .....	69
5.8. Composición química de la uva .....	71
5.8.1. Contenido de azúcar .....	71
5.8.2. pH y acidez total.....	72
5.8.3. Polifenoles. Antocianos e IPT .....	74
5.8.4. Análisis por fotogrametría .....	75
5.9. Análisis de componentes principales. Composición química de la uva .....	75
5.9.1. Viognier .....	75
5.9.2. Marselan .....	76
5.9.3. Petit verdot .....	77
6. DISCUSION .....	78
6.1. Variables vegetativas.....	78
6.1.1. Superficie foliar total.....	78
6.1.2. Equilibrio vegetativo/productivo.....	79
6.1.3. Eficiencia de intercepción de luz.....	80
6.2. Variables eco-fisiológicas.....	80



6.2.1. Potencial foliar hídrico .....	80
6.2.2. Microclima .....	81
6.2.3. Intercambio gaseoso .....	81
6.2.4. Fotosíntesis neta .....	82
6.2.5. Conductancia estomática .....	82
6.2.6. Transpiración y eficiencia del uso de agua intrínseca .....	83
6.3. Componentes del rendimiento .....	84
6.4. Variables cualitativas.....	84
6.4.1. Madurez .....	84
6.4.2. pH.....	85
6.4.3. Daños físicos en la uva. Viognier.....	85
6.4.4. Antocianos e IPT – Marselan y Petit Verdot.....	86
7. CONSIDERACIONES SOBRE LAS HIPOTESIS .....	87
8. BIBLIOGRAFIA .....	90
9. Anexo I - Mediciones .....	98
9.1. Variables vegetativas.....	98
9.1.1. Marselan .....	98
9.1.1.1. Superficie foliar total .....	98
9.1.1.2. Point Quadrat .....	98
9.1.1.3. Foto hemisférica .....	99
9.1.2. Viognier .....	99
9.1.2.1. Superficie foliar total .....	99
9.1.2.2. Point Quadrat .....	100
9.1.2.3. Foto hemisférica .....	100
9.1.3. Petit Verdot .....	100
9.1.3.1. Superficie foliar total .....	100
9.1.3.2. Point Quadrat .....	101
9.1.3.3. Foto hemisférica .....	101
9.2. Variables ecofisiológicas .....	102
9.2.1. Petit Verdot .....	102
9.2.1.1. Potencial hídrico foliar en pre amanecer.....	102
9.2.1.2 Intercambio gaseoso .....	103

9.2.2. Marselan .....	104
9.2.2.1. Potencial foliar en pre amanecer .....	104
9.2.2.2. Intercambio gaseoso .....	105
9.2.3. Viognier .....	106
9.2.3.1. Potencial foliar en pre amanecer .....	106
9.2.3.2. Intercambio gaseoso .....	107
9.3. Variables físicas y químicas de la uva .....	107
9.3.1. Viognier .....	107
9.3.2. Marselan .....	107
9.3.3. Petit Verdot .....	108
9.4. Componentes de rendimiento.....	108
9.4.1. Viognier .....	108
9.4.2. Marselan .....	109
9.4.3. Petit Verdot .....	109

#### Lista de tablas

Tabla 1. Descripción de las parcelas en cada variedad ensayada. INRA Pech Rouge, Francia. 2012.....	37
Tabla 2. Fecha de las diferentes mediciones efectuadas en el ensayo. INRA Pech Rouge, Francia. 2012.....	48
Tabla 3. Seguimiento de los estados fenológicos por variedad.....	49

#### List of Tables

Table 1. Description of the plots for each tested variety. INRA Pech Rouge, France. 2012.....	37
Table 2. Date of the different measurements taken in the trial. INRA Pech Rouge, France. 2012.....	48
Table 3. Monitoring of the different phenological stages by variety.....	49

#### Lista de Figuras

Figura 1. Plantas podadas manualmente, simulando una poda mecánica. Localidad 25 de Mayo, San Juan, Argentina.....	21
--	----

Figura 2. Poda rasa de precisión con implemento de corte circular. INRA Pech Rouge, Francia.....	22
Figura 3. Daños físicos sobre bayas por sobre exposición solar de los racimos. 25 de Mayo, San Juan, Argentina.....	24
Figura 4. Esquema del porcentaje de reflexión, transmisión y absorción de la PAR sobre una hoja.....	31
Figura 5. Fotografía aérea de las parcelas escogidas para el ensayo: Petit Verdot (parcela N° 11), Viognier (parcela N°55) y Marselan (parcela N°59).....	36
Figura 6. Imagen tomada desde la parte inferior de una planta de variedad Marselan conducida en poda mínima.....	40
Figura 7. Esquema de trabajo para la toma de imágenes digitales hemisfericas, en los sistemas PRP y VSP .....	42
Figura 8. Esquema de trabajo para la toma de imágenes digitales hemisfericas en el SC en PM.....	43
Figura 9. Evolución de las temperaturas medias, máximas y mínimas mensuales (a), y de las precipitaciones y la evapotranspiración potencial (b) durante el ciclo vegetativo.....	49
Figura 10. Acumulación de grados días según cada estadio fenológico, en Viognier (A), Marselan (B) y Petit Verdot (C).....	51
Figura 11A. Balance hídrico en cada sistema de conducción: poda mínima (PM), poda rasa de precisión (PRP) y posicionamiento vertical (VSP) en Marselan.....	52
Figura 11B. Balance hídrico en cada sistema de conducción: poda mínima (PM), poda rasa de precisión (PRP) y posicionamiento vertical (VSP) en Viognier.....	53
Figura 11C. Balance hídrico en cada sistema de conducción: poda mínima (PM), poda rasa de precisión (PRP) y posicionamiento vertical (VSP) en Petit Verdot.....	53
Figura 12. Superficie foliar total expresada en $m^2 \text{ planta}^{-1}$ en tres sistemas de conducción diferentes y en tres variedades diferentes: Viognier (A), Marselan (B) y Petit Verdot (C). Cada barra es la media de la SFT de 36 plantas $\pm$ error estándar.....	54
Figura 13. Eficiencia de intercepción de luz expresada en porcentaje de luz interceptado por la canopia, en tres sistemas de conducción diferentes y en tres variedades diferentes: Viognier (A), Marselan (B) y Petit Verdot (C). Cada barra es la media del porcentaje de intercepción de luz de 36 plantas $\pm$ error estándar.....	55
Figura 14. Proporción relativa de racimos expuestos con respecto al total, expresada como porcentaje en tres sistemas de conducción diferentes y en tres variedades	

diferentes: Viognier (A), Marselan (B) y Petit Verdot (C). Cada barra es la media del porcentaje de racimos expuestos registrados en 150 inserciones  $\pm$ error estándar.....56

Figura 15. Relación hoja/fruto  $m^2 kg^{-1}$  en tres sistemas de conducción diferentes y en tres variedades diferentes: Viognier (A), Marselan (B) y Petit Verdot (C). Cada barra es la media de la relación hoja fruto de 36 plantas  $\pm$  error estándar.....56

Figura 16. Análisis de componentes principales de variables vitícolas para los tres SC, en Viognier. Cada punto representa la lectura en una planta. El color rojo representa las plantas conducidas en PM; el color verde representa las plantas conducidas en PRP y el color azul representa las plantas conducidas en VSP. Las elipses agrupan las plantas correspondientes a cada tratamiento. SFT: superficie foliar total, Relación H/F: relación hoja fruto; R exp.: porcentaje de racimos expuestos; Int. Luz: porcentaje de intercepción de luz.....57

Figura 17. Análisis de componentes principales de las variables vitícolas para los tres SC en Marselan. Cada punto representa la lectura en una planta. El color rojo representa las plantas conducidas en PM; el color verde representa las plantas conducidas en PRP y el color azul representa las plantas conducidas en VSP. Las elipses agrupan las plantas correspondientes a cada tratamiento. SFT: superficie foliar total, Relación H/F: relación hoja fruto; R exp.: porcentaje de racimos expuestos; Int. Luz: porcentaje de intercepción de luz.....58

Figura 18. Análisis de componentes principales de variables vitícolas para los tres SC en Petit Verdot. Cada punto representa la lectura en una planta. El color rojo representa las plantas conducidas en PM; el color verde representa las plantas conducidas en PRP y el color azul representa las plantas conducidas en VSP. Las elipses agrupan las plantas correspondientes a cada tratamiento. SFT: superficie foliar total, Relación H/F: relación hoja fruto; R exp.: porcentaje de racimos expuestos; Int. Luz: porcentaje de intercepción de luz.....59

Figura 19. Valores de potencial hídrico foliar de pre-amanecer -MPa y de integral de estrés hídrico MPa en tres sistemas de conducción diferentes y tres variedades diferentes: Viognier (A y B), Marselan (C y D) y Petit Verdot (E y F). Las barras de los gráficos B, D y F representan el valor de la integral de estrés hídrico en cada sistema de conducción.....61

Figura 20. Marcha semanal de humedad relativa y temperatura, registradas a las 8.00 h, 16.00 h y 00.00 h, durante un periodo de 7 días en tres variedades: Viognier (A, B); Marselan (C, D) y Petit Verdot (E, F).....63

Figura 21. Fotosíntesis neta expresada en  $\mu Mol$  de  $CO_2 m^{-2} s^{-1}$  en tres sistemas de conducción diferentes y tres variedades diferentes: Viognier (A), Marselan (B) y Petit Verdot (C). Cada barra es la media de la fotosíntesis neta de 12 plantas  $\pm$  error estándar.....64

Figura 22. Conductancia estomática expresada en  $mMol CO_2 planta^{-1} s^{-1}$  en tres sistemas de conducción diferentes y en tres variedades: Viognier (A), Marselan (B) y Petit Verdot

(C). Cada barra es la media de la conductancia estomática de 12 plantas  $\pm$  error estándar.....63

Figura 23. Transpiración expresada en  $\text{mMol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$  en tres sistemas de conducción diferentes en tres variedades: Viognier (A), Marselan (B) y Petit Verdot (C). Cada barra es la media de la transpiración medida en 12 plantas  $\pm$  error estándar. ....65

Figura 24. Eficiencia en el uso de agua intrínseca expresada en  $\mu\text{mol CO}_2\text{mmolH}_2\text{O}^{-1}$  en tres sistemas de conducción diferentes y tres variedades: Viognier (A), Marselan (B) y Petit Verdot (C). Cada barra representa la media de la EUAi de 12 plantas  $\pm$  error estándar.....66

Figura 25. Análisis de componentes principales de variables eco-fisiológicas, para los tres SC en Viognier. Cada punto representa la lectura en una planta. El color rojo representa las plantas conducidas en PM; el color verde representa las plantas conducidas en PRP y el color azul representa las plantas conducidas en VSP. Las elipses agrupan las plantas correspondientes a cada tratamiento.  $S\Psi$ : integral de estrés hídrico, Pn: fotosíntesis neta; gs: conductancia estomática; transpiración: transpiración; EUAi: eficiencia del uso de agua intrínseca.....67

Figura 26. Análisis de componentes principales de variables eco-fisiológicas, para los tres SC en Marselan. Cada punto representa la lectura en una planta. El color rojo representa las plantas conducidas en PM; el color verde representa las plantas conducidas en PRP y el color azul representa las plantas conducidas en VSP. Las elipses agrupan las plantas correspondientes a cada tratamiento.  $S\Psi$ : integral de estrés hídrico, Pn: fotosíntesis neta; gs: conductancia estomática; transpiración: transpiración; EUAi: eficiencia del uso de agua intrínseca.. ....68

Figura 27. Análisis de componentes principales de variables eco-fisiológicas para los tres SC, en Petit Verdot. Cada punto representa la lectura en una planta. El color rojo representa las plantas conducidas en PM; el color verde representa las plantas conducidas en PRP y el color azul representa las plantas conducidas en VSP. Las elipses agrupan las plantas correspondientes a cada tratamiento.  $S\Psi$ : integral de estrés hídrico, Pn: fotosíntesis neta; gs: conductancia estomática; transpiración: transpiración; EUAi: eficiencia del uso de agua intrínseca. ....69

Figura 28. Análisis de los componentes de rendimiento en tres sistemas de conducción diferentes y tres variedades: peso por baya en Viognier (A), Marselan (B) y Petit Verdot (C); bayas por racimo en Viognier (D), Marselan (E) y Petit Verdot (F); racimos por planta en Viognier (G), Marselan (H) y Petit Verdot (I); peso por planta en Viognier (J), Marselan (K) y Petit Verdot (L). Cada barra es la media de la variable medida de 36 plantas  $\pm$ error estándar.....71

Figura 29. Grado de madurez obtenido del análisis de 600 bayas, expresado en grados Brix en tres sistemas de conducción diferentes y en tres variedades: Viognier (A), Marselan (B) y Petit Verdot (C). Cada barra es la media de tres repeticiones  $\pm$ error estándar.....72

- Figura 30. pH (A) y acidez total (B) del mosto obtenido de 600 bayas de tres sistemas de conducción diferentes en Viognier. Cada barra es la media de tres repeticiones  $\pm$ error estándar.....73
- Figura 31. pH del mosto obtenido de 600 bayas en tres sistemas de conducción y dos variedades: Marselan (A) y Petit Verdot (B). Cada barra representa la media de tres repeticiones  $\pm$  error estándar.....74
- Figura 32. Acidez total del mosto expresada en  $\text{gr H}_2\text{SO}_4\text{L}^{-1}$ , obtenida de 600 bayas en tres sistemas de conducción y dos variedades: Marselan (A) y Petit Verdot (B). Cada barra representa la media de tres repeticiones  $\pm$ error estándar.....74
- Figura 33. Concentración de antocianos expresada en  $\text{mg L}^{-1}$  del mosto, obtenido de 600 bayas en tres sistemas de conducción y dos variedades: Marselan (A) y Petit Verdot (B). Cada barra representa la media de tres repeticiones  $\pm$ error estándar.....75
- Figura 34. Índice de polifenoles totales del mosto obtenido de 600 bayas en tres sistemas de conducción y dos variedades: Marselan (A) y Petit Verdot (B). Cada barra representa la media de tres repeticiones  $\pm$ error estándar.....76
- Figura 35. Porcentaje de bayas rojas y azules en Viognier al momento de la vendimia analizadas con Dyosystem® en tres sistemas de conducción diferentes y en tres variedades: Viognier (A), Marselan (B) y Petit Verdot (C). Cada barra es la media de tres repeticiones  $\pm$ error estándar.....76
- Figura 36. Análisis de componentes principales de variables enológicas de mosto en Viognier, con los tres SC. Cada punto representa el valor medio de la variable en cada bloque. El color rojo representa las plantas conducidas en PM; el color verde representa las plantas conducidas en PRP y el color azul representa las plantas conducidas en VSP. Las elipses agrupan las plantas correspondientes a cada tratamiento. Ac. Total: acidez total; pH: pH; %bayas rojas: porcentaje de bayas rojas; %bayas azules: porcentaje de bayas azules. ....77
- Figura 37. Análisis de componentes principales de variables enológicas del mosto en Marselan, con los tres SC. Cada punto representa el valor medio de la variable en cada bloque. El color rojo representa las plantas conducidas en PM; el color verde representa las plantas conducidas en PRP y el color azul representa las plantas conducidas en VSP. Las elipses agrupan las plantas correspondientes a cada tratamiento.; Ac. total: acidez total; pH: pH; Antocianos: concentración de antocianos; IPT: índice de polifenoles total.....78
- Figura 38. Análisis de componentes principales de variables enológicas de mosto en Petit Verdot, con los tres SC. Cada punto representa el valor medio de la variable en cada bloque. El color rojo representa las plantas conducidas en PM; el color verde representa las plantas conducidas en PRP y el color azul representa las plantas conducidas en VSP.

Las elipses agrupan las plantas correspondientes a cada tratamiento. Ac. Total: acidez total; pH: pH; Antocianos: concentración de antocianos; IPT: índice de polifenoles total .....	79
---	----

### **List of figures**

Figure 1. Manually pruned plants, simulating a mechanic prune. Locality of 25 de Mayo San Juan, Argentina.....	21
Figure 2. Precision pruning with round cut implement. INRA Pech Rouge, France.....	22
Figure 3. Physical damages on berries due to cluster overexposure to sunlight. 25 de Mayo, San Juan, Argentina .....	24
Figure 4. Scheme of PAR reflection, transmission and absorption on a leaf.....	31
Figure 5. Aerial photography of the plots chosen for the trail: Petit Verdot (plot N° 11), Viognier (Plot N° 55) and Marselan (Plot N° 59).....	36
Figure 6. Image taken from the lower plant of a Marselan variety plant, trained in minimal pruning .....	40
Figure 7. Scheme of work for the acquisition of digital, hemispheric images in the PP and VSP systems.....	42
Figure 8. Scheme of work for the acquisition of digital, hemispheric images in MP .....	43
Figure 9. Evolution of mean, maximum and minimum monthly temperatures (a): and of rainfall and potential evapotranspiration (b) during the vegetative cycle.....	49
Figure 10. Accumulation of degree-days by phenological stage, in Viognier (A), Marselan (B), and Petit Verdot (C).....	51
Figure 11A. Hydric balance in each training system: minimal pruning (MP), precision pruning (PP), and vertical shoot positioned (VSP) in Marselan.....	52
Figure 11B. Hydric balance in each training system: minimal pruning (MP), precision pruning (PP), and vertical shoot positioned (VSP) in Viognier.....	53
Figure 11C. Hydric balance in each training system: minimal pruning (MP), precision pruning (PP), and vertical shoot positioned (VSP) in Petit Verdot.....	53
Figure 12. Total leaf area expressed in m <sup>2</sup> plant <sup>-1</sup> in three different training systems and varieties: Viognier (A), Marselan (B) Petit Verdot (C). Each bar is the mean of the TLA	

- of 36 plants,  $\pm$  standar error. Mediums values with a common letter are not significantly different ( $p>0,05$ ).....54
- Figure 13. Efficiency of light interception expressed as percentage of light intercepted by the canopy, in three different training systems and varieties: Viognier (A), Marselan (B) and Petit Verdot (C). Each bar is the mean of the percentage of light interception of 36 plants  $\pm$ standard error.....55
- Figure 14. Relative proportion of exposed berries compared to total, expressed as percentage in three different training systems and varieties: Viognier (A), Marselan (B) and Petit Verdot (C). Each bar is the mean of the percentage of exposed berries registered in 150 insertions,  $\pm$ standard error.....56
- Figure 15. Leaf/fruit ratio  $m^2 kg^{-1}$  in three different training systems and varieties: Viognier (A), Marselan (B) and Petit Verdot (C). Each bar is the mean of leaf/fruit ratio of 36 plants,  $\pm$ standard error.....56
- Figure 16. Principal component analysis of the viticulture variables for the three TS, in Viognier. Each point represents the measures one plant. Red, green and blue refer to plants conducted in MP, PP and VSP, respectively. The ellipses group plants corresponding to each treatment. TFS: total foliar surface; Relación H/F: leaf-fruit ratio; R. exp.: percentage of berries exposed; Int. Luz: percentage of light interception.....57
- Figure 17. Principal component analysis of the viticulture variables for the three TS, in Marselan. Each point represents the measures in one plant. Red, green and blue refer to plants trained in MP, PP and VSP, respectively. The ellipses group plants corresponding to each treatment. TFS: total foliar surface; Relación H/F: leaf-fruit ratio; R. exp.: percentage of berries exposed; Int. Luz: percentage of light interception.....58
- Figure 18. Principal component analysis of the viticulture variables for the three TS, in Petit Verdot. Each point represents the measures in one plant. Red, green and blue refer to plants conducted in MP, PP and VSP, respectively. The ellipses group plants corresponding to each treatment. TFS: total foliar surface; RelaciónH/F: leaf-fruit ratio; R. exp.: percentage of berries exposed; Int. Luz: percentage of light interception.....59
- Figure 19. Values of leaf hydric potential of pre-dawn -MPa, and MPa water stress integral in three different training systems and varieties: Viognier (A and B), Marselan (C and D), and Petit Verdot (E and F). Bars of the B, D and F graphs represent the value of the hydric stress integral for each training system.....61
- Figure 20. Weekly values of relative humidity and temperature, recorded at 8.00, 16.00 and 00.00 h., in a 7-day period for the three varieties: Viognier (A, B); Marselan (C, D) and Petit Verdot (E, F).....63
- Figure 21. Net photosynthesis expressed in  $\mu Mol$  of  $CO_2 m^{-2} s^{-1}$  in three different training systems and varieties: Viognier (A), Marselan (B), and Petit Verdot (C). Each bar is the net photosynthesis mean of 12 plants  $\pm$ standard error.....64



- Figure 22. Stomatal conductance expressed in  $\mu\text{Mol of CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  in three different training systems and varieties: Viognier (A), Marselan (B), and Petit Verdot (C). Each bar is the stomatal conductance mean of 12 plants  $\pm$  standard error.....65
- Figure 23. Transpiration expressed in  $\text{mMol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  in three different training systems and varieties: Viognier (A), Marselan (B), and Petit Verdot (C). Each bar is the mean transpiration of 12 plants  $\pm$  standard error.....65
- Figure 24. Intrinsic water use efficiency, expressed in  $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{mmol H}_2\text{O}^{-1}$  in three different training systems and varieties: Viognier (A), Marselan (B), and Petit Verdot (C). Each bar represents the mean of EUAi of 12 plants  $\pm$  standard error.....66
- Figure 25. Principal component analysis of eco-physiological variables, for the three TS in Viognier. Each point represents the measure in one plant. Red, green and blue refer to plants conducted in MP, PP and VP, respectively. The ellipses group plants corresponding to each treatment. S $\Psi$ : water stress integral, Pn: net photosynthesis; gs: stomatal conductance; transpiration: transpiration; EUAi: intrinsic water use efficiency.....67
- Figure 26. Principal component analysis of eco-physiological variables, for the three TS in Marselan. Each point represents the measure in one plant. Red, green and blue refer to plants conducted in MP, PP and VP, respectively. The ellipses group plants corresponding to each treatment. S $\Psi$ : hydric stress integral, Pn: net photosynthesis; gs: stomatal conductance; transpiration: transpiration; EUAi: intrinsic water use efficiency..68
- Figure 27. Principal component analysis of eco-physiological variables, for the three TS in Verdot. Each point represents the measure in one plant. Red, green and blue refer to plants conducted in MP, PP and VSP, respectively. The ellipses group plants corresponding to each treatment. S $\Psi$ : hydric stress integral, Pn: net photosynthesis; gs: stomatal conductance; transpiration: transpiration; EUAi: intrinsic water use efficiency..69
- Figure 28. Analysis of the performance components in three training systems and varieties: weight per berry in Viognier (A), Marselan (B), and Petit Verdot (C); berries per cluster in Viognier (D), Marselan (E), and Petit Verdot (F); clusters per plant in Viognier (G), Marselan (H), and Petit Verdot (I); weight per plant in Viognier (J), Marselan (K), and Petit Verdot (L). Each bar is the mean of the measured variable of 36 plants  $\pm$  standard error.....71
- Figure 29. Level of maturity obtained from the analysis of 600 berries, expressed in Brix degrees in three training systems and varieties: Viognier (A), Marselan (B), and Petit Verdot (C). Each bar is the mean of three repetitions  $\pm$  standard error.....72
- Figure 30. pH (A) and total acidity (B) of the must obtained from 600 berries of three different training systems in Viognier. Each bar is the mean of three repetitions  $\pm$  standard error.....73

- Figure 31. pH of the must obtained from 600 berries of three training systems and two varieties: Marselan (A) and Petit Verdot (B). Each bar is the mean of three repetitions  $\pm$ standard error.....74
- Figure 32. Total acidity expressed in  $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{L}^{-1}$ , obtained from 600 berries of three training systems and two varieties: Marselan (A) and Petit Verdot (B). Each bar is the mean of three repetitions  $\pm$ standard error..... 74
- Figure 33. Anthocyanin concentration expressed in  $\text{mg L}^{-1}$  of must, obtained from 600 berries of three training systems and two varieties: Marselan (A) and Petit Verdot (B). Each bar is the mean of three repetitions  $\pm$ standard error.....75
- Figure 34. Index of total polyphenols obtained from 600 berries of three training systems and two varieties: Marselan (A) and Petit Verdot (B). Each bar is the mean of three repetitions  $\pm$ standard error.....76
- Figure 35. Percentage of red and blue berries in Viognier at harvest time, analyzed with Dyostem® in three different training systems and varieties: Viognier (A), Marselan (B) and Petit Verdot (C). Each bar is the mean of three repetitions  $\pm$ standard error.....76
- Figure 36. Principal component analysis of must enological variables in Viognier, for the three TS. Each point represents the mean value of the variable in each block. Red, green and blue refer to plants conducted in MP, PP and VSP, respectively. The ellipses group plants corresponding to each treatment. NFA: easily assimilable nitrogen; Ac. Total: total acidity; pH: pH; % bayas rojas: percentage of red berries; % bayas azules: percentage of blue berries .....77
- Figure 37. Principal component analysis of must enological variables in Marselan, for the three TS. Each point represents the mean value of the variable in each block. Red, green and blue refer to plants conducted in MP, PP and VSP, respectively. The ellipses group plants corresponding to each treatment.; Ac. Total: total acidity; pH: pH; Antocianinas: anthocyanin concentration; IPT: total polyphenol index.....78
- Figure 38. Principal component analysis of must enological variables in Petit Verdot, for the three TS. Each point represents the mean value of the variable in each block. Red, green and blue refer to plants conducted in MP, PP and VSP, respectively. The ellipses group plants corresponding to each treatment; Ac. Total: total acidity; pH: pH; Antocianinos: anthocyanin concentration; IPT: total polyphenol index.....79

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Sistemas de conducción

El término sistema de conducción puede definirse como la forma o disposición que se le impone a las distintas partes de la planta, en función a los diversos tipos de estructura de sostén que condicionan la altura del tronco, dirección de los brazos, elementos de poda y exposición del follaje a la luz solar (Carbonneau, 1980). Conceptualmente, el término puede interpretarse como el conjunto de técnicas elegidas para el establecimiento del viñedo y el control de su desarrollo.

Los objetivos más importantes de la conducción del viñedo son:

- Permitir que cada variedad exprese libremente su potencial vegetativo, productivo y cualitativo.
- Ajustar el tipo de poda en función a la fertilidad de las yemas que presenta cada variedad.
- Maximizar la intercepción de la radiación solar, ya sea directa o difusa.
- Facilitar la mecanización de las labores culturales en la viña.
- Establecer una adecuada relación entre superficie foliar y producción.

### 1.2. Poda

La poda de la vid consiste en la remoción de órganos vivos de la planta: brotes, sarmientos, hojas, excluyendo inflorescencias y racimos (Branas, 1974). Esta operación se puede realizar en cualquier momento del ciclo; si se lleva a cabo durante el periodo de receso vegetativo, se denomina *poda en seco* o *poda de invierno* y si las operaciones se realizan durante el periodo activo, se denominan *poda u operaciones en verde* (Hidalgo, 2003).

Las plantas no podadas adquieren grandes dimensiones de la estructura vegetativa; los sarmientos que no han sido podados en el invierno desarrollan numerosos brotes concentrados generalmente en el tercio más distal de los mismos (acrotonía e inhibición correlativa), de escasa longitud (bajo vigor). Este comportamiento, desarrolla estructuras vegetativas caracterizadas por una canopia que completa su desarrollo en forma temprana durante el ciclo vegetativo. Los extremos del sarmiento desarrollan brotes y las yemas de la parte basal de los mismos quedan sin desarrollarse (Hidalgo, 2003). La planta desarrolla una mayor cantidad de racimos, de menor peso y bayas de menor tamaño.

La poda del viñedo se lleva a cabo tradicionalmente a mano durante el periodo de dormición invernal, con el objetivo de remover gran parte de la estructura vegetativa del año anterior. Esto se realiza para mantener la forma y tamaño de la planta, controlar el número de yemas, mantener aquellas que son potencialmente productivas en una distribución óptima, controlar el número de brotes y de esta manera, número y tamaño de racimos por planta (Winkler *et al.*, 1974).

La realización de la poda invernal es una práctica intensiva que consume muchos jornales y es utilizada para lograr un balance entre rendimiento y composición de la fruta. Esta labor es la segunda más demandante en cuanto a horas hombre y por lo tanto, es la segunda más alta en términos de costos por hectárea después de la cosecha manual. Sistemas de conducción trabajados con poda manual (VSP) requieren junto con las labores de manejo de la canopia y cosecha, un total de 312.1 h hombre ha<sup>-1</sup>, mientras que en aquéllos que implementan poda mecanizada, totalizan 32.1 h hombre ha<sup>-1</sup>. Las plantas conducidas en poda mínima, insumen un total de 13.6 h hombre ha<sup>-1</sup> (Van Schalkwyk y Archer, 2007). Se han desarrollado sistemas de conducción que permiten la implementación de métodos de poda alternativos. En ellos las maquinarias utilizadas en el viñedo en remplazo de las labores manuales, logran disminuir los costos por hectárea entre un 44% y un 61%, dependiendo de cada sistema de conducción (Thomsen y Morris, 2007). No solamente se verifica una reducción de costos en las labores de poda, sino también en aquellas que se relacionan con el manejo de canopia y cosecha.

#### 1.2.1. Poda mecanizada

Las primeras experiencias mundiales sobre la poda mecánica del viñedo, datan de los años sesenta en Argentina (Casares *et al.*, 1967) y en Estados Unidos (Shaulis *et al.*, 1972). Luego comienza a desarrollarse con más interés en Australia (May y Clingeleffer, 1977), Italia (Baldini *et al.*, 1976) y en Francia (Carbonneau *et al.*, 1979). Actualmente, existe mucha información sobre la poda mecanizada (Figura 1) con relación al costo de labores culturales, efecto sobre la producción (Morris y Cawthon, 1981; Cargnello y Lisa, 1982; Reynolds, 1988; Intrieri y Poni, 1995; Martínez de Toda y Sancha, 1999), vigor, tamaño de bayas y peso de racimos (Freeman y Cullis, 1981; Reynolds, 1988) y el efecto sobre la incidencia de las enfermedades de la madera (Carbonneau, 2008).

La alternativa de mecanización de labores vitícolas, surge fundamentalmente a partir de la necesidad de disminuir los costos productivos por hectárea y reducir el tiempo de ejecución de la labor en grandes plantaciones. Actualmente en el mercado de maquinarias existen implementos dotados de barras o discos de corte, que realizan la poda del viñedo en función de las posibilidades del sistema de conducción. Estos implementos realizan la poda de los sarmientos, dejando un número variable de yemas por pitón según la regulación de los mismos y la tecnología que utiliza. La figura 1 muestra un viñedo con plantas de la variedad Syrah de 15 años con poda mecánica.



Figura 1. Plantas de Syrah de 15 años conducidas en Box Pruning con poda mecánica. Localidad 25 de Mayo, San Juan, Argentina.

Figure 1. Manually pruned plants, simulating a mechanic prune. Locality of 25 de Mayo San Juan, Argentina

En Australia la adopción de la poda mecánica en seto y el uso de sistemas de poda mínima, siguieron a la introducción de la cosecha mecánica a comienzo de 1970 (Clingelefer, 1993). Sin embargo, las variedades responden en forma diferente a la poda y la respuesta del viñedo a la poda mínima, puede variar en función de las características agroclimáticas de cada región (Possingham, 1996). Por otro lado, en estos sistemas de conducción la planta tiene la capacidad de mantener la forma de la canopia, productividad y calidad de la fruta a través de los años, debido a un mecanismo de auto regulación y balance de crecimiento (Clingeleffer, 1996).

Otra alternativa de mecanización de la poda, es mediante el uso de implementos que utilizan tecnología de corte de precisión; esta operación se denomina poda rasa de precisión (PRP). En este sistema la poda de los sarmientos se realiza en forma mecánica con tal precisión, que el implemento avanza realizando el corte próximo al brazo cordón

dejando sólo una o dos yemas basales para la próxima temporada (según la regulación del corte). La figura 2 muestra el implemento con sierras circulares y el corte que realiza en la parte superior del cordón de la cepa y a los costados (Figura 2). A diferencia de otros modelos de implementos mecánicos, la precisión de los cortes realizados con la maquinaria de PRP permite minimizar la intervención manual posterior a la operación, para definir el número final de yemas que quedará sobre el cordón. (Richy *et al.*, 2010).



Figura 2. Poda rasa de precisión con implemento de corte circular. INRA Pech Rouge, Francia.

Figure 2. Precision pruning with round cut implement. INRA Pech Rouge, France

El implemento consta de dos sistemas de visión artificial comunicados entre ellos. El primer módulo realiza el posicionamiento de la máquina e indica al segundo los parámetros de avance, la posición de los cortes y los contornos del cordón. El segundo posiciona el cabezal de corte siguiendo dichos contornos por medio de accionamientos eléctricos. Este sistema logra tal precisión en el corte, que en ocasiones se puede prescindir de cualquier intervención manual *a posteriori* (Montalescot, 2008).

Este tipo de poda rasa deja un mayor número de yemas por metro de cordón; como resultado, se puede apreciar en la planta un mayor número de racimos con bayas más pequeñas (según la fertilidad de las yemas basales). Por lo tanto la producción por planta tiende a ser mayor en los sistemas PRP que en los VSP; más allá del aumento en el rendimiento, no se observan mayores diferencias en la calidad global de los vinos. (Richy *et al.*, 2010).

La PRP ofrece entonces en ciertos viñedos, una solución interesante dentro de la cadena de intervenciones, necesaria en el contexto de la competencia mundial (Carbonneau y Ojeda, 2006).

### 1.2.2. Poda mínima

El sistema de conducción en poda mínima (PM), fue desarrollado en Australia con el objetivo principal de reducir los costos productivos por hectárea (Reynolds y Wardle, 2001; Possingham, 1996). El mismo se basa en el principio que una planta mínimamente podada, puede desarrollar un mecanismo de auto-regulación en términos de balance entre el crecimiento vegetativo y el rendimiento.

Se presentan procesos característicos como respuesta de la planta al sistema de conducción en PM; entre ellos, podemos citar:

- a) Un desarrollo temprano de la canopia en primavera, lo que conduce a una mayor tasa de asimilación de carbohidratos desde floración hasta el cuajado de baya.
- b) Aumento en el número de yemas y brotes, menor porcentaje de brotación, brotes más pequeños.
- c) Modificación en la estructura de los racimos, racimos de menor tamaño, menos compactos.
- d) Autoregulación de la cantidad de racimos y peso por planta.

Estos comportamientos podrían explicar la razón por la cual las plantas conducidas en PM, con un adecuado balance, muestran rendimientos elevados con bayas de buena calidad (Intrieri *et al.*, 2001). La poda mínima y la poda mecanizada reducen los costos significativamente respecto a la poda manual; no solamente por la reducción de la labor en sí, sino también por todo el posterior manejo de la canopia y cosecha (Van Schalkwyk Y Archer, 2007). La PM reduce aún más la mano de obra, ya que no hay una intervención invernal en el viñedo. En cuanto al estado fitosanitario de las plantas, la PM reduce el desarrollo de hongos en la madera (Travadon *et al.*, 2016).

### 1.3. Influencia de los sistemas de conducción en la exposición de racimos

La sobre-exposición de racimos en regiones de clima cálido, genera disminución en la productividad del viñedo y pérdida en la calidad de los vinos. Aun con temperaturas moderadas del aire, ciertos racimos pueden presentar daños químicos sin manifestar daños

físicos evidentes. La figura 3 muestra daños físicos causados por sobre exposición solar de racimos; esto puede ocasionar luego la aparición de notas amargas y tonalidades amarronadas en el vino. La temperatura de los racimos está determinada por la temperatura del aire, la radiación incidente y la pérdida de calor por convección (Spayd *et al.* 2002, Berqvist *et al.* 2001). El punto en el cual la temperatura del racimo excede la temperatura del aire, va a depender de varios factores: grado de exposición, intensidad de la radiación solar, velocidad del viento, color de las bayas y grado de compactación del racimo; bayas oscuras expuestas al sol y bajo condiciones de poca aireación, pueden alcanzar temperaturas de hasta 15°C por arriba de la temperatura ambiente (Dry, 2009).



Figura 3. Daños físicos sobre bayas por sobre exposición solar de los racimos. 25 de Mayo, San Juan, Argentina.

Figure 3. Physical damages on berries due to cluster overexposure to sunlight. 25 de Mayo, San Juan, Argentina

El sistema de conducción es una herramienta fundamental para la gestión de la protección de los racimos. En regiones cálidas de Australia, sistemas conducidos en VSP presentaron en 2009 mayores daños en los racimos por sobre exposición solar, sobre todo si además habían sido defoliados en la zona de los mismos. Al contrario, sistemas de conducción de canopia libre con una adecuada cobertura foliar, surgen como una alternativa para estas situaciones productivas en las cuales se hace necesario evitar la exposición directa de los racimos al sol (Dry, 2009).

El sistema de conducción modifica el microclima de la planta y por lo tanto, altera las condiciones térmicas de la misma. Una mayor exposición de la cubierta vegetal implica un incremento en la temperatura foliar, por lo que cuanto más se incrementa la intercepción de radiación, más aumenta la temperatura de la canopia y del aire que circula en el interior de la misma (Millar, 1972).



#### 1.4. Equilibrio vegetativo/productivo

Se entiende por equilibrio vegetativo/productivo al conjunto de posibilidades que le permite a la planta producir la máxima cantidad de fruta de alta calidad, para una determinada expresión vegetativa, en un determinado medio vitícola (Hidalgo, 2003).

El equilibrio de la viña puede ser caracterizado de varias maneras. Winkler (1930) propone que una planta está en equilibrio y no sobre cargada, cuando lleva su uva a un determinado valor de grados Brix, con una cierta sumatoria de grados días, el cual es constante para una determinada variedad.

Viñedos con elevado vigor tienden a generar canopias densas, con una alta demanda de agua y un microclima que puede generar una disminución en la fertilidad de las yemas. Por lo tanto, para asegurar una producción sustentable es necesario equilibrar la planta. (Terry y Kurtural, 2011). Un vigor excesivo está asociado a un incremento del ácido málico, potasio, pH de las bayas y una disminución de color y sólidos solubles, lo cual impacta en forma negativa en la calidad final del vino (Pszczolkowski y Bordeu, 1984). Las distintas técnicas de manejo de la canopia tienden a producir un control en la tasa de crecimiento vegetativo (Smart, 1985), resultando en un microclima favorable de luz en la zona de fructificación (Dokoozlian y Kliewer, 1995; Gladstone y Dokoozlian, 2003), en un incremento de los componentes de calidad de la baya (Kurtural *et al.*, 2006; Petrie y Clingeleffer, 2006) y en plantas balanceadas que permitan una producción comercialmente sustentable (Reynolds y Wardle, 1993).

El equilibrio “superficie foliar expuesta-potencial-vigor” es la base del potencial cualitativo del viñedo, pudiendo ser optimizado mediante la densidad de plantación: baja densidad de plantación para les arquitecturas abiertas (tipo lira) y alta densidad para las arquitecturas tipo espaldera, controladas mediante despuntes con el fin de limitar la producción y el vigor (Carbonneau y Cargnello, 2003).

El índice más empleado en la actualidad para evaluar el equilibrio de la planta entre producción y crecimiento vegetativo, es el propuesto por Ravaz en 1903 (Carmo-Candolfi Vasconcelos y Castagnoli, 2000) y está definido por la relación entre el peso de cosecha y el peso de madera de poda. El autor recomendaba valores entre 5 y 7 para evitar desequilibrios del viñedo. Muchos autores han propuesto valores ideales de dicho índice, pero la mayoría se han posicionado en un intervalo comprendido entre 5 y 12 (Smart y

Robinson, 1991), variando en función del cultivar, sistema de conducción, carga y dosis de riego aplicadas principalmente (Reynolds *et al.*, 1985).

### 1.5. Componentes que definen el rendimiento

La producción del viñedo (crecimiento vegetativo, rendimiento y composición de la uva), depende de la capacidad de fotosíntesis de la canopia durante toda la temporada de crecimiento (Keller, 2005). Por lo tanto, el sistema de conducción puede tener un impacto significativo en el rendimiento, aunque los resultados dependen también de la región y la variedad. Sistemas de canopias divididas tienden a producir mayores rendimientos que aquellos de canopias no divididas, generalmente a causa de un aumento del área foliar expuesta, la intercepción de la luz y de un mayor número de yemas dejadas por m de canopia durante la poda invernal (Reynolds y Vanden Heuvel, 2009).

Intrieri *et al.*, (2001) demostraron en sus ensayos que las plantas conducidas en PM presentaban el doble del rendimiento con respecto a la conducción VSP, a pesar de los mecanismos de autoregulación de las plantas: menor porcentaje de brotación, fertilidad de los brotes, peso de los racimos, tamaño de las bayas y número de bayas por racimos. Por otro lado, ensayos sobre métodos alternativos de poda realizados en Cabernet Sauvignon, Van Schalkwyk y Archer (2007) encontraron que los mayores rendimientos se registraron en los tratamientos correspondientes a PM y poda mecanizada, como resultado de un aumento en el número de racimos por planta, a pesar de la reducción del peso en los mismos.

Lakso (1999), registró rendimientos 20% mayores en plantas conducidas en PM con respecto a VSP, debido a un aumento de entre 3 a 4 veces el número de racimos por planta; sin embargo, el peso de los racimos fue de hasta un 60% menor y el tamaño de las bayas, un 25% menor. En el mismo trabajo sugiere que el gran potencial de rendimiento del SC en PM, se debe a la mayor intercepción de luz por parte de la canopia y a una menor energía invertida en el desarrollo de brotes.

Ensayos realizados en plantas de variedad Tempranillo conducidas en PM en La Rioja, España, presentaron un incremento del rendimiento del 56% respecto a plantas podadas en forma manual (Zheng *et al.*, 2016).

### 1.5.1. Número de yemas por metro lineal

La intensidad de la poda invernal definida por la cantidad de yemas que se deja en la planta, es uno de los factores que más influye sobre la producción de uva, madera y sobre la composición química de las bayas (Champagnol, 1984). Esta variable se determina en función del sistema de conducción y tipo de poda; el rendimiento buscado, la capacidad de la planta, el número de yemas dejadas el año anterior y el índice de Ravaz (Branas, 1946).

Una baja carga de yemas podría implicar una disminución en la producción, con un consecuente aumento en el diámetro de brotes y un incremento generalizado del vigor; esta situación podría acentuarse aún más con el corrimiento de racimos y un desequilibrio de la planta, donde la calidad final de los vinos se vería afectada en forma negativa (Ortega-Farias *et al.*, 2007). Recíprocamente, una excesiva carga de yemas puede conducir a una mayor densidad de brotes, carga frutal y área foliar, aumentando de esta manera la competencia entre frutas y brotes. Esto podría conducir a una maduración heterogénea con una baja calidad enológica de la uva, además de una lignificación insuficiente y un debilitamiento a largo plazo de la planta (Reynier, 1989).

### 1.5.2. Brotes por planta

El desarrollo de las yemas dejadas en la poda, dará origen a los brotes o pámpanos del año, los cuales serán guiados según el sistema de conducción elegido. La distribución de brotes y hojas en la canopia determina la densidad de la cubierta vegetal, característica importante en la productividad del sistema de conducción y en el proceso de maduración (Shaulis, 1980).

La cantidad de brotes por planta se determina en el momento de la brotación a través del porcentaje de brotación de las yemas dejadas en la poda. En principio se debe evitar que sea excesivo para no favorecer el sombreado y a la vez debe ser eficiente en la interceptación de la radiación incidente (Smart, 1988). Puede variar ampliamente según: la variedad utilizada, la región en la cual el viñedo está implantado, los objetivos que la producción persigue, entre otros. En California se encontró que 3 capas de hojas alrededor del racimo, era un número eficiente en un sistema de conducción vertical con canopia libre (Williams *et al.* 1987); mientras que en Australia, 1.5 capas de hojas es el valor que resultó óptimo (Smart *et al.*, 1990).

La densidad de canopia originada por la disposición y el número de brotes por planta, depende ampliamente del sistema de conducción, densidad de plantación y tipo de poda realizada durante el periodo de receso vegetativo (Keller, 2010). Normalmente los sistemas de conducción no posicionados, suelen tener un índice de vegetación y de densidad foliar mayor que los sistemas verticales posicionados (Gladstone y Dokoozlian, 2003). El análisis de point quadrat y la medida de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) en la zona de los racimos, son dos métodos comúnmente usados para caracterizar la densidad de la canopia (Reynolds y Vanden Heuvel, 2009). El grado de correlación que existe entre el número de capas de hojas y la PAR, puede tomar los siguientes valores según el sistema de conducción sobre el cual se trabaje:  $r = -0,93$  para mediciones en sistemas de conducción en VSP con medición de la PAR en la zona de los racimos,  $r = -0,73$  para sistemas no posicionados verticalmente (Gladstone y Dokoozlian, 2003).

#### 1.5.3. Racimos por brote

Cada brote dará origen a inflorescencias y posteriormente a los racimos según el grado de fertilidad de las yemas. Normalmente se considera que cada yema fértil desarrolla en promedio dos primordios florales. Por lo tanto, si consideramos el número de yemas dejadas por planta y conocemos el peso del racimo de la variedad con la que se trabaja, podremos estimar el rendimiento que tendrá nuestro viñedo.

El efecto de la luz sobre la fertilidad de las yemas es independiente al efecto de la temperatura, aunque ambos están relacionados; bajos niveles de radiación incidente en hojas, reducen la fertilidad de las yemas ubicadas por arriba o por debajo de las mismas (Keller, 2010).

#### 1.5.4. Peso de los racimos

El peso de los racimos está definido por el número y peso de las bayas que lo forman. Los fenómenos que definen el incremento en el tamaño de la baya son: división celular e incremento del volumen celular; la división celular pareciera estar dominada mayormente por factores genéticos, mientras que la expansión celular está conducida en forma predominante por factores ambientales. Es decir que el tamaño de la baya puede variar en función a dos fenómenos: división celular y expansión celular (Keller, 2010).

El número de bayas está ampliamente influenciado por la fertilidad de las yemas, número de flores de la inflorescencia y por las tasas de cuajado. Dichos factores tienen un alto componente ambiental, sobretodo de iluminación y de temperatura en la zona de renovación de la canopia, los cuales afectan a las yemas y racimos de la planta fundamentalmente (Howell et al, 1991; Baeza *et al.*, 1999).

Por otro lado, el crecimiento y desarrollo metabólico de las bayas puede verse influenciado por el sistema de conducción. Ensayos realizados en variedad Chancellor demostraron que los sistemas podados en hedging y poda mínima, produjeron altos rendimientos con mayor cantidad de racimos por planta y bayas más pequeñas (Reynolds y Wardle, 2001).

Variedades ensayadas en regiones cálidas de Australia podadas mecánicamente, tales como Riesling, Chardonnay, Cabernet Sauvignon y Syrah, presentaron rendimientos de entre un 20% a un 40% superior, en comparación con sistemas de conducción podados en forma convencional (manual) (Clingeffer y Possingham, 1987).

## 1.6. Caracterización agronómica y fisiológica de la estructura vegetativa

### 1.6.1. Superficie foliar total

La estructura de la canopia determinada en gran medida por el sistema de conducción y en especial la distribución espacial de las hojas, es de vital importancia en el proceso de interceptación de luz y en el aumento de la productividad; la fijación del CO<sub>2</sub> depende del área foliar total, de la distribución de la superficie foliar, de la estructura de la canopia y de la capacidad individual de fotosíntesis de cada hoja (Keller, 2010).

La ventaja de un mayor desarrollo foliar en la poda mínima radica en el proceso de vendimia mecanizada, ya que la pérdida de hojas que puede resultar del paso de la máquina cosechadora por el viñedo en sistemas de conducción con menor desarrollo foliar, podría desencadenar una disminución del rendimiento en temporadas posteriores, a causa de un deficitario proceso de agostamiento (Cingeffer, 1984).

Ensayos de comparación realizados entre sistemas de conducción en poda mínima (PM) y espalderos podados en forma tradicional (VSP), mostraron que el área foliar total entre ambos sistemas era idéntico; la diferencia que existe en términos del balance de carbohidratos entre ellos, estaba atribuida al desarrollo temprano en el ciclo vegetativo del área foliar del sistema en PM, con respecto al espaldero tradicional, debido a la gran

cantidad de yemas dejadas en el periodo invernal (Downton y Grant, 1992; Lakso *et al.*, 1996). Por otro lado, ensayos realizados en regiones de clima frío (Shultz *et al.*, 2000) y clima cálido (Clingeffer y Possingham, 1987; Intrieri *et al.*, 2001), mostraron diferencias entre el área foliar de ambos sistemas de conducción. Sin embargo, esta diferencia podría no incrementar la intercepción de luz y por consiguiente, el balance total de fotoasimilados de la planta, si la mayor parte de sus hojas se encuentran en el interior de la canopia (Intrieri *et al.*, 2001).

#### 1.6.2. Superficie foliar expuesta

El desarrollo temprano de la canopia en el sistema de conducción en PM, posibilita elevados regímenes de intercepción lumínica y altos rendimientos. Aun así, esta productividad potencial no siempre es apreciada debido posiblemente a las reducidas tasas fotosintéticas hacia el final de la etapa de maduración (Lakso, 1999). Por otro lado, este desarrollo temprano de la canopia permite una mayor intercepción de la luz solar que incide sobre el viñedo (que de otro modo pasaría directamente hacia la superficie del suelo).

La geometría de la cubierta vegetal del viñedo asociada al sistema de conducción utilizado, puede limitar el número de hojas que reciben una iluminación directa, a partir de un cierto valor del índice de área foliar (IAF) (Reynier, 1989). Por lo tanto, más importante que la cantidad total de hojas de la cepa, es la cantidad de hojas expuestas a la radiación directa y el tiempo de exposición.

El estudio de la superficie foliar nos permite comprender mejor, ciertos parámetros como: fotosíntesis, uso del agua, estado nutricional de la planta, rendimiento y calidad (Williams y Martinson, 2003). Además, debido a que entre el 80 y 90% de la fotosíntesis global de la planta se debe a la actividad de las hojas exteriores, parece lógico usar el índice de superficie foliar externa expuesta como estimador de la potencialidad del sistema de conducción (Baeza *et al.*, 1999).

Carbonneau (1980) considera que la superficie foliar expuesta mínima debe ser  $0.9 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$ . Por otro lado, un rango entre 0.7 y  $1.4 \text{ m}^2$  por kilogramo de fruta es necesario para alcanzar la madurez adecuada (Howell, 2001). Bonnisseau y Dufourcq (2004) para la zona francesa de Burdeos, indican que el color en los vinos tintos aumenta sensiblemente con valores superiores a  $1.5 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$  hasta un óptimo de  $2.0 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$  para

ciertas variedades. Por otro lado, Kliewer (2005) cita valores de  $1.44 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$  para sistemas verticales y posicionados y  $1.55 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$  para sistemas de conducción con canopias abiertas. Estos rangos son amplios y deben ser adoptados según las características ambientales de cada región.

La distribución de la superficie foliar en el espacio puede hacer que varíe el funcionamiento fisiológico de la planta; el grado de exposición de la superficie foliar a la radiación es determinante a la hora de evaluar un sistema de conducción (Yuste, 1995). La imagen de la figura 4 muestra que las hojas expuestas a la radiación solar pueden absorber un 85% de la energía incidente (Figura 4), 6% es reflejado y solo un 9% es transmitido a la siguiente capa de hojas (Smart, 1985). Por lo que para las hojas que están situadas en la segunda capa de hojas, sólo hay un pequeño porcentaje de radiación disponible.

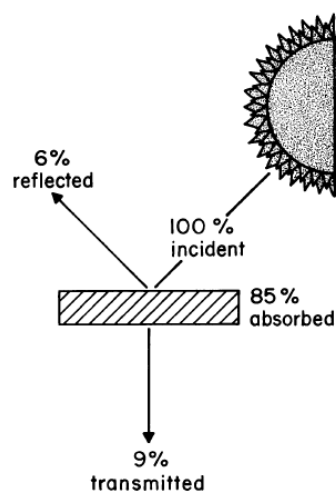


Figura 4. Esquema del porcentaje de reflexión, transmisión y absorción de la PAR sobre una hoja (Smart, 1985).

Figure 4. Scheme of PAR reflection, transmission and absorption on a leaf (Smart, 1985)

El grado de intercepción de la PAR por la canopia de la planta, depende de la interacción de su arquitectura, orientación de la hilera y grado de nubosidad (Smart, 1973).

### 1.6.3 Intercepción de luz

Dentro del conjunto de factores climáticos o señales, la luz tiene el efecto más importante ya que la planta la utiliza como una fuente de energía e información. El rango de longitud de onda que es utilizado en el proceso de fotosíntesis, va desde los 400 nm a los 700 nm;

esta fracción del espectro se denomina radiación fotosintéticamente activa (PAR) (Keller, 2010).

La relevancia de la fotosíntesis dentro del contexto del sistema de conducción, radica en la posibilidad de la superficie foliar total de explotar toda la fuente de la PAR, ya que finalmente tanto el rendimiento como la composición de la baya, dependen de la actividad fotosintética de las hojas (Reynolds y Vanden Heuvel, 2009).

Variaciones de la intercepción de luz y su distribución relacionada a la estructura o arquitectura de la canopia, pueden afectar: productividad, rendimiento, (Dry, 2000; Poni *et al.*, 2003), composición de la fruta (Kliewer y Lider, 1968; Haselgrove *et al.*, 2000; Bergqvist *et al.*, 2001) y por último, la calidad del vino (Smart, 1985). Las plantas de vid presentan una gran diversidad de estructuras de canopias en función a las posibilidades de cada terruño. Por ejemplo, sistemas de conducción en VSP han sido diseñados para incrementar la penetración de la luz en la zona de los racimos (Jackson y Lombard, 1993; Dry, 2000).

El valor de radiación lumínica en el cual la planta presenta un balance neto igual a cero de asimilación de CO<sub>2</sub>, se encuentra entre los 10-30  $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$  y se denomina punto de compensación lumínica; a partir de allí comienza el balance positivo de asimilación de CO<sub>2</sub>, hasta un valor que permanece constante más allá de los aumentos en la radiación lumínica. Este valor se encuentra entre los 700-1200  $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$  y se denomina punto de saturación (Keller, 2010).

Alrededor del 8% al 10% de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) que llega a la primera capa de hojas de la planta, pasa hacia la segunda más interna (Smart, 1985). Esto implica que cuando la radiación alcanza valores entre 1800  $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$  a 2000  $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$  (variando en función a la latitud y las condiciones atmosféricas), sólo 180 a 200  $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$  alcanzan la segunda capa de hojas. Este fenómeno sugiere que las hojas interiores de la planta pierden la capacidad de fotosintetizar como hojas expuestas, aun cuando quedan luego completamente expuestas (Hunter, 1989).

Sin embargo no se comportan como hojas “parásitas” ya que, si bien puede ocurrir un fenómeno de disminución en la translocación de fotoasimilados, el órgano sigue exportando aminoácidos y otros nutrientes; se manifiesta un cambio en el tipo de sustancia que exportan sin dejar de hacerlo (Koblet, 1975).



En el caso de plantas conducidas en PM, se puede constatar una mayor intercepción lumínica en los primeros estadios de desarrollo vegetativo; sin embargo, luego de haber logrado la parada de crecimiento vegetativo esta brecha se reduce. Finalmente, la intercepción lumínica de toda la temporada logra ser de un 15% mayor que en las plantas conducidas en VSP. Este incremento en la intercepción lumínica, conduce a mayores demandas de agua por parte de la planta; en aquellos sitios en los cuales el recurso está limitado, podría generar inconvenientes fisiológicos por estrés hídrico (Lakso, 1999).

#### 1.7. Parámetros que influyen en la composición química de la uva y el vino

La composición química de la uva está fuertemente influenciada por la interacción: ambiente-genotipo-prácticas culturales. Estos tres conceptos se pueden sintetizar en uno solo: *terruño*.

Se define como *terruño* al espacio sobre el cual se desarrolla un saber colectivo de las interacciones entre un medio físico y biológico identificable, y las prácticas vitivinícolas aplicadas que confieren características distintivas a los productos originarios de este espacio. Esta terminología incluye características específicas del suelo, de la topografía, del clima, del paisaje y de la biodiversidad. (Resolución OIV/VITI 333/2010).

La producción de uva de calidad para la elaboración de vinos competitivos en el mercado, depende de muchos factores. Entre ellos, la elección del sistema de conducción tiene una gran importancia para una variedad determinada, en una región específica. La disposición vegetativa de las plantas, tienen una gran influencia sobre la intercepción y el reparto de la energía solar. De ella depende el microclima tanto luminoso como térmico de las hojas y los racimos (Patakas *et al.*, 1997).

Este microclima condiciona por un lado la actividad fotosintética global de la planta y por otro, la temperatura a la que se va a desarrollar y madurar el racimo. El resultado final se ve reflejado en la cantidad y en la composición química de la uva.

Ciertos elementos directamente implicados en la conducción, como la proporción entre la superficie foliar expuesta y la producción, se asocian a ciertas características organolépticas de los vinos. El sistema de conducción de la vid (geometría de plantación, tamaño de formación y de renovación, arquitectura de la vegetación y operaciones en verde después de la vendimia) tiene como objetivo principal controlar la forma de la

planta, su microclima y los equilibrios fisiológicos fuente - destino. Todo ello influye sobre la calidad de la uva y del vino (Carbonneau, 1980).

Para lograr una producción de calidad y que sea sustentable, podemos partir de las siguientes premisas (Howell, 2001):

- Para cualquier interacción genotipo-ambiente, existe un método de cultivo óptimo para alcanzar el máximo rendimiento de uvas maduras y de buena calidad a través de los años.
- Niveles sustentables de altos rendimientos de buena calidad, sólo se pueden lograr alcanzando el equilibrio del viñedo, mediante la aplicación de la relación área foliar/peso de fruta por planta.

Por lo tanto es posible explotar al máximo las posibilidades enológicas que ofrece cada terruño, logrando el equilibrio vegetativo/productivo que demanda el medio vitícola. Para ello, es fundamental conocer cabalmente los parámetros involucrados en el concepto de *terruño* y a partir de allí, escoger el sistema de conducción que más se adecúe al medio. Esto redundará en altos estándares de calidad, con niveles de rendimientos rentables y sustentabilidad de la cepa en el tiempo.

## 2. HIPOTESIS

### 2.1. Hipótesis general

Sistemas de conducción del viñedo que posibilitan mecanizar labores culturales de poda, manejo de canopia y cosecha: PM y PRP, permiten mantener un equilibrio entre variables vegetativas y productivas de la planta, sin perder la calidad enológica de la uva.

### 2.2. Hipótesis específica

- Los SC en PM y PRP producen mayor desarrollo vegetativo expresado por la superficie foliar total respecto a SC en VSP; esto genera una mayor intercepción de la radiación solar y un mayor consumo hídrico, que se traduce en menores valores de potencial hídrico.
- Las plantas conducidas en PM y PRP presentan mayores consumos de agua durante el ciclo vegetativo. Esto genera estrés hídrico que disminuye el

intercambio gaseoso expresado por la fotosíntesis, conductancia estomática y transpiración.

- Las plantas conducidas en PM desarrollan mayor cantidad de racimos por planta y de menor peso lo que ocasiona un retraso en la maduración, respecto a plantas conducidas en PRP y VSP.
- Los racimos de las plantas conducidas en PM presentan una mayor sobre exposición a la radiación solar que modifica significativamente el microclima de los racimos y las características físico-química del mosto.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivos generales

Estudiar el comportamiento agronómico, eco-fisiológico y enológico de plantas conducidas en dos sistemas alternativos al espaldero vertical (VSP), que permiten la mecanización de labores culturales: poda mínima (PM) y poda rasa de precisión (PRP).

#### 3.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de distintos sistemas de conducción sobre el desarrollo vegetativo (superficie foliar total), la intercepción de radiación solar y el estado hídrico.
- Determinar el efecto del sistema de conducción en el intercambio gaseoso de las plantas.
- Determinar la influencia del sistema de conducción en los componentes de rendimiento.
- Evaluar el efecto del sistema de conducción sobre la composición química de la uva, en 3 variedades diferentes.

### 4. MATERIALES Y METODOS

#### 4.1. Sitio y material vegetal

El estudio se realizó en parcelas del Instituto Nacional de Investigación Agronómica (INRA), situado en Pech Rouge, comuna de Gruissan, región Occitania, Francia 43°10'N,

3°06'E. La imagen de la Figura 5 muestra las parcelas escogidas: Petit Verdot (parcela N°11), Viognier (parcela N°55) y Marselan (parcela N°59).

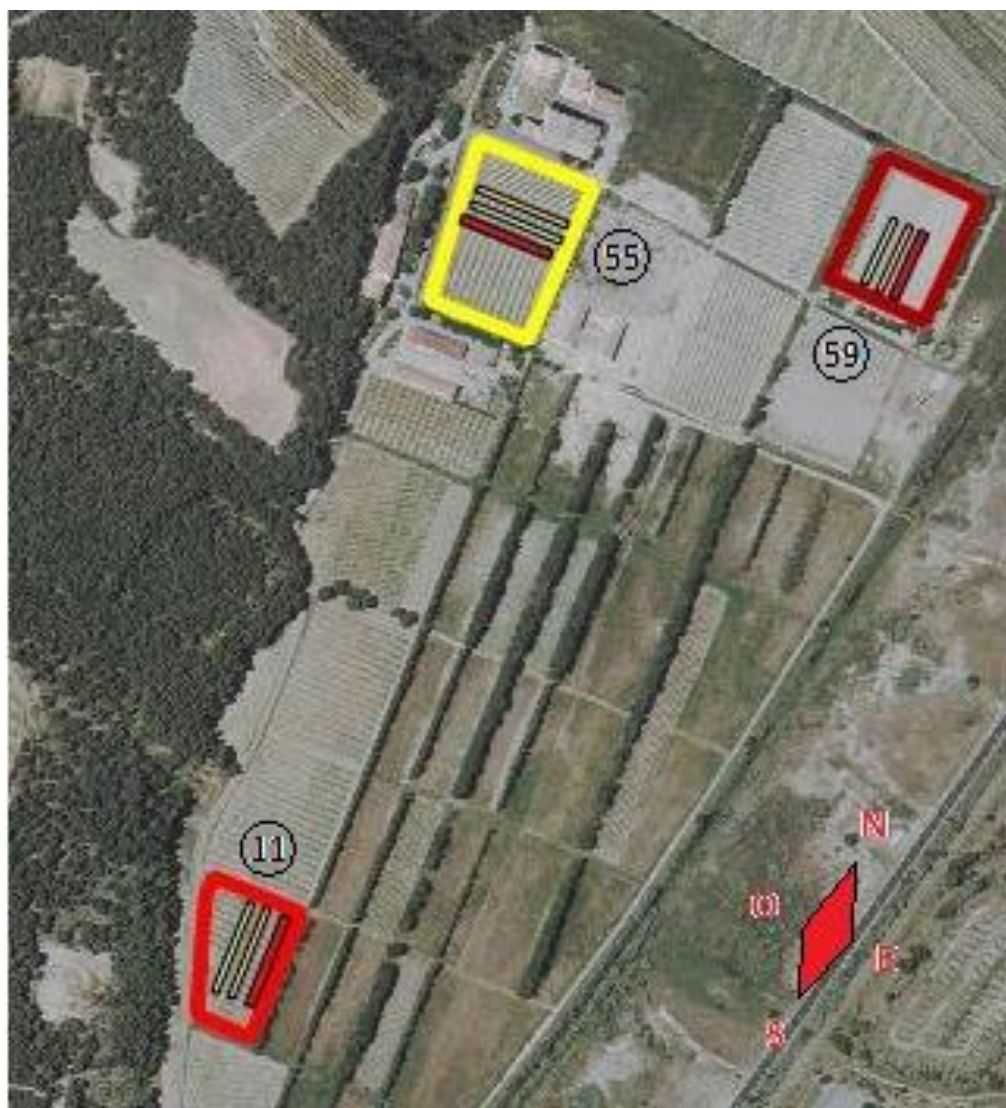


Figura 5. Fotografía aérea de las parcelas escogidas para el ensayo: Petit Verdot (parcela N° 11), Viognier (parcela N°55) y Marselan (parcela N°59).

Figure 5. Aerial photography of the plots chosen for the trail: Petit Verdot (plot N° 11), Viognier (Plot N° 55) and Marselan (Plot N° 59)

Cada parcela cuenta con los tres SC implantados en 4 hileras completas: poda mínima (PM), poda rasa de precisión (PRP) y espaldero vertical simple (VSP) (Tabla 1).

Tabla 1. Descripción de las parcelas en cada variedad ensayada. INRA Pech Rouge, Francia. 2012

Table 1. Description of the plots for each tested variety. INRA Pech Rouge, France. 2012

<b>Variedad</b>	<b>Marselan</b>	<b>Petit Verdot</b>	<b>Viognier</b>
<b>Año de plantación</b>	2003	1996	1996
<b>Clon</b>	980	400	642
<b>Portainjerto</b>	SO4	R140	SO4
<b>Marco de plantación VSP</b>	1x2,5 m	1x2,5 m	1x2,5 m
<b>Marco de plantación PRP</b>	1x2,5 m	1x2,5 m	1x2,5 m
<b>Marco de plantación PM</b>	1x3,5 m	1x3,5 m	1x3,5 m

#### 4.2. Diseño del estudio observacional

Se realizó un estudio observacional donde se compararon tres sistemas de conducción (SC): espaldero vertical simple (VSP), poda rasa de precisión (PRP) y poda mínima (PM). Para ello se seleccionaron 3 parcelas con variedades distintas, en las cuales se encontraban implantados los tres SC instalados en 4 hileras completas cada uno. Para cada SC se seleccionaron dos hileras. Dentro de estas dos hileras, se marcaron 90 plantas al azar para constituir la población de muestreo y para medir variables ecofisiológicas, vegetativas, de rendimiento y químicas de la uva. El número de plantas utilizadas en cada medición se definió en función del tipo de variable de respuesta estudiada. En el muestreo se descartaron plantas con escaso vigor, con algún síntoma visible de daño de tipo fitopatológico o fisiológico. Todas las mediciones del ensayo se hicieron seleccionando plantas al azar comprendidas en la población de muestreo.

En cada SC se registraron variables de respuesta ecofisiológicas, microclima de la zona de racimos, vegetativas, componentes de rendimiento y composición química de la uva, las cuales se agruparon de la siguiente manera:

- Variables vegetativas: superficie foliar total, intercepción de radiación solar, porcentaje de racimos expuestos, relación hoja/fruto, rendimiento y componentes del rendimiento.

- Variables eco-fisiológicas: potencial hídrico foliar de base, microclima de racimos, fotosíntesis neta, conductancia estomática, transpiración, eficiencia en el uso de agua intrínseca y microclima de racimos (temperatura y humedad relativa).
- Componentes de rendimiento: cantidad de racimos por planta, peso por planta, relación entre estructura vegetativa y productiva.
- Variables enológicas del mosto: pH, acidez total, grados Brix, porcentaje de bayas quemadas (en Viognier), Antocianos e IPT (ambos para Marselan y Petit Verdot).

Entre los valores medios de cada variable respuesta se realizó un análisis de varianzas entre sistemas de conducción, para determinar si existen diferencias significativas. El análisis se realizó usando test de Tukey con nivel de significación de 0.05%.

#### 4.3. Seguimiento de los estados fenológicos

Se determinó la fecha de ocurrencia de la floración y el envero siguiendo el sistema de Eichhorn y Lorenz modificado y descripto por Coombe (1995). El seguimiento se realizó en el tratamiento testigo (VSP). No se hizo una comparación con PRP y PM.

A lo largo de la temporada los estados fenológicos fueron observados con una frecuencia de una o dos veces por semana. La floración y el envero son las fases más importantes durante el crecimiento vegetativo; la fecha de ocurrencia se determinó cuando el 50% de los órganos alcanzaron el estado correspondiente. La floración se definió visualmente, cuando el 50 % de las anteras estuvieron visibles. El envero de manera táctil, cuando el 50 % de las bayas estuvieron blandas.

#### 4.4. Manejo del riego

El sistema de irrigación es presurizado por goteo. El agua fue suministrada a las plantas por medio de goteros de  $1.6 \text{ L.h}^{-1}$ , insertos en una manguera de 16 mm de diámetro, espaciados a una distancia de 1 m. El caudal aplicado en cada turno de riego se registró con un caudalímetro ubicado a la salida de la válvula de mando en la entrada de la parcela. La cantidad de agua aplicada expresada en litros por planta fue la misma dentro de la parcela para los tres sistemas de conducción en cada riego. Sin embargo el volumen expresado en mm de lámina de agua no es el mismo, ya que el SC en PM presenta una distancia de 3.5 m, mientras que los sistemas VSP y PRP presentan 2.5 m entre filas.

Se aplicaron láminas de agua en función de la evolución de los potenciales hídricos del ensayo; las diferencias entre las lecturas se deben al efecto de cada SC.

El volumen aplicado en cada parcela se midió a partir de la lectura directa del caudalímetro. Luego este valor se transformó a lámina de agua expresada en mm (según el marco de plantación de cada SC) y volumen, expresado en litros por planta. Los aportes hídricos en cada riego se decidieron en función de las lecturas de potencial hídrico en pre-amanecer. La cantidad en  $L.pl^{-1}$  es la misma en cada SC pero la lámina de agua expresada en mm es diferente debido al marco de plantación en cada uno.

#### 4.4.1. Integral de estrés hídrico

Para la lectura del estado hídrico de las plantas, se utilizó una cámara de presión (Scholander *et al.*, 1965), modelo Soil Moisture Equipment Corp., USA. Se escogieron 9 hojas al azar de la parte media del pámpano, completamente desarrolladas, expuestas y sin síntomas visibles de infecciones fitopatológicas ni lesiones de origen físico. La lectura se realizó semanalmente entre las 3.00 h y 5.00 h. Las hojas se seleccionaron de plantas escogidas al azar pertenecientes a la población de muestreo.

El cálculo de la integral de estrés hídrico (Myers, 1988) se basa en la sumatoria en valor absoluto de todos los potenciales hídricos en pre amanecer, medidos en un período determinado. Su resultado permite evaluar el estado hídrico de la planta a lo largo de toda la temporada. La técnica ha sido empleada en trabajos de investigación por diversos autores (Salon *et al.*, 2005; Chacon *et al.*, 2009).

La determinación de esta variable asume implícitamente que el estrés hídrico reflejado en los valores de potencial foliar de base, está relacionado con una disminución en la tasa de crecimiento de un órgano determinado de la planta (Myers, 1988).

$$S\Psi = \left| \sum_{i=0}^{i=t} (\Psi_{PD\ i, i+1} - C).n \right|$$

En donde:

$S\Psi$ : Integral de estrés hídrico correspondiente al periodo considerado, en MPa.

$\Psi_{PD\ i, i+1}$ : potencial hídrico foliar en pre-amanecer promedio entre una fecha  $i$  y la siguiente  $i+1$ .

C: mayor valor de potencial hídrico foliar en pre amanecer, registrado en todos los tratamientos en el periodo de tiempo considerado. Los valores registrados por variedad fueron: Marselan -0.155, Petit Verdot -0.142 y Viognier -0.141.

n: número de días del intervalo entre i y la fecha siguiente i+1.

La integral se expresa en valor absoluto, para interpretarlo como la cantidad de estrés hídrico acumulado durante un determinado periodo.

#### 4.5. Superficie foliar total

La superficie foliar total (SFT) se estimó mediante el método propuesto por Mabrouk y Carbonneau (1996), el cual relaciona la longitud del brote con su superficie foliar.

$$\text{SFT (cm}^2\text{)} = [(20.074)*(L)] + 326.42$$

En donde L es la longitud del brote en cm.

Para la determinación de la longitud y el número de brotes por planta, se escogieron al azar 12 plantas de la población de muestreo. En cada una de ellas, se midieron 4 brotes representativos (dos por cada brazo cargador) y se contó el número de brotes por planta. Con el valor medio de estas dos variables se hizo el cálculo de la SFT por planta. Esta ecuación permite estimar la superficie foliar de una planta a partir del largo del brote, independientemente del sistema de conducción, prácticas culturales y variedad utilizada.

##### 4.5.1 Eficiencia de intercepción de la radiación solar

La fotografía hemisférica es una técnica utilizada para caracterizar la canopia de las plantas (Figura 6); consiste en tomar una imagen en dirección vertical ascendente, mediante el uso de una lente cuyo ángulo objetivo se aproxima a los 180° (Rich, 1990). La imagen de la figura 6 muestra una fotografía tomada desde la parte inferior de una planta de variedad Marselan conducida en poda mínima.



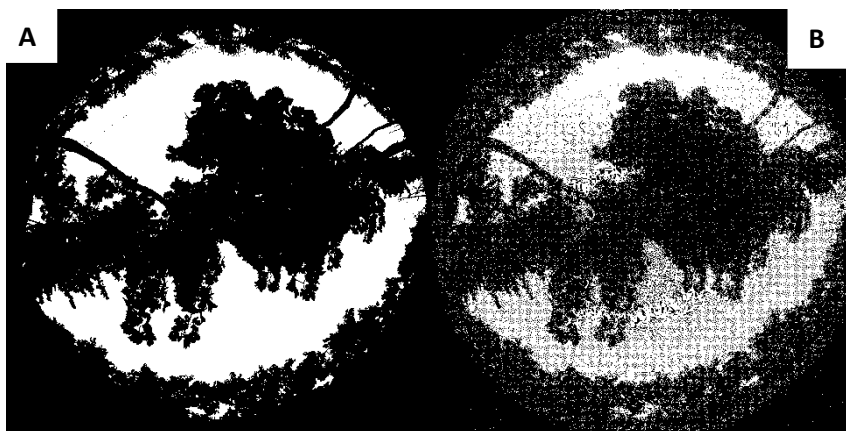


Figura 6. Imagen tomada desde la parte inferior de una planta de variedad Marselan conducida en poda mínima. A: Imagen tomada con la cámara digital. B: Imagen procesada con software Gap Light Analyzer 2.0. INRA Pech Rouge, Francia.2012

La imagen resultante sirve para caracterizar la geometría foliar de canopias y se utiliza en estudios de dinámicas de canopias forestales, para obtener parámetros tales como índice de área foliar, fracción de espacios vacíos y para la estimación de índices de luz (Whitford *et al.*, 1995).

El porcentaje de radiación solar interceptado por la canopia con respecto al total de luz que llega a la superficie del suelo, se determinó a partir del análisis de imágenes hemisféricas digitales obtenidas con una cámara fotográfica digital provista de una lente ojo de pescado (Jonckheere *et al.*, 2004).

La eficiencia de intercepción de la radiación solar, representa el porcentaje de radiación interceptado por la planta con respecto a la radiación total incidente. Su cálculo se realizó a partir del análisis de fotografías digitales hemisféricas (Jonckheere *et al.*, 2004; Louarn *et al.*, 2005), utilizando una cámara digital provista de una lente tipo ojo de pescado. Las imágenes fueron luego analizadas utilizando el Software Gap Light Analyzer 2.0 (Frazer *et al.*, 1999). A partir de estos resultados se obtuvo el porcentaje de radiación interceptado por cada SC en las tres variedades.

Las fotografías digitales fueron tomadas después del envero cuando toda la canopia había completado su desarrollo. Las imágenes fueron tomadas utilizando una cámara digital Nikon Coolpix 4500, de 4 megapíxeles de resolución; la lente utilizada corresponde a una Soligor DHG 0.19X Fish-Eye for Digital, Ø 37 mm. Las fotografías se tomaron a partir del atardecer para evitar que la lente reciba incidencia directa de los rayos solares. Se trabajó únicamente en condiciones de cielo despejado para evitar errores en los resultados

por efecto de sombreado de las nubes. El protocolo seguido para la toma de imágenes, se elaboró a partir de las características de cada sistema de conducción respetándolo en las tres variedades ensayadas (Louarn *et al.*, 2005).

#### 4.5.1.1 Protocolo para los SC en PRP Y VSP

Sobre una regla rectangular de aluminio de 3 m de largo y 0.20 m de ancho, se hicieron 4 marcas a 0.70 m de separación, donde luego se ubicó la cámara para la toma de cada imagen. Las tomas se hicieron posicionando la cámara con dirección Norte-Sur, orientando la lente hacia arriba. La regla se apoyó sobre la fila libre de malezas en el punto medio entre dos plantas. El extremo correspondiente a la marca  $\frac{1}{2}$  se posicionó a una distancia de 1.25 m de la planta, medido en forma perpendicular a la fila de plantación (Figura 7). Luego de haber posicionado la regla se procedió a nivelarla con respecto al suelo. Una vez fijada y nivelada la regla se tomaron 4 imágenes por posición en la parcela (1 por cada punto marcado en la regla), eligiéndose 12 posiciones al azar entre las dos filas centrales. Por lo tanto, se analizaron 48 fotos digitales por cada sistema de conducción.

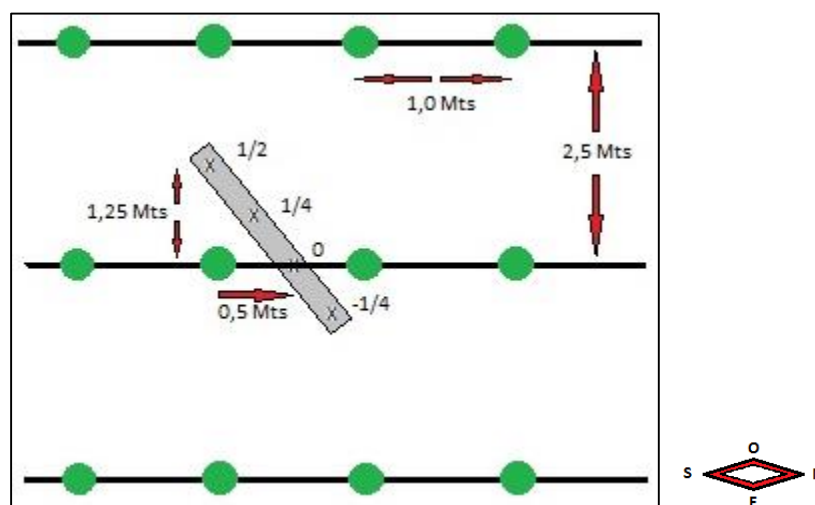


Figura 7. Esquema de trabajo para la toma de imágenes digitales hemisféricas, en los sistemas PRP y VSP.

Figure 7. Scheme of work for the acquisition of digital hemispheric images in the PP and VSP systems

#### 4.5.1.2 Protocolo para el SC en PM

Se trabajó sobre la misma regla de aluminio, en la cual se hicieron 10 marcas a 0.30 m de separación ya que la distancia entre filas en este SC, es mayor que en el VSP y PRP. Sobre

cada marca realizada en la regla se tomó una imagen. La regla se posicionó sobre la fila libre de malezas en un punto medio entre dos plantas. El extremo correspondiente al punto N° 5, quedó ubicado a una distancia de 1.75 m de la planta, perpendicular a la fila de plantación (Figura 8). La nivelación de la regla se hizo de la misma forma que para los SC en PRP y VSP. Una vez fijada y nivelada la regla se tomaron 10 imágenes en 12 posiciones diferentes en la parcela, seleccionadas al azar entre las dos filas. Por lo tanto se analizaron 120 imágenes en el SC en PM.

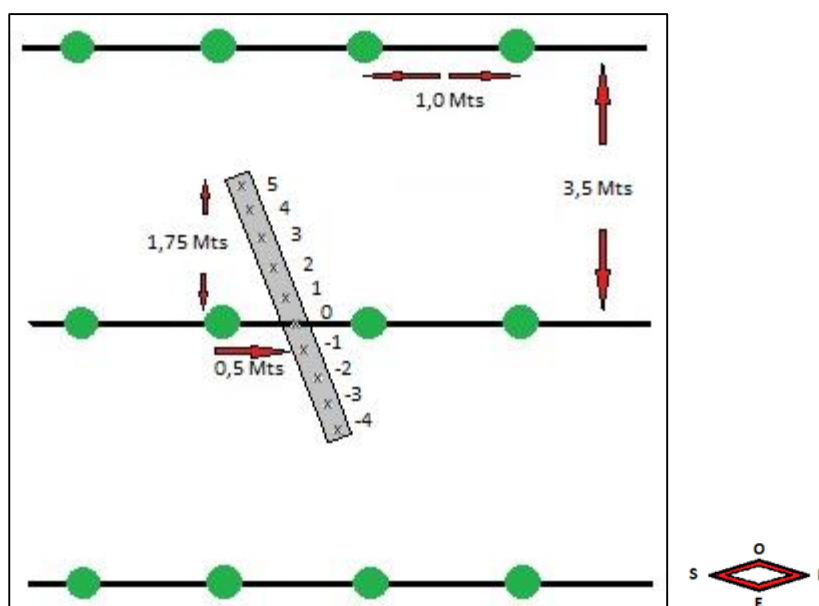


Figura 8. Esquema de trabajo para la toma de imágenes digitales hemisféricas en el SC en PM.

Figure 8. Scheme of work for the acquisition of digital hemispheric images in the MP systems.

#### 4.6. Intercambio de gases

Se midió la fotosíntesis neta ( $P_n$ ;  $\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), transpiración ( $T$ ;  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) y conductancia estomática ( $g_s$ ;  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) con un analizador de gases por infrarrojo (IRGA) portátil (ADC LCPro, BioScientific Ltd., UK).

La relación que existe entre la fotosíntesis neta ( $P_n$ ) y la conductancia estomática ( $g_s$ ), se denomina eficiencia en el uso de agua intrínseca ( $\text{EUA}_i$ ;  $\mu\text{mol CO}_2\text{mmol H}_2\text{O}^{-1}$ ); se calcula como la relación entre  $P_n$  y  $g_s$ . Este parámetro indica hasta qué punto la planta cierra sus estomas para la fijación de un determinado nivel de  $\text{CO}_2$  (Chacon Vozmediano

*et al.*, 2012). En otras palabras sería el volumen de agua que las plantas necesitan consumir para fijar una determinada cantidad de CO<sub>2</sub> de la atmósfera (Medrano *et al.*, 2007).

Las mediciones se hicieron luego de la parada de crecimiento en una variedad por día, entre las 13.00 h y las 14.00 h para obtener la máxima radiación solar. Se trabajó en condiciones de cielo despejado. Por cada SC se escogieron nueve hojas completamente desarrolladas ubicadas en la parte media del pámpano, bien expuestas y sin síntomas de daños fitopatológicos o lesiones físicas. Las hojas se seleccionaron de plantas escogidas al azar, pertenecientes a la población de muestreo.

#### *Fecha de mediciones*

Las mediciones se realizaron entre el 14-08-2012 y 25-08-2012 (tabla 2)

#### 4.7. Point Quadrat

La técnica del Point Quadrat consiste en posicionar una regla graduada en forma paralela a la hilera de plantación, sobre la cual apoya una varilla que atraviesa transversalmente la estructura vegetativa de la canopia. En el trayecto de la inserción se detalla el número de contacto con hojas, racimos y espacios vacíos. Esta técnica fue propuesta por Smart (1984), para la determinación del número de capas de hojas, simulando la trayectoria de los rayos de luz que ingresan al interior de la canopia.

En el presente ensayo, la técnica del Point Quadrat se utilizó para la determinación del porcentaje de racimos expuestos. Las mediciones se hicieron luego del envero, a partir de la parada de crecimiento vegetativo y con la canopia completamente desarrollada. Las inserciones se realizaron utilizando una aguja montada sobre una varilla de madera de 2 m de largo. La aguja ingresó en la canopia apoyada sobre una regla de aluminio de 2.50 m de longitud, marcada cada 0.20 m de tal forma que en cada posición, se leyeron 10 puntos de inserción. Para el caso del VSP y de la PRP la misma se fijó al alambre móvil superior, en plantas escogidas al azar dentro de la población del muestreo, de tal forma que la regla quedara suspendida en el tercio inmediato superior al brazo cargador, a la altura de los racimos. Para la PM la regla se colgó del alambre superior donde apoya la planta, de tal forma que quedara en el tercio superior de la canopia, ya que en este SC no existe una única zona de desarrollo de los racimos.

En cada SC se escogieron al azar 15 plantas entre las dos filas, sobre las cuales se posicionó la regla graduada. En cada posición se realizaron 10 inserciones de la varilla sobre cada marca de la regla, totalizando 150 inserciones por cada SC. En cada inserción se apuntó en una planilla el número de hojas y racimos encontrados en el trayecto de la aguja, entre ambos lados de la canopia. A partir de esta información se denominó racimos expuestos a aquellos que se encontraban en el inicio o en el final del trayecto de la aguja, es decir en la periferia de la canopia.

#### 4.8. Microclima de la canopia

El microclima dentro de cada sistema de conducción, se determinó a partir del registro de humedad relativa y temperatura medidas en las zonas de los racimos. Para ello se utilizaron sensores de temperatura y humedad relativa marca EBRO EBI 20-TH (Xylema INC., Ingolstadt, Alemania). Se colocaron seis sensores por SC (dos sensores por bloque) sobre plantas escogidas al azar pertenecientes a la población de muestreo. Los sensores se suspendieron del raquis de los racimos.

Para cada variedad las lecturas se registraron en la memoria interna del dispositivo, durante 7 días cada 15 minutos en los tres SC en simultáneo. Luego esta información fue descargada en una computadora para su procesamiento.

Las tres variedades cuentan con ciclos fenológicos de distinta duración. Esto permitió realizar la lectura de las variables microclimáticas en enero en cada parcela sin superposición entre ellas.

#### *Fecha de mediciones*

Las mediciones se realizaron entre el 31-07-2012 y el 23-08-2012 (tabla 2).

#### 4.9. Componentes del rendimiento

Se escogieron 30 plantas de la población de muestreo por SC y en cada una de ellas se determinó el número de racimos por planta. Al momento de la cosecha, se cortaron al azar 30 racimos de las plantas seleccionadas, para el conteo de bayas por racimo. De allí se separaron 600 bayas al azar por SC para pesarlas y determinar el peso por baya.

A partir del peso por baya, bayas por racimo y cantidad de racimos por planta, se pudo determinar la producción por planta en los tres SC, para cada una de las parcelas:

$$\text{Peso por planta (Kg)} = (\text{peso por baya}) \cdot (\text{N}^\circ \text{ de bayas.racimo}^{-1}) \cdot (\text{N}^\circ \text{ racimo.planta}^{-1})$$

#### 4.10. Relación hoja/fruto

Se calculó la relación entre la superficie foliar y la producción de la planta (H/F), como indicador del estado de equilibrio vegetativo/productivo de las plantas (Howell, 1990; Howell *et al.*, 1991), según la siguiente expresión:

$$\text{Relación H/F (m}^2 \text{ kg}^{-1}) = (\text{SFT}) \cdot (\text{P}^{-1})$$

En donde:

SFT: superficie foliar total expresada en m<sup>2</sup>.

P: producción de uva por planta expresada en Kg.

#### 4.11. Composición química de la uva

Las fechas de cosecha fueron las siguientes:

*Viognier*: 22-08-2012; *Marselan*: 19-09-2012; *Petit Verdot*: 28-09-2012

El momento de cosecha de las tres variedades se decidió en función del resultado semanal de análisis de azúcar, pH y acidez total del mosto, obtenido de 600 bayas extraídas al azar en cada SC. La fecha de cosecha para los tres SC de la misma variedad se definió según las lecturas realizadas en plantas del tratamiento testigo (VSP), para observar la influencia del SC en el grado de madurez en una fecha determinada.

El muestreo final antes de cosecha en las variedades tintas, se realizó a partir de 1200 bayas recogidas al azar entre las plantas seleccionadas para el muestreo en cada SC. Del total, 600 bayas se separaron para el análisis de IPT y antocianos. Las 600 bayas restantes, se utilizaron para el análisis del Dyostem® y variables analíticas de mosto. Por otro lado, para el análisis del Viognier sólo se tomaron 600 bayas por SC para el análisis de Dyostem® y variables analíticas del mosto.

##### 4.11.1 Volumen de bayas y color

Se analizó el volumen de las bayas y color del hollejo a través del Dyostem® (Vivelys Ste., Francia). El análisis mediante este instrumento se basa en la evaluación del hollejo de las bayas a partir de la técnica de fotogrametría, la cual permite analizar estadísticamente el volumen medio de la baya y su color (Brenon *et al.*, 2005). Con esta

técnica se pudo determinar en Viognier el porcentaje de bayas rojas y azules, como resultado del daño físico sobre el hollejo a causa de la sobre exposición solar de los racimos.

Una vez finalizado el análisis del Dyostem® la muestra fue molida mecánicamente sin incluir las semillas, para separar la parte sólida del jugo. La parte líquida separada, se llevó al laboratorio para el análisis de las variables enológicas.

#### 4.11.2. Madurez de las bayas

La lectura de los grados Brix se hizo utilizando un refractómetro de mano marca Euromex (Euromex Microscopen BV., Arnhem, Holanda). Luego se hizo una conversión por tabla a valores de azúcares expresados en  $g L^{-1}$  y alcohol potencial. La fecha de cosecha se decidió en función a los valores de grados Brix leídos semanalmente en el tratamiento testigo (VSP), para poder evidenciar el efecto del SC sobre la tasa de acumulación de azúcares.

#### 4.11.3 pH y acidez total

La acidez total del mosto se calculó a partir de la suma de los ácidos titulables del mismo, cuando su pH es llevado a 7 agregando una solución alcalina. Ambas variables se determinaron haciendo uso de un titulador automático marca Crisson (Crisson Instruments., Barcelona, España).

#### 4.11.4. Antocianos e índice de polifenoles totales

Estas variables se determinaron mediante espectrofotometría U.V., aplicando el método de Puissant-Leon (Blouin, 1992). Las 600 bayas separadas inicialmente para la determinación de estas variables fueron molidas mecánicamente sin incluir semillas. Para la determinación de antocianos, el mosto se diluyó 20 veces con la solución de extracción (8,5 L de agua miliQ, 1,5 L de etanol al 96% y 8,5 mL de HCl 37%). Se dejó macerar durante 1 hora con agitación continua, se centrifugó a 10000 rpm a 20°C durante 5 minutos, se transfirió el sobrenadante y éste se diluyó 20 veces en la solución de HCl 1M y se midió en una cuba de 1 cm de paso a 520 nm. Para la determinación del índice de polifenoles totales (IPT) el sobrenadante se diluyó 100 veces y se determinó absorbancia a 280 nm.

Los cálculos se hicieron a partir de las siguientes expresiones matemáticas:

$$\text{ANTOCIANOS (mg.Lt}^{-1}\text{)} = (\text{DO 520nm}).(22.76).(\text{factor de dilución})$$

$$\text{IPT} = (\text{DO 280nm}).(\text{factor de dilución})$$

#### 4.12. Fecha de mediciones

En la tabla 2 se detallan las fechas en las cuales fueron realizadas las mediciones.

Tabla 2. Fecha de las mediciones realizadas en el ensayo. INRA Pech Rouge, Francia. 2012

Table 2. Date of the different measurements taken in the trial. INRA Pech Rouge, France. 2012

Parcela	Sistema de conducción	Superficie foliar total	Eficiencia de interceptación de la radiación	Intercambio de gases	Point quadrat	Microclima de la canopia	Cosecha
Viognier	PM	13-ago	17-ago	14-ago	10-ago	31-jul - 07-ago	22-ago
	PRP	13-ago	17-ago	14-ago	10-ago	31-jul - 07-ago	22-ago
	VSP	13-ago	17-ago	14-ago	10-ago	31-jul - 07-ago	22-ago
Marselan	PM	16-ago	30-ago	25-ago	27-ago	08-ago – 15-ago	19-set
	PRP	16-ago	30-ago	25-ago	27-ago	08-ago – 15-ago	19-set
	VSP	16-ago	30-ago	25-ago	27-ago	08-ago – 15-ago	19-set
Petit verdot	PM	07-sep	13-ago	21-ago	10-sep	16-ago – 23-ago	28-set
	PRP	07-sep	13-ago	21-ago	10-sep	16-ago – 23-ago	28-set
	VSP	07-/09	13-ago	21-ago	10-sep	16-ago – 23-ago	28-set

#### 4.13. Análisis estadístico

Para cada variable registrada se calcularon las medias y el error estándar de la población seleccionada para el muestreo. A partir de estos resultados, se hicieron análisis de varianza entre los tres SC en cada variedad para determinar diferencias entre tratamientos. Se utilizó test de Tukey con un nivel de significación de 0,05.

Posteriormente se hizo un análisis de componentes principales de cada variedad, agrupando las variables según su origen en los tres sistemas de conducción. El objetivo de este análisis fue determinar qué variables son las responsables de la separación multivariada, a partir del análisis de un gráfico tipo bi-plot (Gabriel, 1971). Las técnicas de ACP para el análisis de resultados en trabajos de investigación vitivinícola, han sido utilizadas por diversos autores en los últimos años (González-Neves *et al.*, 2012; Gil *et al.*, 2012; Cortell *et al.*, 2008; Vilanova *et al.*, 2010).



Todos los análisis estadísticos del ensayo se realizaron utilizando el software InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2012).

#### 4.13.1. Análisis de componentes principales

En cada grupo de variables se realizó un análisis de componentes principales (ACP) para determinar el comportamiento de las mismas. Para ello se seleccionaron 12 plantas al azar (4 por bloque) y se realizaron las mediciones de cada variable. Los gráficos ACP se analizaron por variedad y se dividieron según la naturaleza de las variables en: ACP variables vegetativas, ACP variables eco-fisiológicas y ACP variables enológicas de mosto. El ACP de variables enológicas de mosto se realizó procesando 600 bayas por tratamiento (200 bayas por bloque).

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Fenología

Las parcelas se visitaron dos veces por semana para realizar las observaciones. Cada fecha se registró según el grado de ocurrencia del estado fenológico (tabla 3).

Tabla 3. Seguimiento de los estados fenológicos por variedad. Los números indican el sistema Eichorn-Lorenz modificado por Coombe (Coombe, 1995).

Table 3. Monitoring of the different phenological stages by variety. The numbers indicate the Eichorn-Lorenz system modified by Coombe (Coombe, 1995).

Parcela		Desborre	Floración	Envero	Cosecha	Duración del ciclo de cultivo (días)
N°	Variedad	50%	50%	50%	50%	
11	Petit Verdot	28/03/2012	04/06/2012	06/08/2012	28/09/2012	183
55	Viognier	29/03/2012	30/05/2012	01/08/2012	22/08/2012	146
59	Marselan	03/04/2012	02/06/2012	07/08/2012	19/09/2012	141

Las variedades Petit Verdot y Viognier fueron las primeras en lograr el desborre y 4 días más tarde lo hizo el Marselan. La variedad Viognier fue la primera en alcanzar la madurez de cosecha y la más tardía fue Petit Verdot.

## 5.2. Caracterización meteorológica

La información meteorológica fue recopilada semanalmente, a partir de una estación agroclimática de la red INRA ubicada en la estación experimental (Figura 9). (<http://www6.paca.inra.fr/agroclim>).

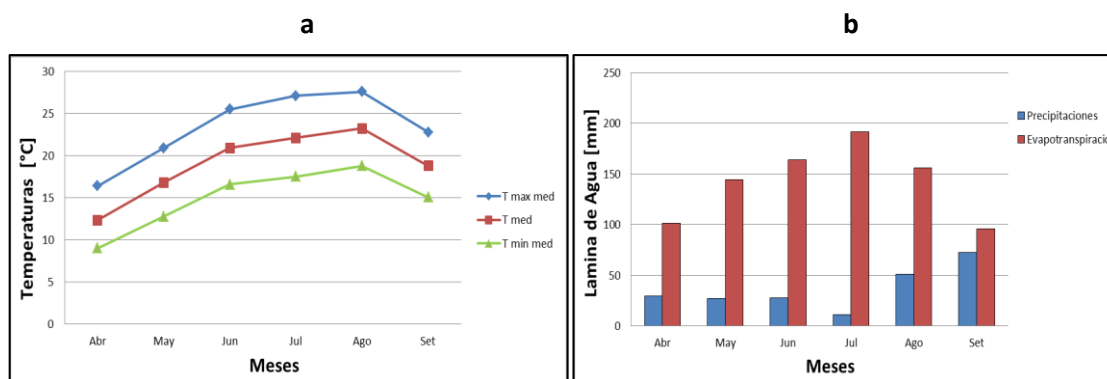


Figura 9. Evolución de las temperaturas medias, máximas y mínimas mensuales (a), y de las precipitaciones y la evapotranspiración ETo (b) durante el ciclo vegetativo. INRA Pech Rouge, 2012.

Figure 9. Evolution of mean, maximum and minimum monthly temperatures (a): and of rainfall and potential evapotranspiration (b) during the vegetative cycle

El clima de la región donde se llevó a cabo el ensayo, está caracterizado por un régimen de precipitaciones mediterráneo con veranos cálidos y secos. El suelo es de textura franco-arenosa, con buen drenaje en superficie y la presencia de una napa freática a 1 m de profundidad.

La Figura 10 muestra la relación entre los estados fenológicos y la suma térmica con base 10°C. A partir de este valor se calculan las variables: días parciales y acumulados desde el inicio del desborre (figura 10).

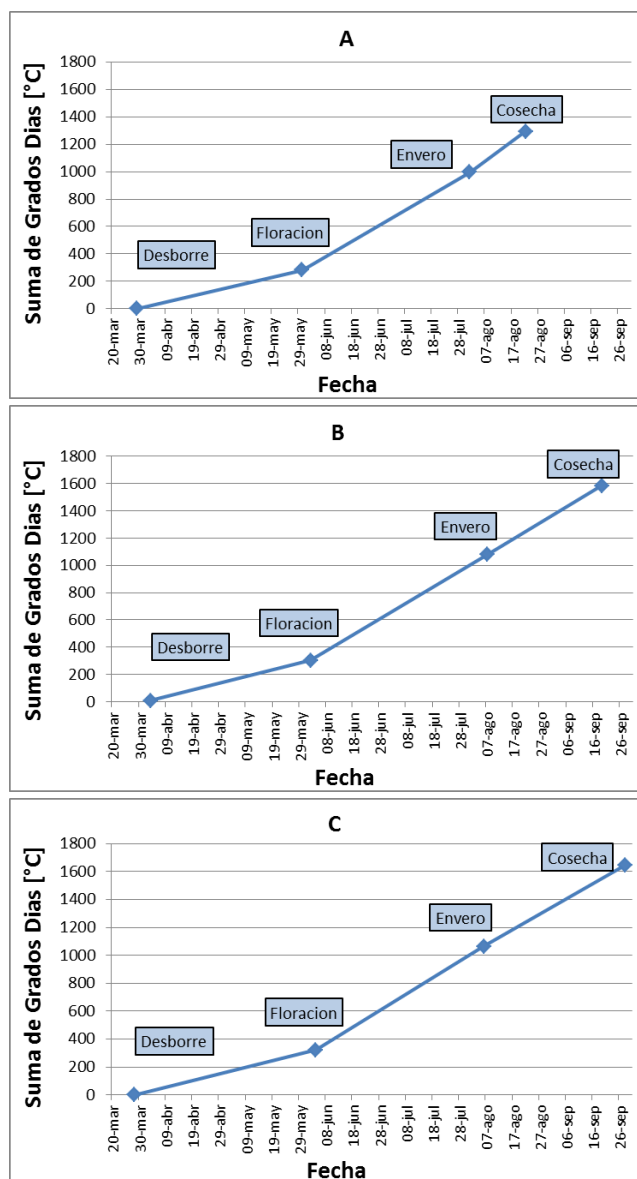


Figura 10. Acumulación de grados días según cada estadio fenológico, en Viognier (A), Marselan (B) y Petit Verdot (C). INRA Pech Rouge, Francia. 2012.

La variedad Viognier fue la primera en alcanzar la madurez de cosecha con 1293 grados días. La más tardía fue Petit Verdot con 1646 grados días.

### 5.3. Balance hídrico

El valor de la evapotranspiración  $E_{To}$  calculado por la estación meteorológica durante todo el ciclo de la planta fue 853.9 mm; los mayores valores mensuales se presentaron durante los meses de julio (con una media diaria de 6.18 mm y un valor mensual de 191.8 mm) y setiembre (con una media diaria de 3.20 mm y un valor mensual de 96.2 mm). Las precipitaciones se concentraron durante los meses de agosto y setiembre, próximas a la

fecha de cosecha. El valor de las precipitaciones durante todo el ciclo fue 220.5 mm; los máximos registros mensuales se presentaron durante los meses de Agosto (con una media diaria de 1.66 mm y un valor mensual de 51.5 mm) y Setiembre (con una media diaria de 2.41 mm y un valor mensual de 72.5 mm).

Los tres tratamientos de cada variedad recibieron el mismo volumen de riego expresado en litros por planta; sin embargo, el riego expresado en lámina de agua fue distinto según el marco de plantación de cada tratamiento.

El sistema de conducción en PM de la variedad Marselan recibió una lámina de riego total de 60.32 mm; los sistemas de conducción en VSP y PRP recibieron la misma lámina de riego (84.44 mm), ya que el marco de plantación es el mismo en ambos tratamientos (Figura 11 A).

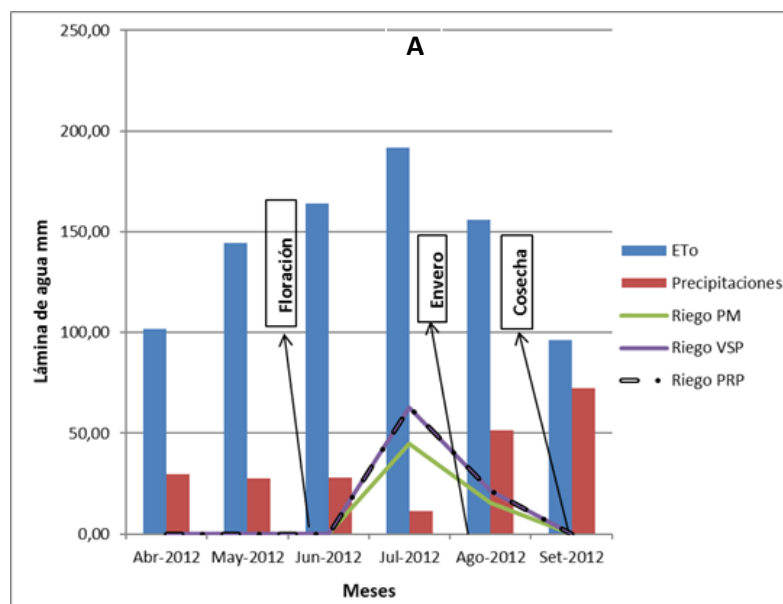


Figura 11 A. Elementos del balance hídrico de los tres sistemas de conducción: poda mínima (PM), poda rasa de precisión (PRP) y espaldero vertical simple (VSP) en Marselan.

Figure 11A. Hydric balance elements in each training system: minimal pruning (MP), precision pruning (PP), and vertical shoot positioned (VSP) in Marselan.

El sistema de conducción en PM de la variedad Viognier, recibió una lámina de riego total de 30.76 mm. Los sistemas de conducción en VSP y PRP recibieron la misma lámina de riego total (46.06 mm), ya que el marco de plantación es el mismo en ambos tratamientos (Figura 11 B).

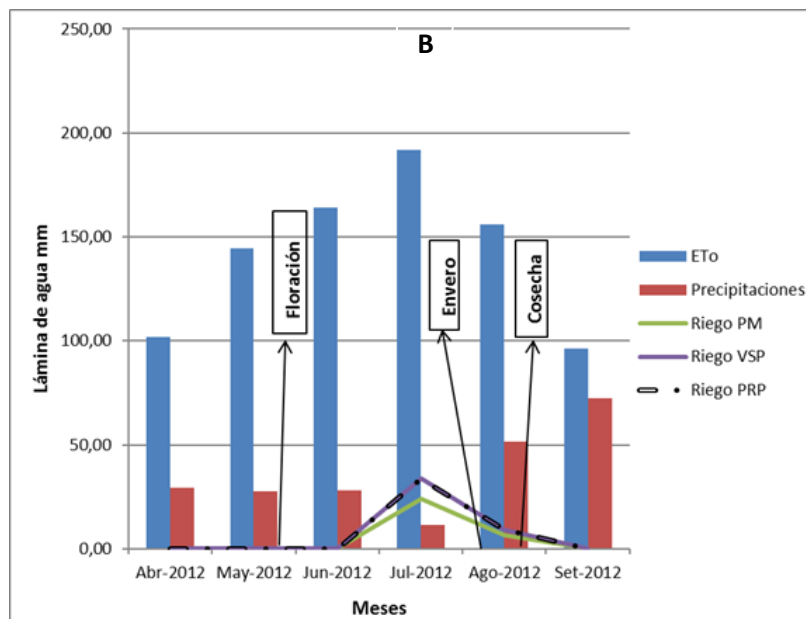


Figura 11 B. Elementos del balance hídrico de los tres sistemas de conducción: poda mínima (PM), poda rasa de precisión (PRP) y espaldero vertical simple (VSP) en Viognier.

Figure 11 B. Hydric balance elements in each training system: minimal pruning (MP), precision pruning (PP), and vertical shoot positioned (VSP) in Viognier

El sistema de conducción en PM de la variedad Petit Verdot, recibió una lámina de riego total de 40.8 mm. Los sistemas de conducción en VSP y PRP recibieron la misma lámina de riego total (54.39 mm), ya que el marco de plantación es el mismo en ambos tratamientos (Figura 11 C).

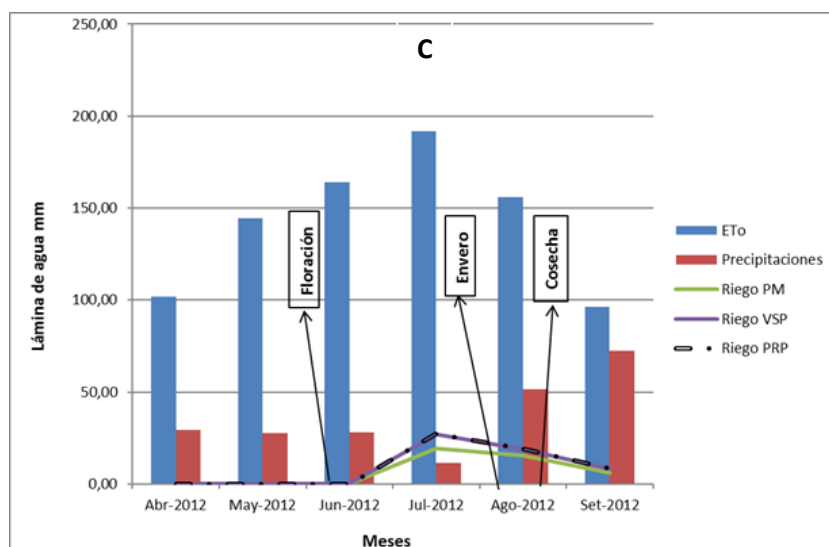


Figura 11 C. Elementos del balance hídrico de los tres sistemas de conducción: poda mínima (PM), poda rasa de precisión (PRP) y espaldero vertical simple (VSP) en Petit Verdot.

Figure 11 C. Hydric balance in each training system: minimal pruning (MP), precision pruning (PP), and vertical shoot positioned (VSP) in the three varieties: Viognier (a), Marselan (b) and Petit Verdot (c).

#### 5.4. Variables vegetativas

##### 5.4.1. Superficie foliar total

Las plantas de Petit Verdot presentaron un mayor desarrollo foliar. El sistema de conducción en PM presentó la máxima SFT en las tres variedades mientras que el VSP presentó los menores valores. El mayor valor observado corresponde a Petit Verdot conducido en PM ( $11.13 \text{ m}^2 \text{ pl}^{-1}$ ) y el menor, en plantas de Marselan conducidas en VSP ( $1.95 \text{ m}^2 \text{ pl}^{-1}$ ). La mayor diferencia entre tratamientos se observó en Marselan, en donde la PM presentó un 400% más de SFT que los otros dos tratamientos. En la variedad Viognier el mayor valor se presentó en plantas conducidas en PM ( $5.05 \text{ m}^2 \text{ pl}^{-1}$ ) mientras que entre los SC en VSP y PRP no se registraron diferencias significativas. En Petit Verdot también se presentó el máximo valor en PM y no se observaron diferencias significativas entre VSP y PRP (Figura 12).

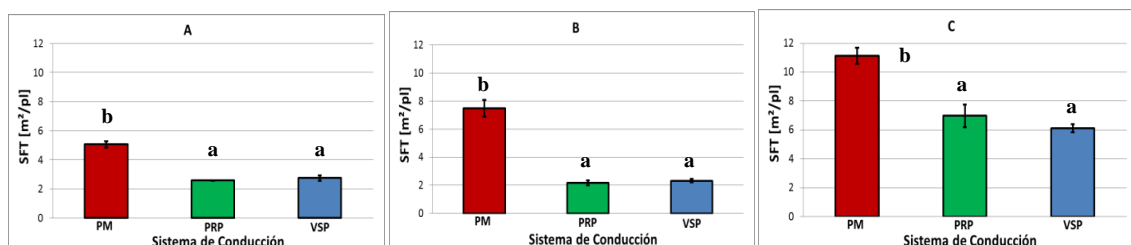


Figura 12. Superficie foliar total expresada en  $\text{m}^2 \text{ pl}^{-1}$  en tres sistemas de conducción diferentes y en tres variedades diferentes: Viognier (A), Marselan (B) y Petit Verdot (C). Cada barra es la media de la SFT de 36 plantas  $\pm$  error estándar. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). INRA Pech Rouge, 2012.

Figure 12. Total leaf area expressed in  $\text{m}^2 \text{ plant}^{-1}$  in three different training systems and varieties: Viognier (A), Marselan (B) Petit Verdot (C). Each bar is the mean of the TLA of 36 plants,  $\pm$ standar error. Mediums values with a common letter are not significantly different ( $p > 0,05$ )

##### 5.4.2. Eficiencia de intercepción de radiación solar

Las plantas correspondientes a la variedad Petit Verdot presentaron la mayor eficiencia en la intercepción de luz; el sistema de conducción en PRP presentó la máxima eficiencia de

intercepción de luz (43.69%) aunque no hubo diferencias significativas respecto al VSP (41.49%). Los valores más bajos de la EIL se registraron en VSP para las variedades Viognier y Marselan con 26,82% y 25,90% respectivamente (Figura 13).

En Viognier no se registró diferencias de la variable entre SC. En Marselan se observó el máximo valor de la variable en plantas conducidas en PM (39.49%) y no hubo diferencias significativas entre VSP (25.9%) y PRP (27.75%).

La mayor diferencia entre tratamientos se observó en Marselan en donde la eficiencia de intercepción de luz en PM fue 12% mayor que los otros dos tratamientos.

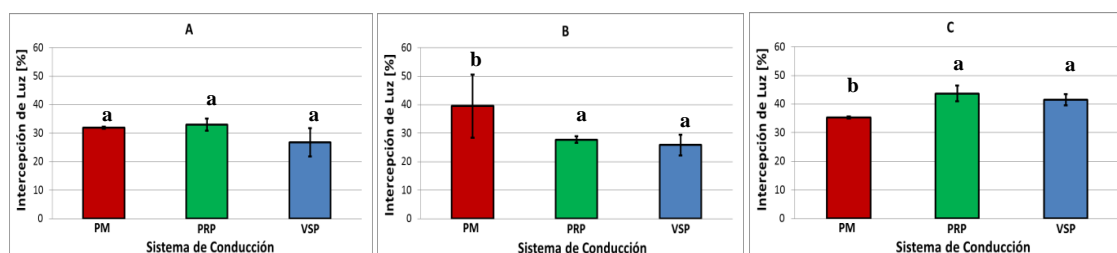


Figura 13. Eficiencia de intercepción de luz expresada en porcentaje de luz interceptado por la canopia, en tres sistemas de conducción diferentes y en tres variedades diferentes: Viognier (A), Marselan (B) y Petit Verdot (C). Cada barra es la media del porcentaje de intercepción de luz de 36 plantas  $\pm$  error estándar. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). INRA Pech rouge, 2012.

Figure 13. Efficiency of light interception expressed as percentage of light intercepted by the canopy, in three different training systems and varieties: Viognier (A), Marselan (B) and Petit Verdot (C). Each bar is the mean of the percentage of light interception of 36 plants  $\pm$  standard error. Medium values with a common letter are not significantly different ( $p > 0,05$ ). INRA Pech Rouge, 2012.

#### 5.4.3. Point quadrat

No se observaron diferencias significativas entre tratamientos en las tres variedades. La variedad Viognier conducida en poda mínima presentó la mayor cantidad de racimos expuestos respecto a los otros dos sistemas de conducción (45%). También en esta variedad se observó el valor más bajo en PRP (23%). En Marselan y Petit Verdot las diferencias entre SC fueron menores. (Figura 14).

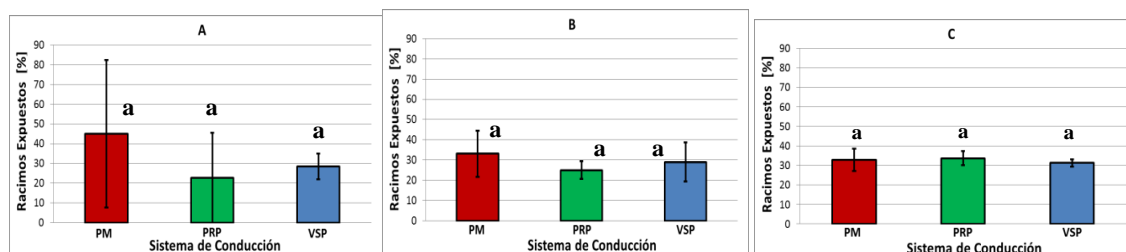


Figura 14. Proporción relativa de racimos expuestos con respecto al total, expresada como porcentaje en tres sistemas de conducción diferentes y en tres variedades diferentes: Viognier (A), Marselan (B) y Petit Verdot (C). Cada barra es la media del porcentaje de racimos expuestos registrados en 150 inserciones  $\pm$  error estándar. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). INRA Pech Rouge, 2012.

Figure 14. Relative proportion of exposed berries compared to total, expressed as percentage in three different training systems and varieties: Viognier (A), Marselan (B) and Petit Verdot (C). Each bar is the mean of the percentage of exposed berries registered in 150 insertions,  $\pm$  standard error. Medium values with a common letter are not significantly different ( $p > 0,05$ ). INRA Pech Rouge, 2012.

#### 5.4.4. Relación hoja/fruto

La mayor relación H/F se presentó en plantas de Marselan conducidas en VSP ( $6.85 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$ ) y el valor más bajo se registró en plantas de Petit Verdot conducidas en PRP ( $1.09 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$ ). En Viognier no se registraron diferencias significativas entre los SC, con valores próximos a  $3 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$ . En Petit Verdot se observaron los registros más bajos de la variable, con valores cercanos a  $1 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$  para los tres SC. La mayor diferencia entre tratamientos se observó en la variedad Marselan (Figura 15).

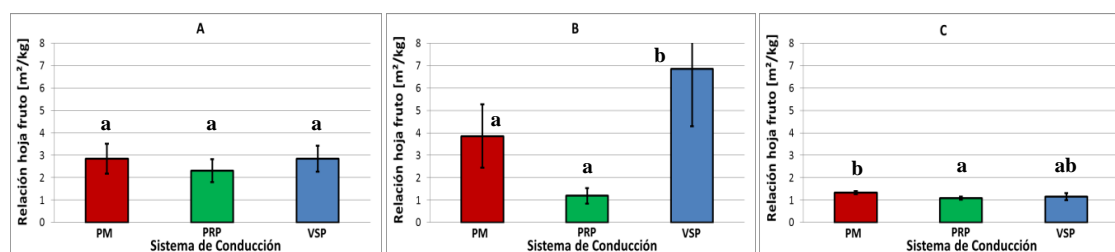


Figura 15. Relación hoja/fruto  $\text{m}^2 \text{ kg}^{-1}$  en tres sistemas de conducción diferentes y en tres variedades diferentes: Viognier (A), Marselan (B) y Petit Verdot (C). Cada barra es la media de la relación hoja fruto de 36 plantas  $\pm$  error estándar. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). INRA Pech Rouge, 2012.

Figure 15. Leaf/fruit ratio  $\text{m}^2 \text{ kg}^{-1}$  in three different training systems and varieties: Viognier (A), Marselan (B) and Petit Verdot (C). Each bar is the mean of leaf/fruit ratio of 36 plants,  $\pm$  standard error. Medium values with a common letter are not significantly different ( $p > 0,05$ ). INRA Pech Rouge, 2012.



## 5.5. Análisis de componentes principales de variables vegetativas

### 5.5.1. Viognier

Se observa en el gráfico una asociación del sistema de conducción en PRP con la variable eficiencia de intercepción de luz y poda mínima con racimos expuestos, relación H/F y superficie foliar total. El sistema de conducción en PRP se presenta como más eficiente en la intercepción de luz. El sistema de conducción en VSP se muestra como el tratamiento más centrado. La disposición de los vectores sugiere una relación negativa entre las variables eficiencia de intercepción de luz y relación H/F y una baja relación entre racimos expuestos con la relación H/F y eficiencia de intercepción de luz. El componente principal 1 explicó el 39,5% de la variabilidad y permite separar los SC en PM de VSP y PRP. El componente principal 2 explicó el 29,4% de la variabilidad. (Figura 16).

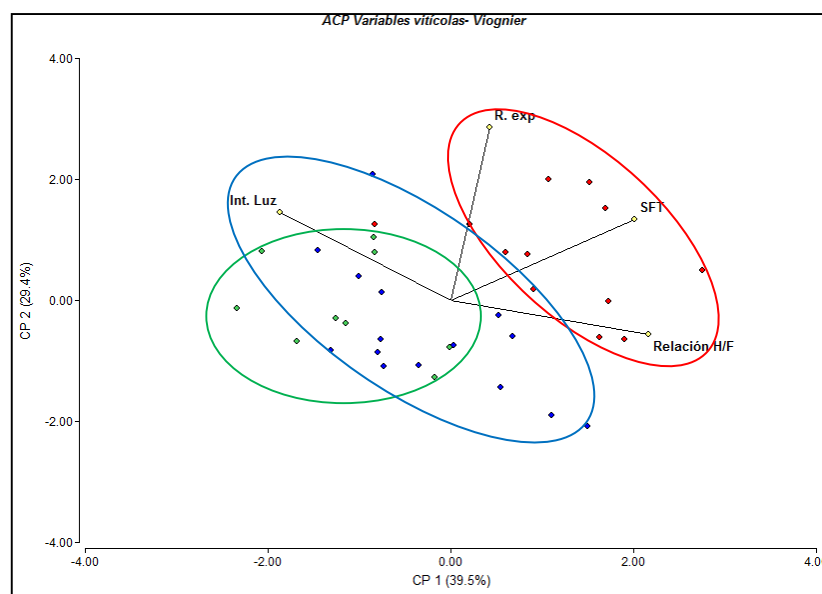


Figura 16. Análisis de componentes principales de variables vitícolas para los tres SC, en Viognier. Cada punto representa la lectura en una planta. El color rojo representa las plantas conducidas en PM; el color verde representa las plantas conducidas en PRP y el color azul representa las plantas conducidas en VSP. Las elipses agrupan las plantas correspondientes a cada tratamiento. SFT: superficie foliar total, Relación H/F: relación hoja fruto; R. exp.: porcentaje de racimos expuestos; Int. Luz: porcentaje de intercepción de luz.

Figure 16. Principal component analysis of the viticulture variables for the three TS, in Viognier. Each point represents the measures in one plant. Red, green and blue refers to plants trained in MP, PP and VSP, respectively. The ellipses group plants corresponding to each treatment. TFS: total foliar surface; Relación H/F: leaf-fruit ratio; R. exp.: percentage of berries exposed; Int. Luz: percentage of light interception

### 5.5.2. Marselan

El análisis de componentes principales realizado con las variables vegetativas en la variedad Marselan (Figura 17), muestra que la poda mínima está asociada las variables intercepción de luz (EIL) y superficie foliar total (SFT); el sistema de conducción en VSP está asociado a la relación hoja/fruto (H/F). Las plantas conducidas en PRP se muestran más equilibradas entre los tres SC. La disposición de los vectores muestra una relación negativa entre relación H/F y racimos expuestos y una relación positiva entre la eficiencia de intercepción de luz (EIL) y la superficie foliar total (SFT). El componente principal 1 explicó el 47,9% y el componente principal 2 explicó el 22,9% de la variabilidad.

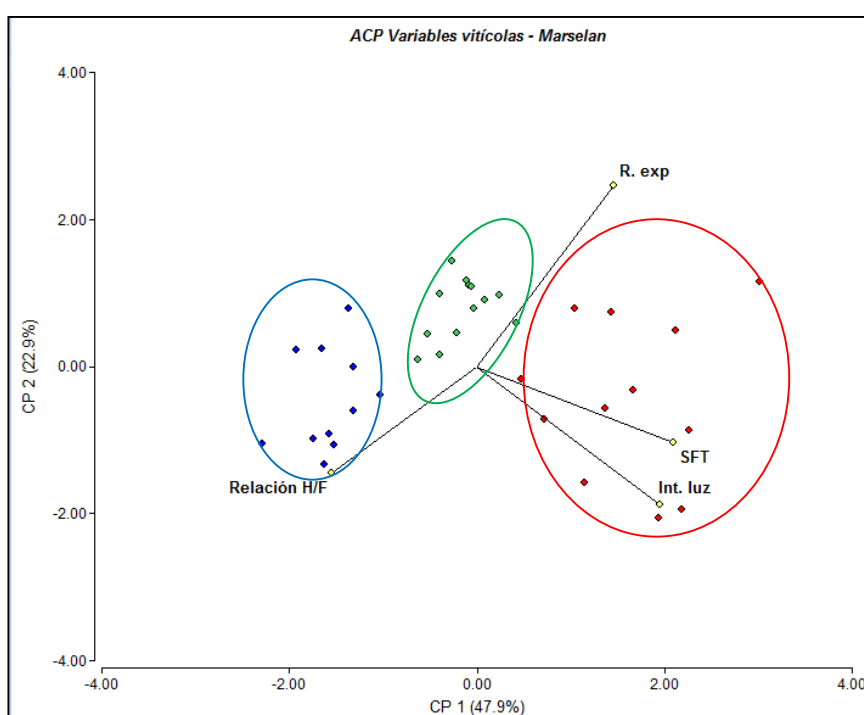


Figura 17. Análisis de componentes principales de las variables vitícolas para los tres SC en Marselan. Cada punto representa la lectura en una planta. El color rojo representa las plantas conducidas en PM; el color verde representa las plantas conducidas en PRP y el color azul representa las plantas conducidas en VSP. Las elipses agrupan las plantas correspondientes a cada tratamiento. SFT: superficie foliar total, Relación H/F: relación hoja fruto; R. exp.: porcentaje de racimos expuestos; Int. Luz: porcentaje de intercepción de luz.

Figure 17. Principal component analysis of the viticulture variables for the three TS, in Marselan. Each point represents the measures in one plant. Red, green and blue refer to plants trained in MP, PP and VSP, respectively. The ellipses group plants corresponding to each treatment. TFS: total foliar surface; Relación H/F: leaf-fruit ratio; R. exp.: percentage of berries exposed; Int. Luz: percentage of light interception.

### 5.5.3. Petit verdot

El ACP correspondiente al Petit Verdot (Figura 18) permite observar una separación de las plantas conducidas en poda mínima por las variables superficie foliar total (SFT) y relación hoja/fruto (relación H/F). Los sistemas de conducción en PRP y VSP se muestran más eficientes en la intercepción de luz. La disposición de los vectores muestra una relación negativa entre las variables relación H/F y superficie foliar total con intercepción de luz; relación positiva entre superficie foliar total y relación H/F y poca relación entre las variables racimos expuestos con superficie foliar total, intercepción de luz y relación H/F. El componente principal 1 explicó el 54,2% de la variabilidad y el componente principal 2 explicó el 26%, separando el PM de PRP y VSP.

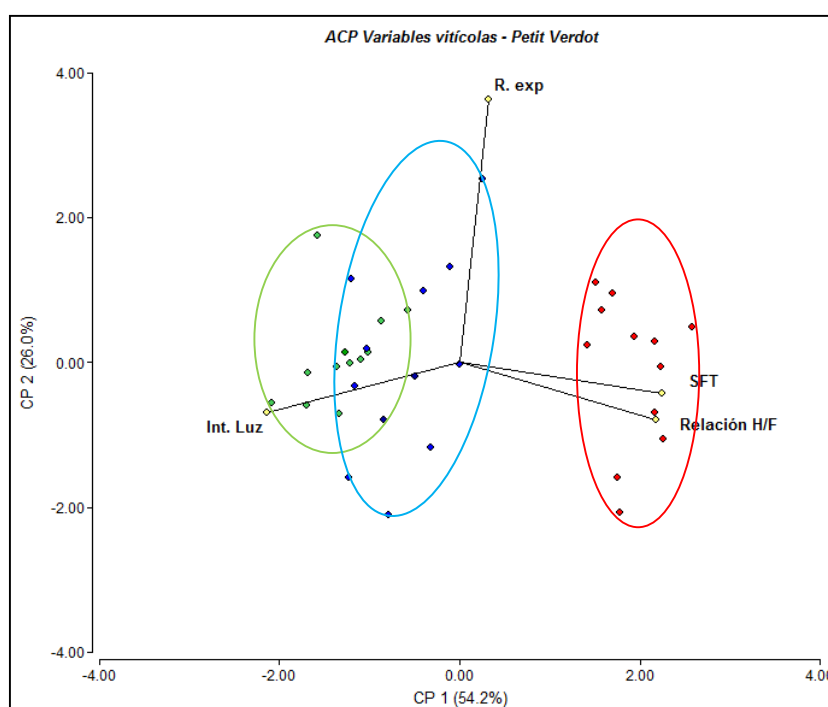


Figura 18. Análisis de componentes principales de variables vitícolas para los tres SC en Petit Verdot. Cada punto representa la lectura en una planta. El color rojo representa las plantas conducidas en PM; el color verde representa las plantas conducidas en PRP y el color azul representa las plantas conducidas en VSP. Las elipses agrupan las plantas correspondientes a cada tratamiento. SFT: superficie foliar total, Relación H/F: relación hoja fruto; R. exp.: porcentaje de racimos expuestos; Int. Luz: porcentaje de intercepción de luz.

Figure 18. Principal component analysis of the viticulture variables for the three TS, in Petit Verdot. Each point represents the measures in one plant. Red, green and blue refer to plants conducted in MP, PP and VSP, respectively. The ellipses group plants corresponding to each treatment. TFS: total foliar surface; RelaciónH/F: leaf-fruit ratio; R. exp.: percentage of berries exposed; Int. Luz: percentage of light interception

## 5.6. Variables eco-fisiológicas

### 5.6.1. Potencial hídrico de las plantas

A partir del mismo volumen de agua entregado a las plantas en los tres sistemas de conducción, se observó que las plantas conducidas en PM presentaron valores menores de potencial hídrico foliar en pre-amanecer, con respecto a los sistemas PRP y VSP en las tres variedades (Figura 19).

En coincidencia con lo observado en la evolución del potencial hídrico de preamanecer, las plantas conducidas en poda mínima presentaron los mayores valores de  $S\Psi$ . En las variedades Marselan y Petit Verdot fue de 20.5 MPa; en Viognier el valor de  $S\Psi$  hasta el momento de la cosecha fue menor que en Petit Verdot y Marselan (10.7 MPa).

Las plantas conducidas en PRP presentaron un valor de estrés hídrico intermedio, mientras que las plantas conducidas en VSP presentaron los menores valores acumulados.

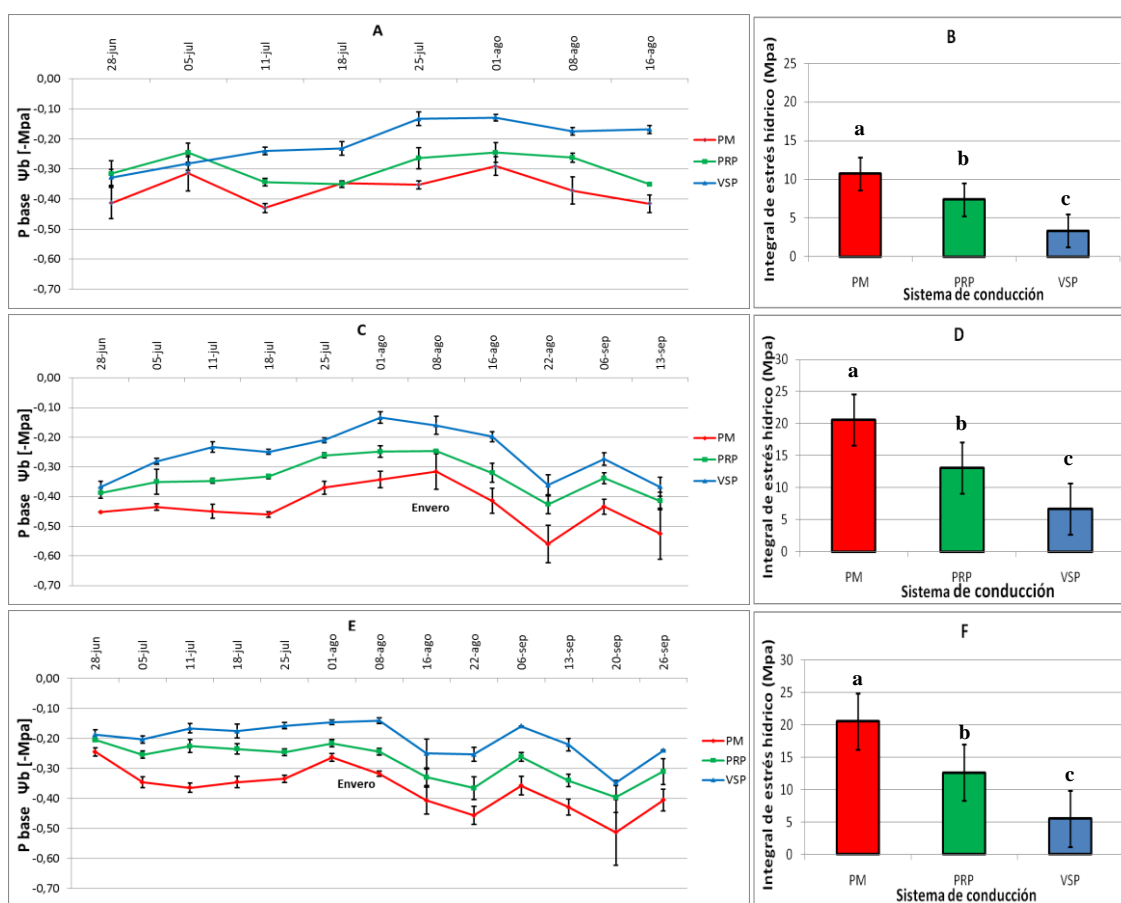


Figura 19. Valores de potencial hídrico foliar de pre-amanecer -MPa y de integral de estrés hídrico MPa en tres sistemas de conducción diferentes y tres variedades diferentes: Viognier (A y B), Marselan (C y D) y Petit Verdot (E y F). Las barras de los gráficos B, D y F representan el valor de la integral de estrés hídrico en cada sistema de

conducción  $\pm$  error estándar. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). INRA Pech Rouge, 2012.

Figure 19. Values of leaf hydric potential of pre-dawn -MPa, and MPa water stress integral in three different training systems and varieties: Viognier (A and B), Marselan (C and D), and Petit Verdot (E and F). Bars of the B, D and F graphs represent the value of the hydric stress integral for each training system  $\pm$  error estándar. Medium values with a common letter are not significantly different ( $p > 0,05$ ). INRA Pech Rouge, 2012.

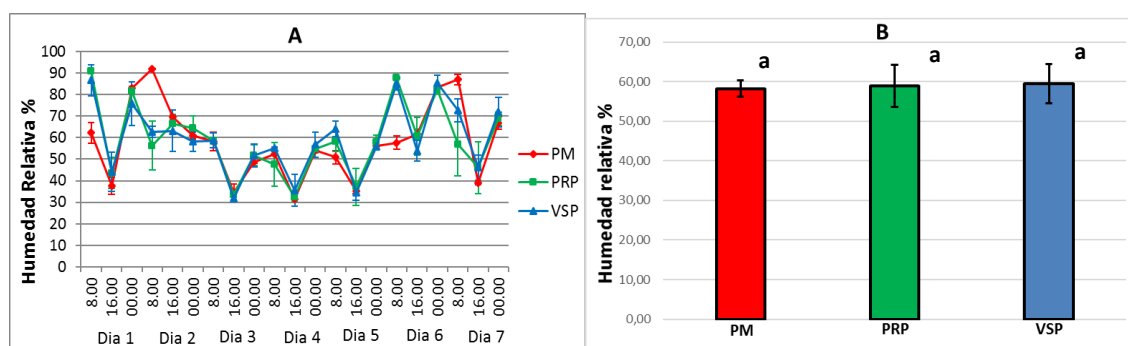
## 5.6.2. Microclima de la canopia

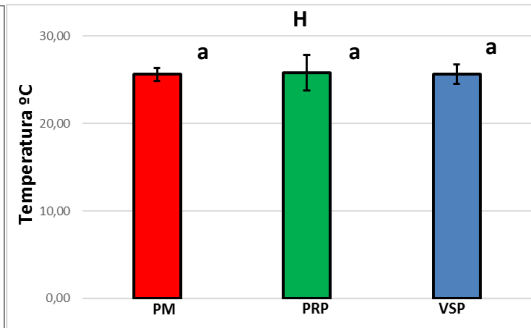
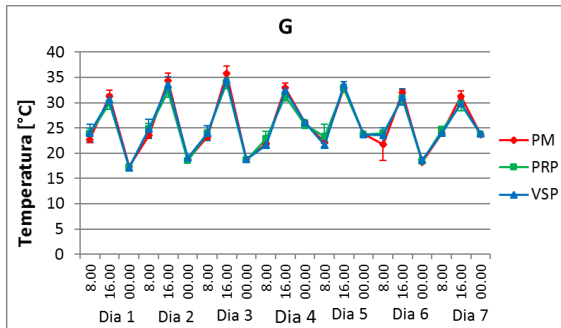
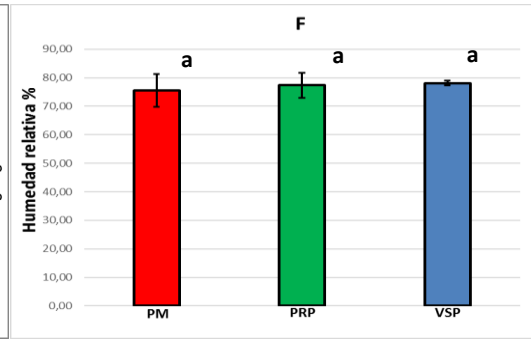
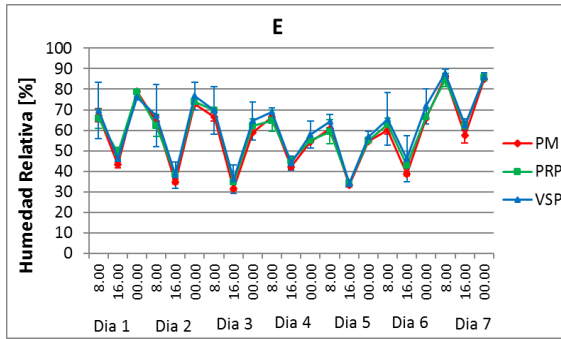
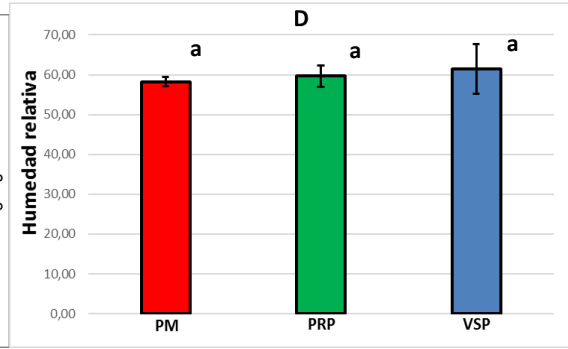
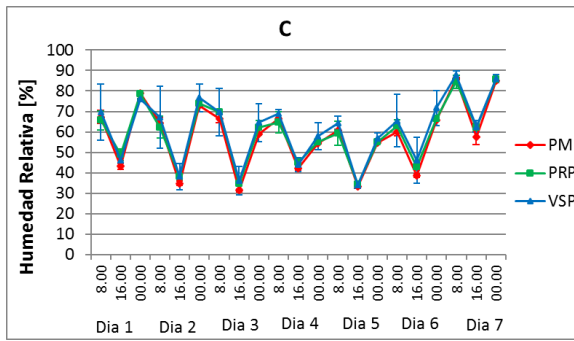
### 5.6.2.1. Humedad Relativa

Los valores de humedad relativa registrados en la canopia de Viognier, presentaron diferencias entre SC los días 1, 2, 5, 6 y 7 a las 8.00 h (Figura 20 A). En el Marselan, las diferencias se manifestaron a las 16.00 hs y 00.00 h del día 1 y a las 16.00 h del día 7 (Figura 20 C). En Petit Verdot, las diferencias se observaron los días 1, 3, 5 y 7 a las 00.00 h, mientras que sólo el día 4, presentó diferencias a las 16.00 h (figura 20 E).

### 5.6.2.2. Temperatura

En el Viognier las diferencias se presentaron los días 3, 4 y 5 a las 8.00 h (Figura 20 G). En el Marselan, las diferencias se registraron los días: 1 a las 16.00 h, 2 a las 16.00 h y 00.00 h y 3, 4 y 7 a las 16.00 h (Figura 20 I). En el Petit Verdot, las diferencias se manifestaron los días: 1 a las 16.00 h y 00.00 h, y 5 a las 00.00 h (figura 20 K).





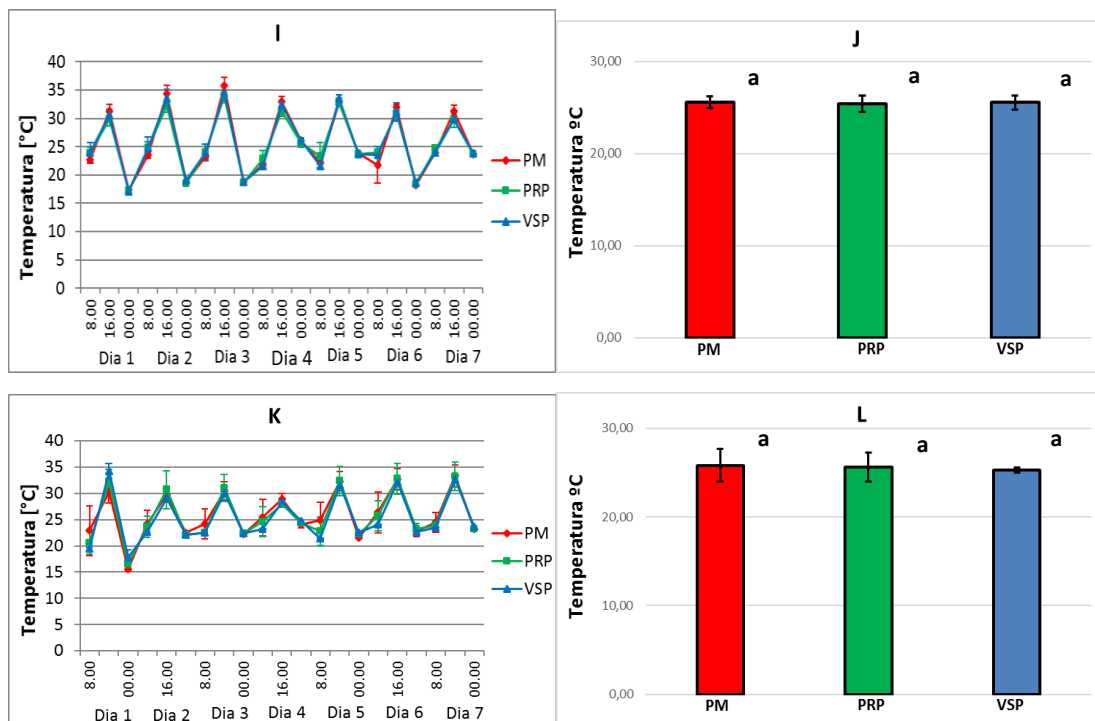


Figura 20. Marcha semanal de humedad relativa y temperatura, registradas a las 8.00 h, 16.00 h y 00.00 h, durante un periodo de 7 días en tres variedades: Viognier (A, B, G, H); Marselan (C,D,I,J) y Petit Verdot (F,G, K, L). INRA Pech Rouge, 2012

Ensayos realizados por Baeza *et al.* (1994) mostraron diferencias significativas en la temperatura de los racimos para distintos sistemas de conducción en diferentes horas del día (8.00 h, 12.00 h y 16.00 h), aunque estas diferencias no seguían un patrón específico que permitiera relacionar sistemas de conducción y temperatura.

### 5.6.3. Intercambio de gases

Los menores valores de  $P_n$  se registraron en la variedad Marselan para los tres SC. El sistema de conducción en PRP presentó los mayores registros de fotosíntesis neta en las variedades Viognier ( $11.48 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) y Petit Verdot ( $12.78 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). Los menores valores se registraron en plantas conducidas en PM en las tres variedades; en Marselan se observó el valor más bajo con  $3.37 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . No se observaron diferencias significativas entre PRP y VSP en las tres variedades (Figura 21).

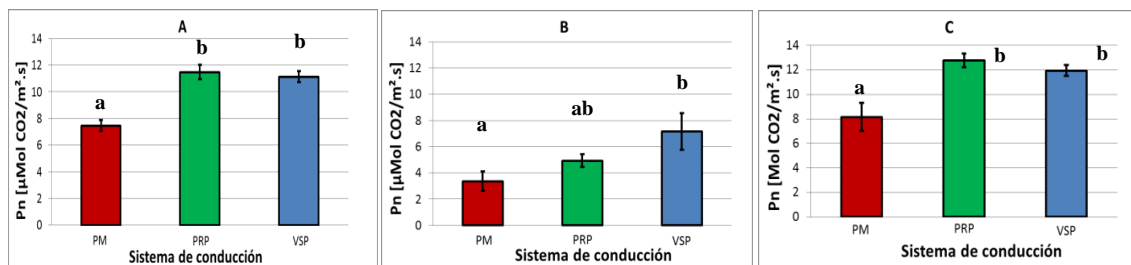


Figura 21. Fotosíntesis neta expresada en  $\mu\text{mol}$  de  $\text{CO}_2\text{m}^2\text{s}^{-1}$  en tres sistemas de conducción diferentes y tres variedades diferentes: Viognier (A), Marselan (B) y Petit Verdot (C). Cada barra es la media de la fotosíntesis neta de 12 plantas  $\pm$  error estándar. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) INRA Pech Rouge, 2012.

Figure 21. Net photosynthesis expressed in  $\mu\text{Mol}$  of  $\text{CO}_2\text{m}^2\text{s}^{-1}$  in three different training systems and varieties: Viognier (A), Marselan (B), and Petit Verdot (C). Each bar is the net photosynthesis mean of 12 plants  $\pm$  standard error. Medium values with a common letter are not significantly different ( $p > 0,05$ ) INRA Pech Rouge, 2012.

Las plantas conducidas en PM presentaron los registros más bajos de conductancia estomática ( $g_s$ ) en las tres variedades. En Viognier y Marselan no se observaron diferencias significativas entre tratamientos. El menor valor se presentó en plantas conducidas en PM de la variedad Marselan ( $36.67\text{ mmol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ); los valores más altos se observaron en Petit Verdot, en donde el sistema de conducción en PRP presentó el mayor registro de la variable ( $315.56\text{ mmol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) (Figura 22). Los valores observados en los tres tratamientos en la variedad Marselan, corresponden a estomas casi cerrados ya que las fechas de mediciones del intercambio gaseoso coinciden con los menores valores de potencial hídrico foliar (25-08-2012).

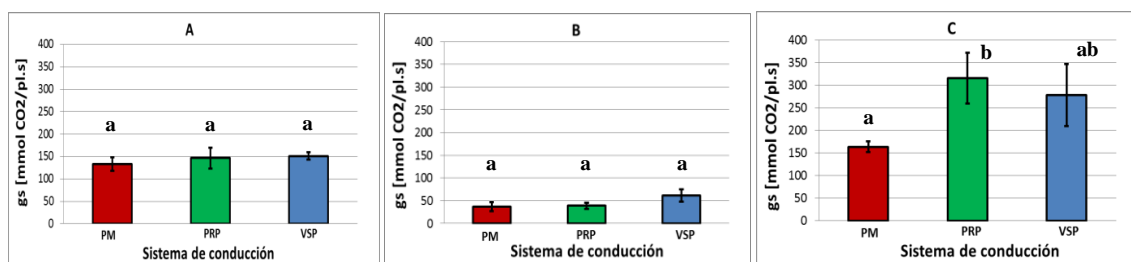


Figura 22. Conductancia estomática expresada en  $\text{mmol CO}_2\text{pl}^{-1}\text{s}^{-1}$  en tres sistemas de conducción diferentes y en tres variedades: Viognier (A), Marselan (B) y Petit Verdot (C). Cada barra es la media de la conductancia estomática de 12 plantas  $\pm$  error estándar. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) INRA Pech Rouge, 2012.

Figure 22. Stomatal conductance expressed in  $\mu\text{Mol}$  of  $\text{CO}_2\text{m}^2\text{s}^{-1}$  in three different training systems and varieties: Viognier (A), Marselan (B), and Petit Verdot (C).



Each bar is the stomatal conductance mean of 12 plants  $\pm$  standard error. Medium values with a common letter are not significantly different ( $p>0,05$ ) INRA Pech Rouge, 2012.

No se observaron diferencias significativas entre tratamientos en las tres variedades ensayadas. Los registros más altos de transpiración se presentaron en Petit Verdot para los tres SC; el mayor se presentó en VSP con  $7.75 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ . Los valores más bajos se registraron en Marselan, en donde las plantas conducidas en PM presentaron el menor valor ( $2.57 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) (Figura 23).

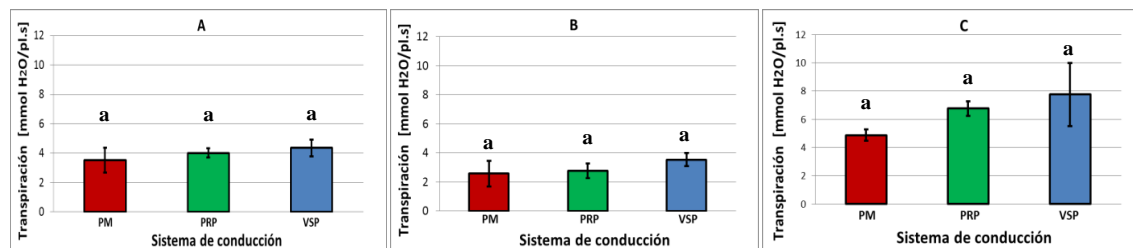


Figura 23. Transpiración expresada en  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$  en tres sistemas de conducción diferentes en tres variedades: Viognier (A), Marselan (B) y Petit Verdot (C). Cada barra es la media de la transpiración medida en 12 plantas  $\pm$  error estándar. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p>0,05$ ). INRA Pech Rouge, 2012.

Figure 23. Transpiration expressed in  $\text{mMol H}_2\text{O.m}^{-2}\text{s}^{-1}$  in three different training systems and varieties: Viognier (A), Marselan (B), and Petit Verdot (C). Each bar is the mean transpiration of 12 plants  $\pm$  standard error. Medium values with a common letter are not significantly different ( $p>0,05$ ) INRA Pech Rouge, 2012.

En Marselan y Petit Verdot no hubo diferencias significativas entre tratamientos. La variedad Marselan presentó los valores más altos de la eficiencia en el uso del agua intrínseca (EUAi) en los tres SC. En esta variedad el sistema de conducción en PRP, registró el máximo valor de la variable ( $127.60 \mu\text{mol CO}_2\text{mmol H}_2\text{O}^{-1}$ ). Los menores valores se observaron en Petit Verdot, en donde el VSP presentó el mínimo registro ( $33.46 \mu\text{mol CO}_2\text{.mmol H}_2\text{O}^{-1}$ ) (Figura 24).

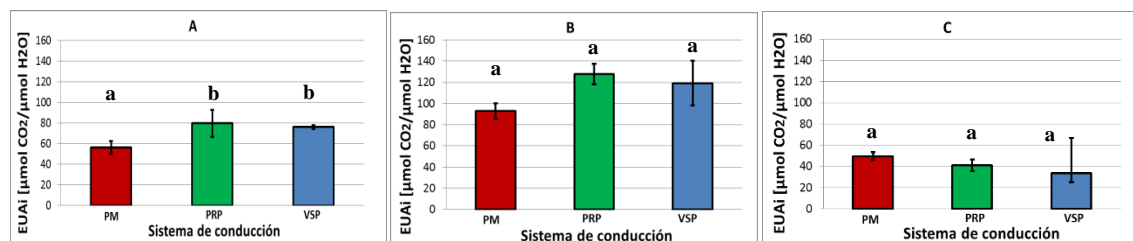


Figura 24. Eficiencia en el uso de agua intrínseca expresada en  $\mu\text{mol CO}_2\text{mmol H}_2\text{O}^{-1}$  en tres sistemas de conducción diferentes y tres variedades: Viognier (A), Marselan (B) y Petit Verdot (C). Cada barra representa la media de la EUAi de 12 plantas  $\pm$  error

estándar. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p>0,05$ ). INRA Pech Rouge, 2012.

Figure 24. Intrinsic water use efficiency, expressed in  $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{mmolH}_2\text{O}^{-1}$  in three different training systems and varieties: Viognier (A), Marselan (B), and Petit Verdot (C). Each bar represents the mean of EUAi of 12 plants  $\pm$  standard error. Medium values with a common letter are not significantly different ( $p>0,05$ ) INRA Pech Rouge, 2012.

La EUAi expresada como gr de uva por litro de agua aplicada con riego, se calculó para cada variedad ensayada. En Viognier no hubo diferencias significativas entre los tratamientos PRP y VSP; PM presentó una diferencia mayor de 7 gramos. En Marselan, hubo diferencias entre los tres tratamientos; la EUAi en PM fue 10 gr mayor que en VSP y 3 gr en PRP. En Petit Verdot el tratamiento PM fue 20 gr mayor que VSP.

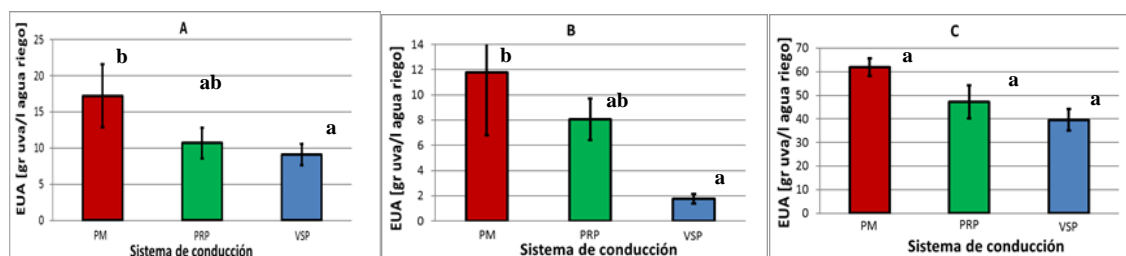


Figura 25. Eficiencia en el uso de agua intrínseca expresada en gramos de uva.litro de agua de riego<sup>-1</sup> en tres sistemas de conducción diferentes y tres variedades: Viognier (A), Marselan (B) y Petit Verdot (C). Cada barra representa la media de la EUAi de 12 plantas  $\pm$  error estándar. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p>0,05$ ). INRA Pech Rouge, 2012.

Figure 25. Intrinsic water use efficiency, expressed in gr de uva.litro de agua de riego<sup>-1</sup> in three different training systems and varieties: Viognier (A), Marselan (B), and Petit Verdot (C). Each bar represents the mean of EUAi of 12 plants  $\pm$  standard error. Medium values with a common letter are not significantly different ( $p>0,05$ ) INRA Pech Rouge, 2012.

#### 5.6.4. Análisis de componentes principales de variables eco-fisiológicas

##### 5.6.4.1. Viognier

El ACP realizado en Viognier muestra una asociación del sistema de conducción en PM con  $S\psi$ ; VSP con fotosíntesis neta ( $P_n$ ) y la eficiencia de uso de agua intrínseca (EUAi), PRP con la conductancia estomática ( $g_s$ ) y la transpiración (Figura 25). La disposición de los vectores sugiere una relación negativa entre  $S\psi$  y  $P_n$ ; relación positiva entre transpiración y  $g_s$ . El componente principal 1 explicó el 56,6% de la variabilidad y el componente 2, el 22,4%.

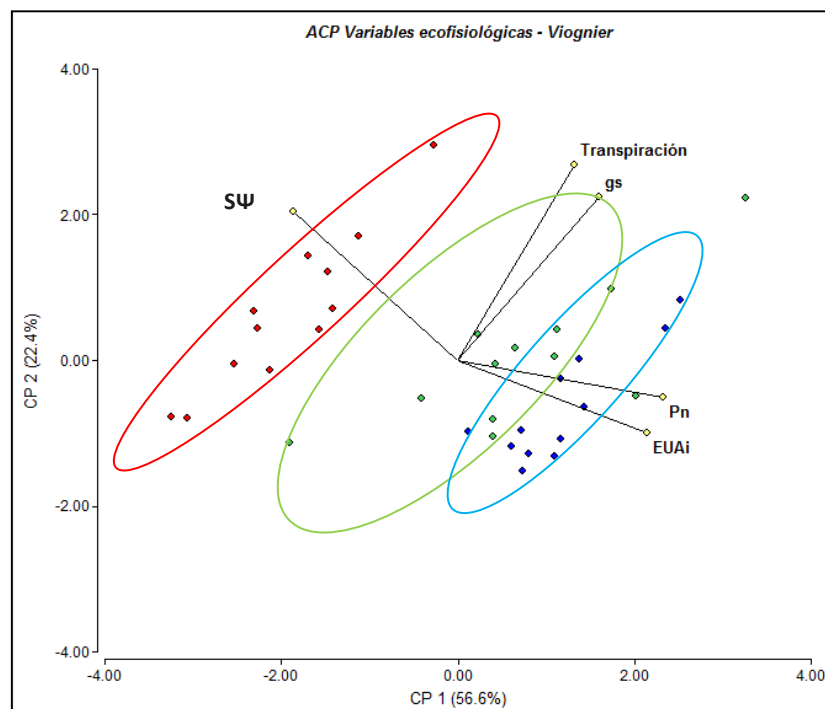


Figura 26. Análisis de componentes principales de variables eco-fisiológicas, para los tres SC en Viognier. Cada punto representa la lectura en una planta. El color rojo representa las plantas conducidas en PM; el color verde representa las plantas conducidas en PRP y el color azul representa las plantas conducidas en VSP. Las elipses agrupan las plantas correspondientes a cada tratamiento. SΨ: integral de estrés hídrico, Pn: fotosíntesis neta; gs: conductancia estomática; transpiración: transpiración; EUAi: eficiencia del uso de agua intrínseca.

Figure 26. Principal component analysis of eco-physiological variables, for the three TS in Viognier. Each point represents the measure in one plant. Red, green and blue refer to plants conducted in MP, PP and VP, respectively. The ellipses group plants corresponding to each treatment. SΨ: water stress integral, Pn: net photosynthesis; gs: stomatal conductance; transpiration: transpiration; EUAi: intrinsic water use efficiency.

#### 5.6.4.2. Marselan

En la figura 26 se muestra el gráfico de ACP para las variables eco-fisiológicas en Marselan, en el cual se puede observar una asociación del VSP con las variables transpiración y fotosíntesis neta; sistema de conducción en PM con SΨ. El sistema de conducción en PRP se muestra más eficiente en el uso de agua y centrado con respecto a las variables. La disposición de los vectores muestra una relación negativa entre SΨ y Pn; una relación positiva entre transpiración y Pn. Se observa poca relación de gs con SΨ y Pn.

El componente principal 1 explicó el 48,7% y componente 2, el 21,5% de la variabilidad.

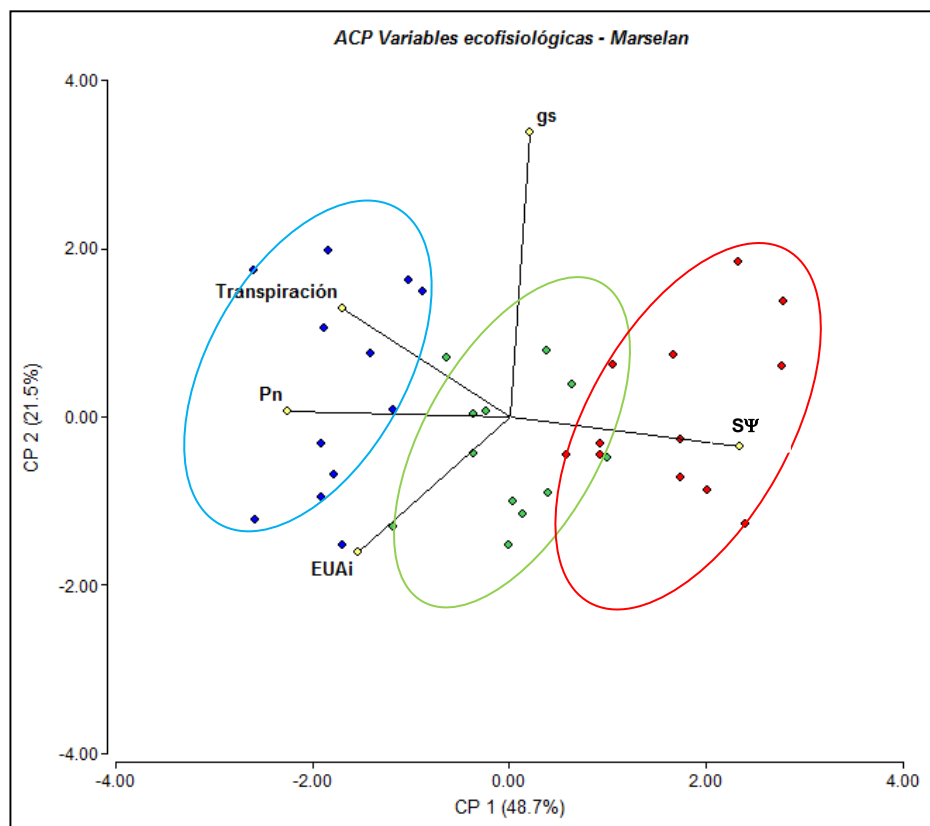


Figura 27. Análisis de componentes principales de variables eco-fisiológicas, para los tres SC en Marselan. Cada punto representa la lectura en una planta. El color rojo representa las plantas conducidas en PM; el color verde representa las plantas conducidas en PRP y el color azul representa las plantas conducidas en VSP. Las elipses agrupan las plantas correspondientes a cada tratamiento. SΨ: integral de estrés hídrico, Pn: fotosíntesis neta; gs: conductancia estomática; transpiración: transpiración; EUAi: eficiencia del uso de agua intrínseca.

Figure 27. Principal component analysis of eco-physiological variables, for the three TS in Marselan. Each point represents the measure in one plant. Red, green and blue refer to plants conducted in MP, PP and VP, respectively. The ellipses group plants corresponding to each treatment. SΨ: hydric stress integral, Pn: net photosynthesis; gs: stomal conductance; transpiration: transpiration; EUAi: intrinsic water use efficiency

#### 5.6.4.3. Petit verdot

El ACP de Petit Verdot muestra una asociación de los sistemas de conducción VSP y PRP con las variables gs y Pn. Las plantas conducidas en poda mínima se separaron de los sistemas de conducción en VSP y PRP por la variable SΨ. La disposición de los vectores muestra una relación negativa entre SΨ y Pn y poca relación de la variable transpiración con SΨ y Pn. El componente principal 1 explicó el 64,2% de la variabilidad y el componente 2, el 12,8% (Figura 28).

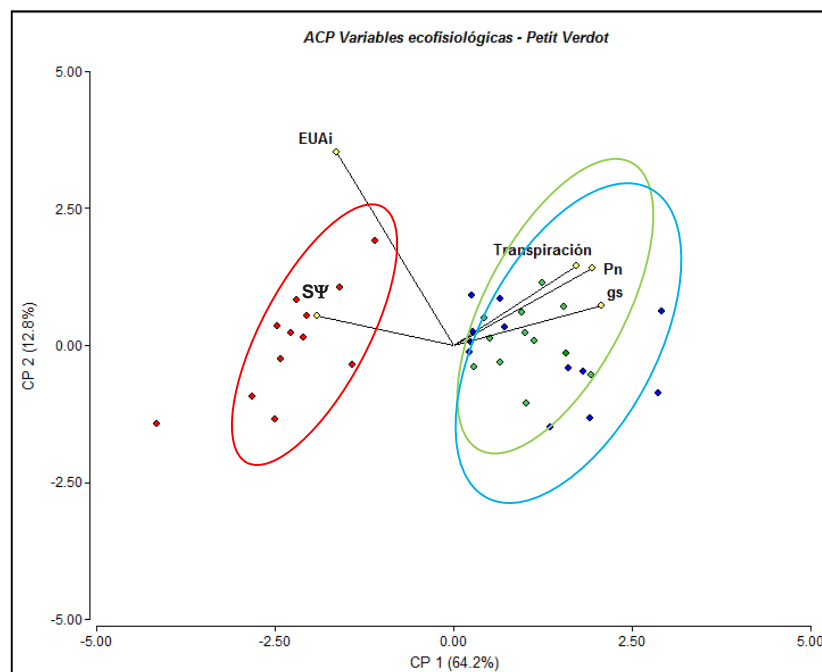


Figura 28. Análisis de componentes principales de variables eco-fisiológicas para los tres SC, en Petit Verdor. Cada punto representa la lectura en una planta. El color rojo representa las plantas conducidas en PM; el color verde representa las plantas conducidas en PRP y el color azul representa las plantas conducidas en VSP. Las elipses agrupan las plantas correspondientes a cada tratamiento.  $S\Psi$ : integral de estrés hídrico, Pn: fotosíntesis neta; gs: conductancia estomática; transpiración: transpiración; EUAi: eficiencia del uso de agua intrínseca.

Figure 28. Principal component analysis of eco-physiological variables, for the three TS in Verdor. Each point represents the measure in one plant. Red, green and blue refer to plants conducted in MP, PP and VSP, respectively. The ellipses group plants corresponding to each treatment.  $S\Psi$ : hydric stress integral, Pn: net photosynthesis; gs: stomal conductance; transpiration: transpiration; EUAi: intrinsic water use efficiency

### 5.7. Componentes del rendimiento

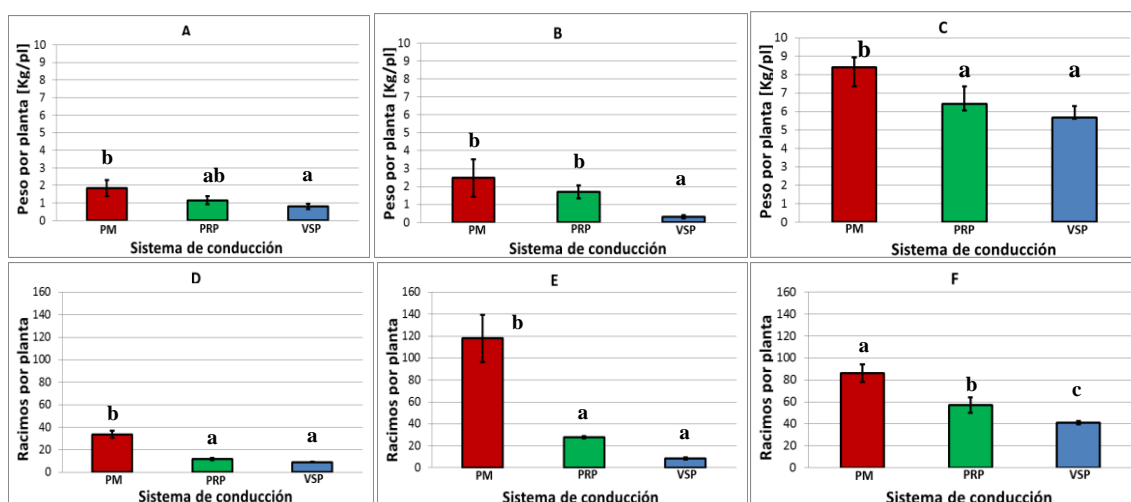
El menor peso por baya se registró en plantas conducidas en poda mínima para las tres variedades ensayadas (Figura 29J, 29K, 29L); el menor valor se presentó en Marselan (0.53 g). En Viognier y Petit Verdor no hubo diferencias significativas entre los tratamientos VSP y PRP. El máximo registro se observó en plantas conducidas en PRP en la variedad Viognier (1.52 g) (Figura 29J).

No se observaron diferencias significativas en la variable bayas.racimo<sup>-1</sup> entre SC en las tres variedades. El sistema de conducción en PRP se presentó el mayor valor (136 bayas.racimo<sup>-1</sup>). El sistema de conducción en poda mínima presentó los menores valores

en las tres variedades. En Marselan se observó el menor valor (75 bayas.racimo<sup>-1</sup>) (figura 29G, 29H, 29I).

En las tres variedades ensayadas, el número de racimos por planta fue mayor en plantas conducidas en PM y menor en VSP. El máximo registro de la variable se observó en Marselan con un valor de 117 racimos pl<sup>-1</sup>; en esta variedad se presentó la mayor diferencia entre tratamientos (Figura 28D, 28E, 28F).

Los mayores rendimientos se observaron en Petit Verdot para los tres SC, en donde el máximo registro de la variable se observó en plantas conducidas en PM (8.42 kg pl<sup>-1</sup>). Las plantas conducidas en PM de las variedades Viognier y Marselan, presentaron los mayores registros de la variable en los tres tratamientos (1.84 kg pl<sup>-1</sup> y 2.48 kg pl<sup>-1</sup>) (figura 29A, 29B, 29C).



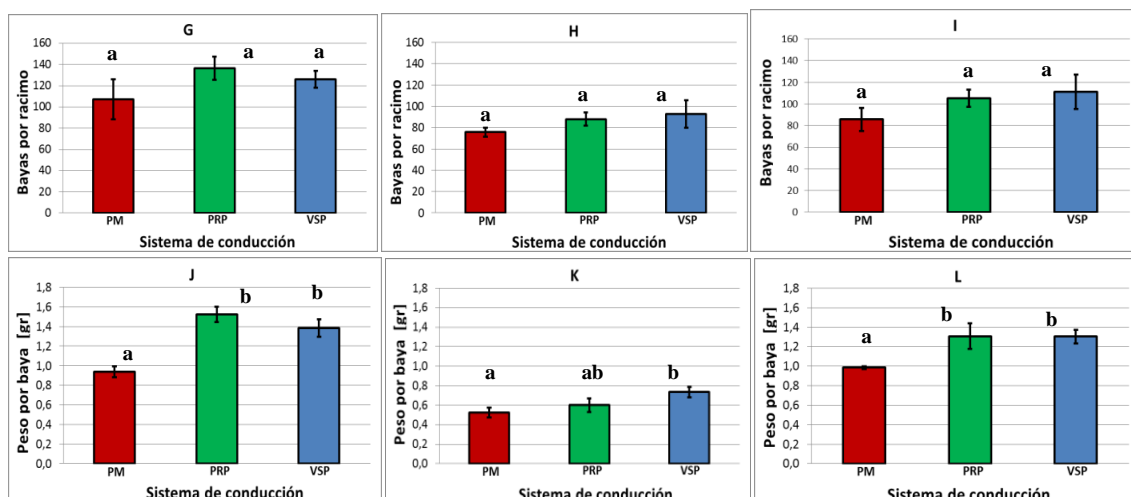


Figura 29. Análisis de los componentes de rendimiento en tres sistemas de conducción diferentes y tres variedades: peso por planta en Viognier (A), Marselan (B) y Petit Verdot (C); racimos por planta en Viognier (D), Marselan (E) y Petit Verdot (F); bayas por racimos en Viognier (G), Marselan (H) y Petit Verdot (I); peso por baya en Viognier (J), Marselan (K) y Petit Verdot (L). Cada barra es la media de la variable medida de 36 plantas  $\pm$  error estándar. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). INRA Pech Rouge, 2012.

Figure 29. Analysis of the performance components in three training systems and varieties: weight per plant in Viognier (A), Marselan (B), and Petit Verdot (C); berries per cluster in Viognier (D), Marselan (E), and Petit Verdot (F); clusters per plant in Viognier (G), Marselan (H), and Petit Verdot (I); weight per berry in Viognier (J), Marselan (K), and Petit Verdot (L). Each bar is the mean of the measured variable of 36 plants  $\pm$  standard error. Medium values with a common letter are not significantly different ( $p > 0,05$ ) INRA Pech Rouge, 2012.

## 5.8. Composición química de la uva

### 5.8.1. Contenido de azúcar

No hubo diferencias significativas entre PM y PRP en las tres variedades en el contenido de sólidos solubles; en la variedad Petit Verdot no hubo diferencias significativas entre tratamientos (Figura 30A, 30B, 30C). En Marselan los registros más altos se presentaron en PM y PRP con valores de 26.67 °Bx y 26 °Bx respectivamente. En Viognier el VSP presentó el máximo registro de la variable (23.8 °Bx); el menor valor se registró en PM (21.53 °Bx) (figura 30A).

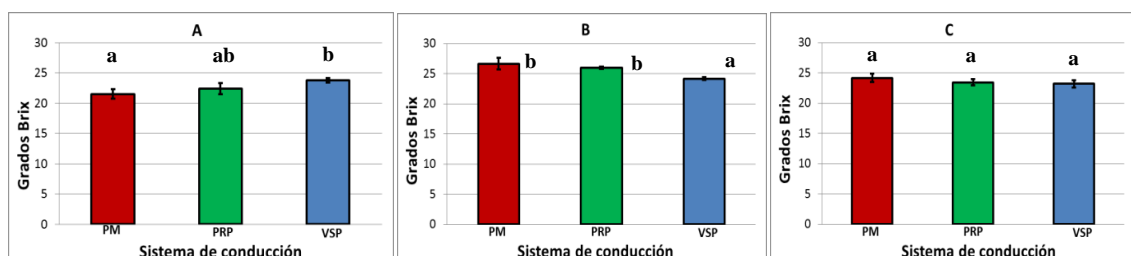


Figura 30. Grado de madurez obtenido del análisis de 600 bayas, expresado en grados Brix en tres sistemas de conducción diferentes y en tres variedades: Viognier (A), Marselan (B) y Petit Verdot (C). Cada barra es la media de tres repeticiones  $\pm$  error estándar. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p>0,05$ ). INRA Pech Rouge, 2012.

Figure 30. Level of maturity obtained from the analysis of 600 berries, expressed in Brix degrees in three training systems and varieties: Viognier (A), Marselan (B), and Petit Verdot (C). Each bar is the mean of three repetitions  $\pm$  standard error. Medium values with a common letter are not significantly different ( $p>0,05$ ) INRA Pech Rouge, 2012.

### 5.8.2. pH y acidez total

No hubo diferencias significativas entre tratamientos en los valores de pH y acidez total. Los sistemas de conducción en PM y PRP presentaron los registros más elevados de acidez total ( $4.08 \text{ g H}_2\text{SO}_4\text{L}^{-1}$  y  $3.92 \text{ g H}_2\text{SO}_4\text{L}^{-1}$ ) (Figura 30B). En concordancia con estos resultados, los registros de pH fueron también los más bajos con un valor de 3.28 en ambos (figura 31A).

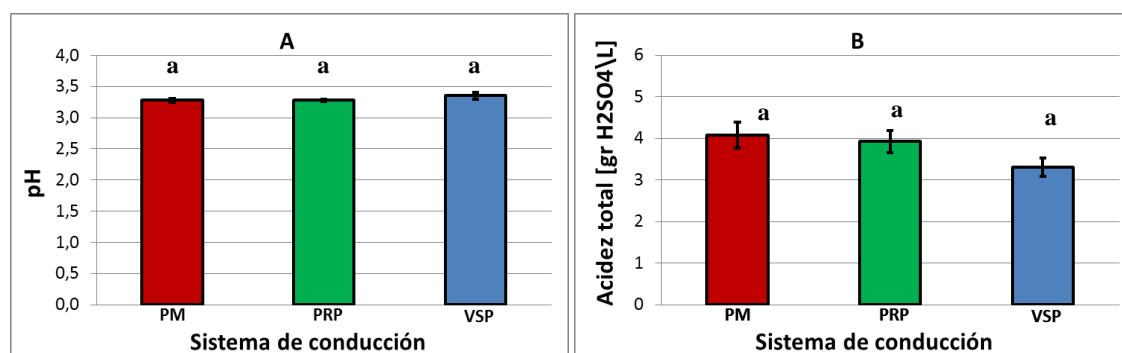


Figura 31. pH (A) y acidez total (B) del mosto obtenido de 600 bayas de tres sistemas de conducción diferentes en Viognier. Cada barra es la media de tres repeticiones  $\pm$  error estándar. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p>0,05$ ). INRA Pech Rouge, 2012.

Figure 31. pH (A) and total acidity (B) of the must obtained from 600 berries of three different training systems in Viognier. Each bar is the mean of three repetitions  $\pm$  standard error. Medium values with a common letter are not significantly different ( $p>0,05$ ) INRA Pech Rouge, 2012.

En Marselan no se observaron diferencias significativas entre tratamientos; en Petit Verdot no se observaron diferencias entre los SC en PRP y VSP. En Marselan se observaron los valores más elevados de pH en los sistemas de conducción en PRP y PM con valores de 3.52 y 3.49 respectivamente (Figura 32A). En Petit Verdot el valor más alto se presentó en PM con 3.45 (Figura 32B). El valor más alto de acidez total se registró



en VSP en Marselan y Petit Verdot. Los valores fueron  $4.23 \text{ g H}_2\text{SO}_4\text{L}^{-1}$  y  $4.93 \text{ g H}_2\text{SO}_4\text{L}^{-1}$  respectivamente. La mayor diferencia entre tratamientos de la acidez total, se observó en Petit Verdot. (figura 33A, 33B).

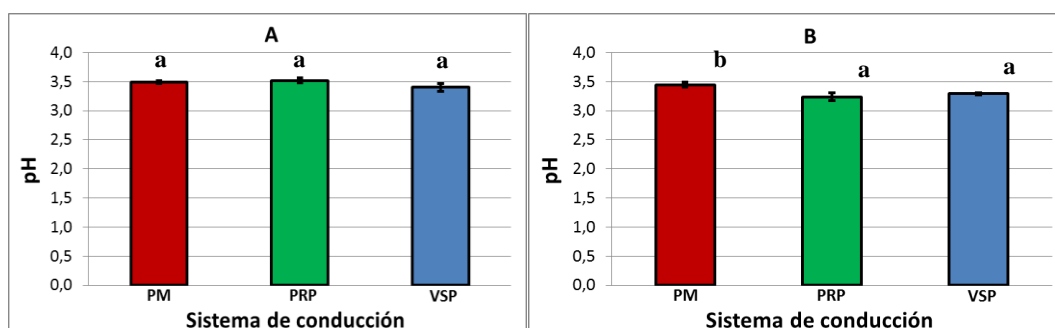


Figura 32. pH del mosto obtenido de 600 bayas en tres sistemas de conducción y dos variedades: Marselan (A) y Petit Verdot (B). Cada barra representa la media de tres repeticiones  $\pm$  error estándar. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). INRA Pech Rouge, 2012.

Figure 32. pH of the must obtained from 600 berries of three training systems and two varieties: Marselan (A) and Petit Verdot (B). Each bar is the mean of three repetitions  $\pm$  standard error. Medium values with a common letter are not significantly different ( $p > 0,05$ ) INRA Pech Rouge, 2012.

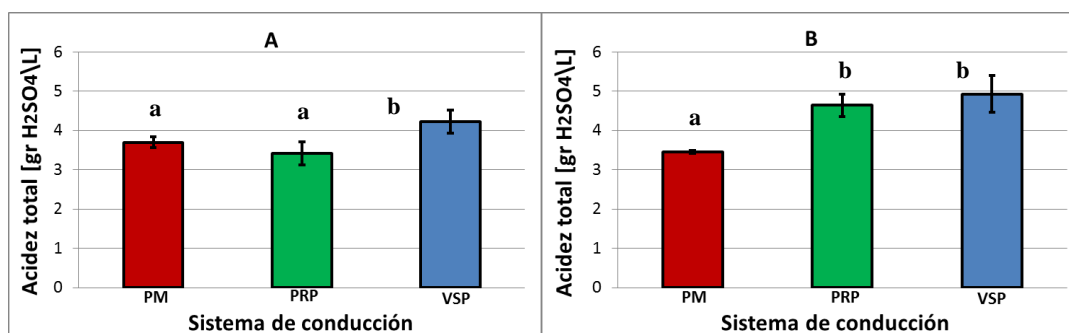


Figura 33. Acidez total del mosto expresada en  $\text{g H}_2\text{SO}_4\text{L}^{-1}$ , obtenida de 600 bayas en tres sistemas de conducción y dos variedades: Marselan (A) y Petit Verdot (B). Cada barra representa la media de tres repeticiones  $\pm$  error estándar. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). INRA Pech Rouge, 2012.

Figure 33. Total acidity expressed in  $\text{H}_2\text{SO}_4\text{L}^{-1}$ , obtained from 600 berries of three training systems and two varieties: Marselan (A) and Petit Verdot (B). Each bar is the mean of three repetitions  $\pm$  standard error. Medium values with a common letter are not significantly different ( $p > 0,05$ ) INRA Pech Rouge, 2012.

### 5.8.3. Polifenoles. Antocianos e IPT

No se observaron diferencias significativas en la concentración de antocianos entre plantas conducidas en PRP y VSP. La mayor diferencia entre tratamientos se observó en Marselan. El mayor registro de la variable se observó en plantas conducidas en PM, en la variedad Petit Verdot (620.5 mg L<sup>-1</sup>); sin embargo, en la variedad Marselan se presentó el menor valor de antocianos en PM (225.4Lt<sup>-1</sup>) (Figura 34).

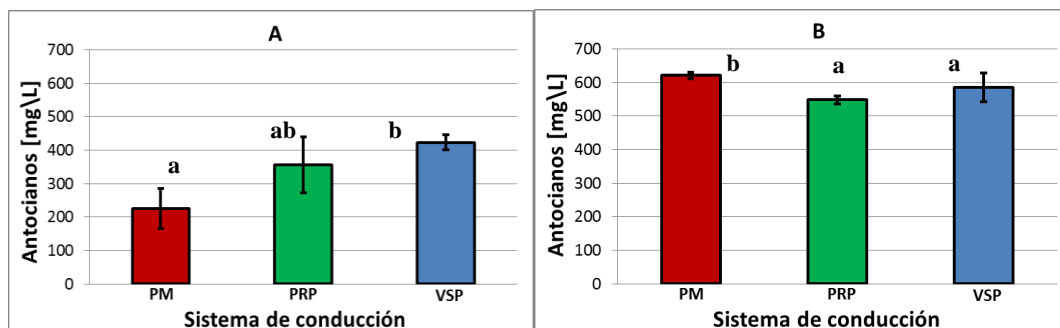


Figura 34. Concentración de antocianos expresada en mg L<sup>-1</sup> del mosto, obtenido de 600 bayas en tres sistemas de conducción y dos variedades: Marselan (A) y Petit Verdot (B). Cada barra representa la media de tres repeticiones  $\pm$  error estándar. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). INRA Pech Rouge, 2012.  
Figure 34. Anthocyanin concentration expressed in mg L<sup>-1</sup> of must, obtained from 600 berries of three training systems and two varieties: Marselan (A) and Petit Verdot (B). Each bar is the mean of three repetitions  $\pm$  standard error. Medium values with a common letter are not significantly different ( $p > 0,05$ ) INRA Pech Rouge, 2012.

La mayor diferencia entre tratamientos se observó en Marselan. En la variedad Petit Verdot no se observaron diferencias entre tratamientos. El mayor valor de índice de polifenoles totales (IPT) se presentó en plantas conducidas en PM en la variedad Petit Verdot Petit Verdot (36.37). El menor valor se registró en plantas conducidas en PM en la variedad Marselan (10.70). (Figura 35).

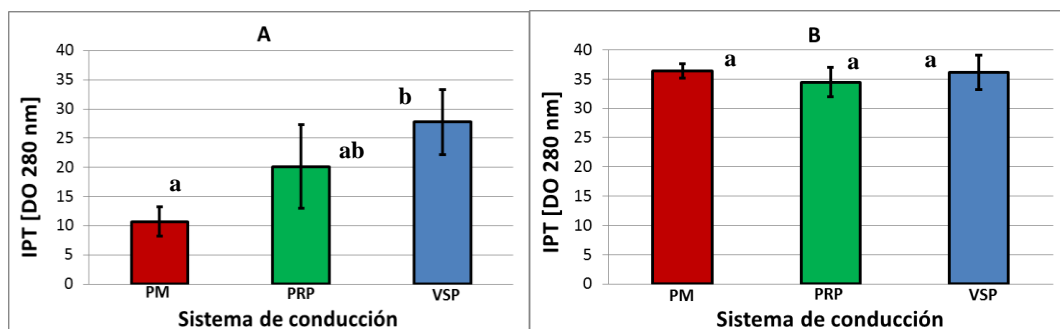


Figura 35. Índice de polifenoles totales del mosto obtenido de 600 bayas en tres sistemas de conducción y dos variedades: Marselan (A) y Petit Verdot (B). Cada barra representa

la media de tres repeticiones  $\pm$  error estándar. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p>0,05$ ). INRA Pech Rouge, 2012.

Figure 35. Index of total polyphenols obtained from 600 berries of three training systems and two varieties: Marselan (A) and Petit Verdot (B). Each bar is the mean of three repetitions  $\pm$  standard error. Medium values with a common letter are not significantly different ( $p>0,05$ ) INRA Pech Rouge, 2012.

#### 5.8.4. Análisis por fotogrametría

Las plantas de Viognier conducidas en PM presentaron el mayor porcentaje de bayas rojas (28%) y el mayor porcentaje de bayas azules (4.47%); no hubo diferencias significativas respecto a bayas rojas entre SC en PRP (9.03%) y VSP (9%). No se registraron cantidades importantes de bayas azules en plantas conducidas en PRP y VSP (Figura 36).

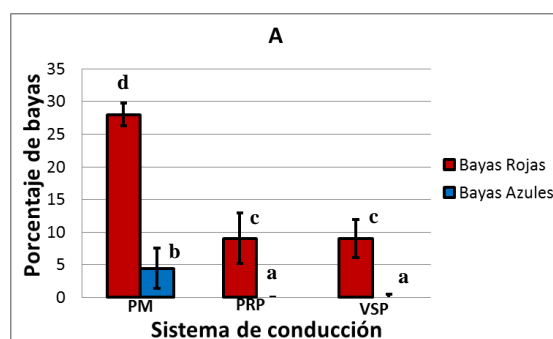


Figura 36. Porcentaje de bayas rojas y azules en Viognier al momento de la vendimia analizadas con Dyostem® en tres sistemas de conducción diferentes. Cada barra es la media de tres repeticiones  $\pm$  error estándar. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p>0,05$ ). INRA Pech Rouge, 2012.

Figure 36. Percentage of red and blue berries in Viognier at harvest time, analyzed with Dyostem® in three different training systems and varieties: Viognier (A), Marselan (B) and Petit Verdot (C). Each bar is the mean of three repetitions  $\pm$  standard error. Medium values with a common letter are not significantly different ( $p>0,05$ ). INRA Pech Rouge, 2012.

### 5.9. Análisis de componentes principales. Composición química de la uva

#### 5.9.1. Viognier

La variedad Viognier muestra en su gráfico ACP (Figura 37) una asociación de las plantas conducidas en PM con las variables %bayas rojas y %bayas azules. El sistema de conducción en VSP está asociado con °Brix y pH. El sistema de conducción en PRP se presenta como el SC más centrado. La disposición de los vectores muestra una relación negativa de acidez total y relación positiva entre pH y °Bx. También se observa poca relación de bayas azules y rojas con el resto de las variables analizadas.

El componente principal 1 explicó el 68,2% de la variabilidad y el componente 2, el 19,8%.

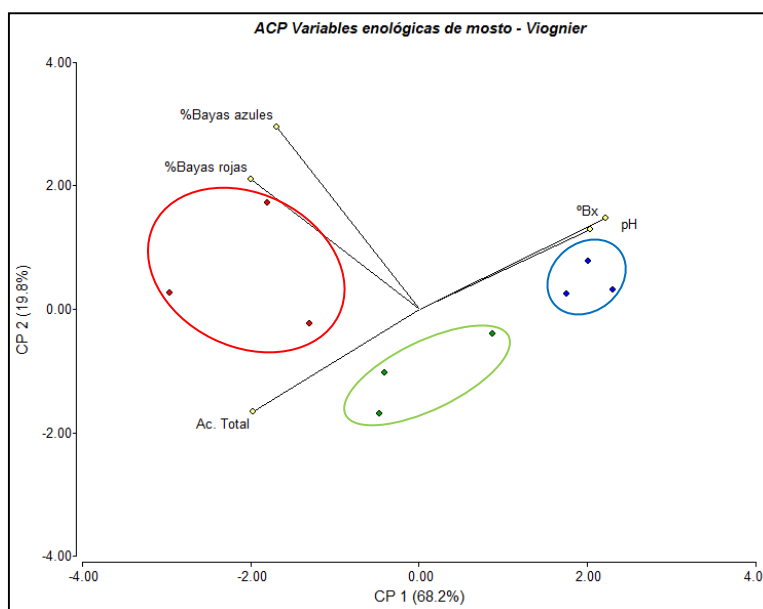


Figura 37. Análisis de componentes principales de variables enológicas de mosto en Viognier, con los tres SC. Cada punto representa el valor medio de la variable en cada bloque. El color rojo representa las plantas conducidas en PM; el color verde representa las plantas conducidas en PRP y el color azul representa las plantas conducidas en VSP. Las elipses agrupan las plantas correspondientes a cada tratamiento; Ac. Total: acidez total; pH: pH; %bayas rojas: porcentaje de bayas rojas; %bayas azules: porcentaje de bayas azules.

Figure 37. Principal component analysis of must enological variables in Viognier, for the three TS. Each point represents the mean value of the variable in each block. Red, green and blue refer to plants conducted in MP, PP and VSP, respectively. The ellipses group plants corresponding to each treatment; Ac. Total: total acidity; pH: pH; % bayas rojas: percentage of red berries; % bayas azules: percentage of blue berries

### 5.9.2. Marselan

El gráfico ACP para la variedad Marselan (Figura 38) muestra una asociación de las plantas conducidas en PM con °Bx. El sistema de conducción en PRP con el pH y °Bx; VSP con acidez total, concentración de antocianos e IPT. La disposición de los vectores sugiere baja relación entre °Bx con IPT y antocianos. El componente principal 1 explicó el 74,7% de la variabilidad y el componente principal 2, el 19,6% de la variabilidad.

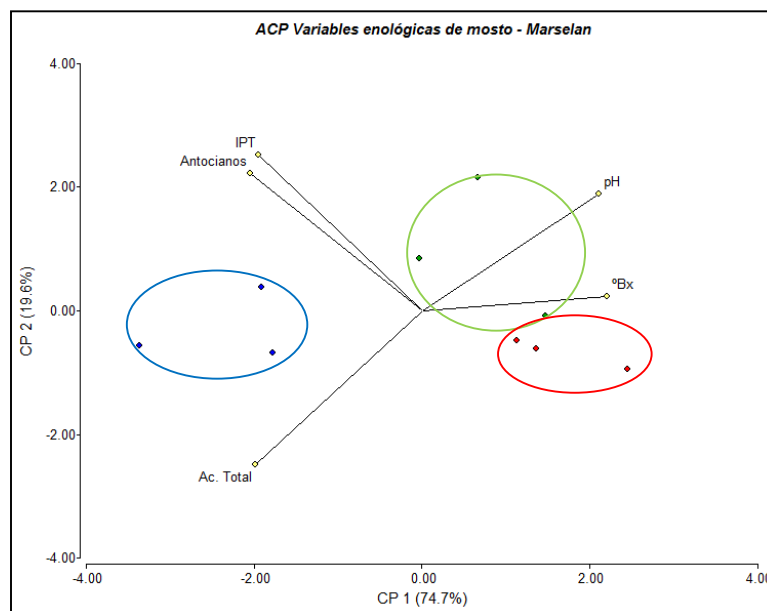


Figura 38. Análisis de componentes principales de variables enológicas del mosto en Marselan, con los tres SC. Cada punto representa el valor medio de la variable en cada bloque. El color rojo representa las plantas conducidas en PM; el color verde representa las plantas conducidas en PRP y el color azul representa las plantas conducidas en VSP. Las elipses agrupan las plantas correspondientes a cada tratamiento; Ac. Total: acidez total; pH: pH; Antocianos: concentración de antocianos; IPT: índice de polifenoles total. Figure 38. Principal component analysis of must enological variables in Marselan, for the three TS. Each point represents the mean value of the variable in each block. Red, green and blue refer to plants conducted in MP, PP and VSP, respectively. The ellipses group plants corresponding to each treatment; Ac. Total: total acidity; pH: pH; Antocianinas: anthocyanin concentration; IPT: total polyphenol index

### 5.9.3. Petit verdot

El gráfico ACP para la variedad Petit Verdot (Figura 39) muestra una asociación entre PRP con acidez total; las plantas conducidas en PM se agrupan con °Bx, antocianos y pH. Se observa al sistema de conducción en VSP como el más centrado. La disposición de los vectores muestra relación positiva entre °Bx, antocianos e IPT; relación negativa de pH con acidez total y baja relación entre IPT, antocianos y °Bx con acidez total. El componente principal 1 explicó el 73,3% de la variabilidad y el componente 2, el 11,6%.

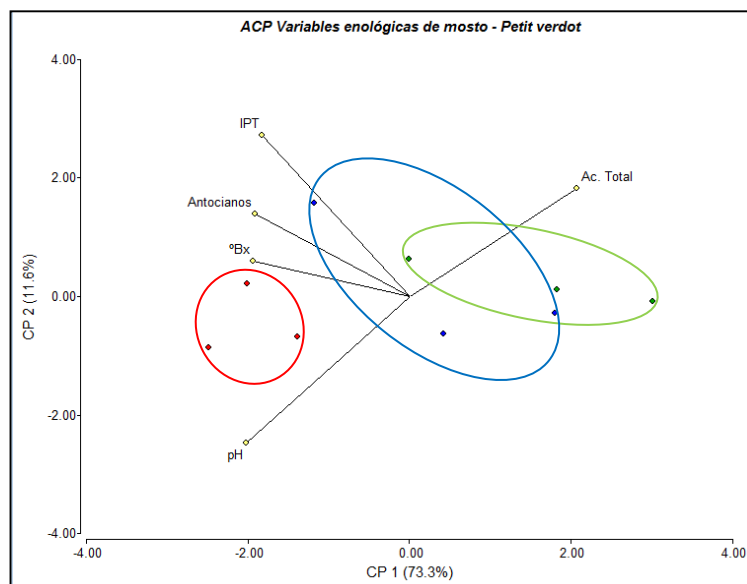


Figura 39. Análisis de componentes principales de variables enológicas de mosto en Petit Verdot, con los tres SC. Cada punto representa el valor medio de la variable en cada bloque. El color rojo representa las plantas conducidas en PM; el color verde representa las plantas conducidas en PRP y el color azul representa las plantas conducidas en VSP. Las elipses agrupan las plantas correspondientes a cada tratamiento. NFA; Ac. Total: acidez total; pH: pH; Antocianos: concentración de antocianos; IPT: índice de polifenoles total.

Figure 39. Principal component analysis of must enological variables in Petit Verdot, for the three TS. Each point represents the mean value of the variable in each block. Red, green and blue refer to plants conducted in MP, PP and VSP, respectively. The ellipses group plants corresponding to each treatment; Ac. Total: total acidity; pH: pH; Antocianinos: anthocyanin concentration; IPT: total polyphenol index

## 6. DISCUSSION

### 6.1. Variables vegetativas

#### 6.1.1. Superficie foliar total

Los resultados obtenidos en la SFT coinciden con las experiencias de Intrieri *et al.*, (2001) en las cuales se observó en viñedos Sangiovese conducidos en PM, un efecto devigorizante debido al elevado número de brotes por planta y un incremento del 90% de la SFT del PM con respecto al VSP. Sin embargo esto no debe tomarse como regla general para aquel SC, ya que hay otros trabajos que muestran una relación similar de la SFT entre ambos SC o inclusive menor, con respecto al VSP (Intrieri *et al.*, 2001). Por su parte, Van Schalkwyk y Archer (2007) encontraron en ensayos de PM en Cabernet Sauvignon, que las plantas desarrollaban una mayor cantidad de brotes con respecto al VSP, pero de menor

longitud. Comparaciones de la SFT entre PM y VSP en uvas Concord realizado por Lakso (1999), no arrojaron diferencias significativas entre los valores para ambos SC.

El desarrollo temprano de la canopia en PM coincide con las experiencias de Lakso (1999) e Intrieri *et al.*, (2001). La explicación de este fenómeno podría radicar en el hecho de que las plantas conducidas en PM, conservan una mayor cantidad de sarmientos como consecuencia de la no intervención invernal. Por lo tanto las plantas cuentan con una mayor cantidad de sustancias de reserva para el inicio de la próxima brotación, permitiendo el desarrollo vegetativo temprano en el ciclo.

Este comportamiento se puede observar en plantas conducidas en PM y en SC con podas mecanizadas en Hedging, cuyas estructuras vegetativas logran desarrollarse más temprano en la temporada con respecto a plantas podadas en forma tradicional (Clingeffer, 1984).

#### 6.1.2. Equilibrio vegetativo/productivo

Diversos autores han propuesto rangos de valores según las condiciones impuestas por el terreno; el objetivo es garantizar una correcta maduración de las bayas:  $0.7 - 1.5 \text{ m}^2 \text{ Kg}^{-1}$  (Dokoozlian y Kliewer, 1995);  $1.5 - 2 \text{ m}^2 \text{ Kg}^{-1}$  (Bonnisseau y Dufourcq, 2005);  $1,4 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$  para sistemas de conducción VSP y  $1.5 \text{ m}^2 \text{ Kg}^{-1}$  para sistemas de conducción con canopias abiertas (V-trellis) (Kliewer y Dokoozlian, 2005).

En la variedad Marselan, el sistema de conducción en PRP presentó valores dentro de los límites propuestos por la bibliografía; los otros tratamientos (PM y VSP) presentaron valores superiores. La variedad Petit Verdot presentó valores de equilibrio adecuados en los tres sistemas de conducción; esto permite suponer que el aumento de SFT estuvo acompañado de un incremento en la producción.

En plantas de la variedad Viognier y Petit Verdot conducidas en PM y PRP, se propone que una reducción de la relación entre el área foliar y el rendimiento, ya sea producto de un incremento en la cantidad de racimos por planta o una disminución en el área foliar, puede resultar en una merma del grado de madurez de las bayas en términos de sólidos solubles a la cosecha (Edson *et al.*, 1993; Miller *et al.*, 1993), debido a que la estructura vegetativa no puede afrontar el proceso de maduración de la carga de la planta.

### 6.1.3. Eficiencia de intercepción de luz

Los elevados valores de la SFT de PM no se correspondieron con una mayor EIL para el SC. En ensayos realizados por Intrieri *et al.*, (2001) se pudo observar en plantas Sangiovese conducidas en PM, que el máximo porcentaje de intercepción de luz lo alcanzaban cuando las plantas habían desarrollado solamente el 50% de la SFT final; el porcentaje restante no se correspondió con un aumento en la EIL.

Esto sugiere que en los SC en PM la planta logra un desarrollo temprano de la canopia; antes de llegar al valor final de SFT la planta ha alcanzado su máximo valor de EIL. El resto de la masa foliar se desarrolla en el interior de la canopia.

### 6.1.4. Point Quadrat

Los resultados obtenidos con la técnica del PQ, no se corresponden con las otras variables vegetativas medidas ni con lo que pudo observarse a campo, ya que efectivamente el tratamiento PM resulta en una alta exposición de los racimos en la periferia de la canopia, a diferencia del VSP cuya disposición foliar protege los racimos en su interior.

En Viognier se observó el mayor porcentaje de racimos expuestos en PM; este resultado se correspondió con los daños físicos causados por la radiación solar de los racimos; ello resulta particularmente perjudicial en las variedades blancas, ya que estos daños tienen un impacto negativo en los estándares de calidad de los vinos.

Estas incoherencias entre los resultados sugieren *a priori* que la metodología del PQ con el protocolo desarrollado para los SC en VSP y PRP, no se adecúa a las características del SC en PM; esto se debe principalmente a la disposición aleatoria de los racimos en la periferia de la canopia.

## 6.2. Variables eco-fisiológicas

### 6.2.1. Potencial foliar hídrico

La mayor demanda hídrica de las plantas conducidas en PM es una consecuencia del incremento de la SFT. Los resultados obtenidos en las mediciones del potencial foliar en pre-amanecer, coinciden con las experiencias realizadas por Ferrer *et al.*, (2008) en las cuales observaron que la arquitectura de la planta (dimensión y disposición de la superficie foliar), modifica el estado hídrico de la misma expresado como potencial foliar de base, según el estado fenológico. Los autores proponen esta respuesta diferencial como una



alternativa para aquellas zonas productivas en las cuales se registran elevados niveles de precipitaciones durante la maduración de la uva.

Esta diferencia demuestra una influencia del SC sobre el estado hídrico de las plantas, posiblemente como consecuencia del grado de exposición de la canopia o la mayor altura del tronco. Es decir que para un mismo volumen de agua aportado a la planta y bajo las mismas condiciones de DPV atmosférico, cuanto mayor sea el grado de exposición de la canopia, mayor será la cantidad de agua que se pierde por transpiración y por consiguiente, mayor será la demanda hídrica por parte de la planta.

### 6.2.2. Microclima

Los valores de temperatura y humedad registrados con los captadores, se corresponden con el contraste de los resultados de la SFT de los tratamientos y la EIL. Si bien existió una diferencia entre los valores de SFT entre los tratamientos, la superficie foliar expuesta determinada a partir de la foto hemisférica no presentó las mismas diferencias. En este sentido pudo observarse que diferencias entre la SFT entre los SC, no necesariamente conducen a diferencias en parámetros microclimáticos en la zona próxima a los racimos.

### 6.2.3. Intercambio gaseoso

Los resultados obtenidos muestran que el intercambio gaseoso de plantas conducidas en PM, muestran valores bajos respecto a PRP y VSP; esto es consecuencia del mayor nivel de estrés hídrico, lo que resulta en el cierre estomático.

Teóricamente en ciertas condiciones y a niveles de luz próximos a la saturación, la capa de hojas exteriores de una canopia completamente desarrollada de plantas conducidas en PM y VSP, presentan similares tasas de intercambio gaseoso. Sin embargo, ya que la estructura de la canopia puede modificar la posición de la hoja y el microclima circundante, el balance de fotoasimilados entre ambos sistemas puede ser bastante diferente (Ross, 1981). Ensayos comparativos de ambos sistemas de conducción realizados en Riesling, demostraron que las plantas conducidas en PM, presentaban mayores tasas de ganancia de fotoasimilados que aquellas conducidas en VSP, aunque la mayor parte de esta energía era invertida en la formación de los racimos, mientras que la acumulación de azúcares de los mismos era menor (Weynad y Schultz, 2006). Ensayos realizados en plantas de variedad Verdejo conducidas en VSP sometidas a diferentes

regímenes hídricos, mostraron estrecha relación entre potencial hídrico, conductancia estomática y fotosíntesis neta (Yuste y Vicente, 2014).

#### 6.2.4. Fotosíntesis neta

La fotosíntesis neta de plantas conducidas en PM presentó bajos valores respecto a PRP y VSP. Esto es una consecuencia del cierre estomático de las hojas de plantas con elevado estrés hídrico, ya que este mecanismo es uno de los principales factores que regula el proceso de fotosíntesis. Esta disminución de Pn no tuvo consecuencias en la acumulación de sólidos solubles en las bayas, ya que las plantas alcanzaron la madurez de cosecha. Tampoco se observó una reducción significativa de la concentración de polifenoles totales en la baya.

Los resultados obtenidos no coinciden con los antecedentes respecto a ensayos realizados sobre plantas conducidas en PM, en los cuales se encontraron valores similares de asimilación de CO<sub>2</sub>, en comparación con VSP (Intrieri *et al.*, 2001; Downton y Grant, 1992; Sommer y Clingeffer, 1993 y Lakso *et al.*, 1996). Tampoco coinciden con la experiencia de Lakso (1999), la cual expresa que la fotosíntesis de hojas maduras y expuestas, fue la misma en plantas conducidas en PM y VSP; el autor sugiere en su trabajo que la fotosíntesis de plantas conducidas en PM en los días previos a la floración registraría valores máximos.

Tarara *et al.*, (2004) encontraron una disminución superior al 50% de la fotosíntesis en plantas sometidas a estrés hídrico. Esto se correspondería con las diferencias observadas en las lecturas del potencial hídrico foliar, entre los tratamientos.

Es decir que en los casos en los cuales el SC tenga un efecto negativo sobre el estado hídrico de la planta, la Pn se verá reducida debido al cierre estomático que desencadena el proceso de estrés hídrico.

#### 6.2.5. Conductancia estomática

De acuerdo a los resultados obtenidos por Cifre *et al.*, (2005), la conductancia estomática es un buen indicador del estado hídrico de la planta. El autor sugiere aplicar una dosis de riego, cuando el valor de conductancia estomática se encuentra por debajo del umbral 0.05-0.15  $\mu\text{mol CO}_2\text{pl}^{-1}\text{s}^{-1}$ .

Por otro lado, Flexas *et al.*, (2002) observó que la fotosíntesis neta de la planta está más relacionada con la conductancia estomática, que con cualquier otro parámetro de medición del potencial hídrico. En el presente trabajo pudo observarse cierta correspondencia entre la lectura de la fotosíntesis neta en las tres variedades, con sus respectivos valores de conductancia estomática.

Medrano *et al.*, (2002) sugieren que el estado hídrico de la hoja interactúa con la conductancia estomática y la transpiración; bajo condiciones de estrés hídrico existe una buena correlación entre potencial hídrico foliar y conductancia estomática. Remarca también que la conductancia estomática responde a factores externos (disponibilidad de agua en el suelo, DPV) e internos (ABA, conductividad xilemática, estado hídrico de la hoja) relacionados al déficit hídrico, y por ello representa un parámetro que integra una mayor información sobre aquél, que el potencial hídrico foliar.

En nuestro ensayo se pudo observar una correspondencia entre la lectura del potencial hídrico foliar y el valor de la  $g_s$ , para las variedades Petit Verdot y Marselan; no fue el caso del Viognier, en el cual a pesar de haberse registrado una diferencia en el estado hídrico entre los SC, no se correspondió con la lectura de  $g_s$ .

En Marselan se observaron valores de  $g_s$  que indicaban un marcado cierre estomático (Medrano *et al.*, 2002), en coincidencia con los bajos valores de potencial hídrico de preamanecer observados en esas fechas en esta variedad. Asimismo, este cierre estomático explica las menores tasas de  $P_n$  observadas en esta variedad.

#### 6.2.6. Transpiración y eficiencia del uso de agua intrínseca

Calo *et al.*, (1999) sugieren en un ensayo realizado sobre SC vertical ascendentes y descendentes, que existe una diferencia entre el flujo de transpiración entre ambos sistemas (en ausencia de estrés hídrico), debido a las diferencias entre la magnitud de la intercepción de luz por parte de la canopia. En el presente ensayo sólo se pudo observar cierta correspondencia entre las variables transpiración y  $E_{UAi}$ , en Petit Verdot.

La  $E_{UAi}$  comprendida como la cantidad de agua que la planta debe eliminar por proceso de transpiración para incorporar una cierta cantidad de  $CO_2$ , nos muestra que el Marselan es el más eficiente, seguido por el Viognier y por último el Petit Verdot. Dentro de las variedades Marselan y Viognier, se observan que los SC en VSP y PRP son los más eficientes.

En promedio para todos los cultivares, cuando el potencial foliar de base en pre-amanecer disminuye de -0.2 Mpa a -0.4 Mpa, se registran disminuciones de la fotosíntesis neta máxima y la conductancia estomática máxima, del orden del 17% y 40% respectivamente. Esto conduce a un incremento del uso del agua intrínseco de la planta, hasta el límite en el cual la lectura de potencial foliar alcanza valores próximos a -0.6 Mpa. Luego a medida que se registra una disminución en los mismos, se verifica una correspondiente disminución en la EUAi de la planta (Prieto *et al.*, 2010). En general se puede decir que variedades del tipo isohídricas presentan valores superiores de la EUAi que las anisohídricas, bajo condiciones de déficit hídrico (Schultz, 1996).

La relación entre  $g_s$  y la EUAi, nos permite definir el valor de  $g_s$  que posibilite un valor mayor de la EUAi (Medrano *et al.*, 2007).

### 6.3. Componentes del rendimiento

Los resultados obtenidos con respecto a la disminución del tamaño, peso de la baya y número de bayas por racimo, muestran un mecanismo de las plantas conducidas en PM para regular el rendimiento; esto origina como resultado racimos menos compactos disminuyendo así, la probabilidad de ocurrencia de enfermedades criptogámicas ante condiciones favorables para el desarrollo de las mismas.

En el caso de Viognier las yemas basales dejadas en la poda invernal en el SC en PRP, no permitieron el desarrollo de una gran cantidad de racimos, debido probablemente a la baja fertilidad basal de sus yemas. Sin embargo, el Marselan desarrolló una mayor cantidad de racimos en el PRP con respecto al VSP, como respuesta a una mayor fertilidad de sus yemas basales.

En general, los resultados obtenidos a partir de ensayos comparativos entre poda manual y poda mínima, arrojaron valores de aumentos de: rendimiento, número de racimos por planta y de brotes por planta, a favor del PM (Clingeffer y Possingham, 1987; McCarthy y Cirami, 1990; Clingeffer, 1993).

### 6.4. Variables cualitativas

#### 6.4.1. Madurez

A diferencia de los resultados obtenidos por Zheng *et al.*, no se observó un retraso en la madurez de plantas conducidas en PM respecto a VSP (Zheng *et al.*, 2016).

Los resultados obtenidos muestran que, a pesar de las diferencias entre la relación SFT y la producción entre los SC y los valores fuera del rango aconsejado por la bibliografía (Dokoozlian y Kliewer, 1995; Bonnisseau y Dufourcq, 2005; Kliewer y Dokoozlian, 2005), las variedades Petit Verdot y Marselan pudieron alcanzar sin inconvenientes el nivel de madurez adecuado. Los tratamientos PM y PRP de la variedad Viognier no alcanzaron los valores de madurez esperados.

Lakso (1999) encontró valores de concentración de sólidos solubles alrededor de 1.5° Bx menores que en el mosto obtenido a partir de racimos cosechados de plantas conducidas en PM, con respecto a VSP. Van Schalkwyk y Archer (2007) observaron durante algunas temporadas de su ensayo (2003 y 2004), que las bayas pertenecientes a los tratamientos de PM no alcanzaban la madurez necesaria de 23°BX - 24 °Bx, debido a los altos rendimientos.

#### 6.4.2. pH

Los resultados de pH y acidez total no coinciden con el trabajo de Intrieri *et al.* (2001), los cuales sostienen que los racimos pertenecientes a las plantas conducidas en PM, al encontrarse dispuestos en el exterior de la canopia reciben una mayor radiación solar lo cual eleva la temperatura de las bayas, acelerando la degradación metabólica del ácido málico. Por su parte, Van Schalkwyk y Archer (2007) obtuvieron valores de acidez mayor en las bayas pertenecientes a los SC en VSP, con respecto al PM, atribuido en parte a los grandes niveles de sombreado en la zona de los racimos. Ojeda *et al.* (2009) observaron que bayas y mostos de diferentes variedades conducidas en PM, alcanzaban los valores más bajos de pH y concentración de K<sup>+</sup>, con respecto a los tratamientos VSP. Vanden Heuvel *et al.*, (2004) ensayaron 5 sistemas de conducción sobre variedades Chardonnay y Cabernet Franc y observaron que los SC con menor carga presentaban bayas con mayor grado azucarino: mientras que ni el pH ni la acidez se modificaban por el SC o por la carga.

#### 6.4.3. Daños físicos en la uva. Viognier

El mayor grado de exposición de los racimos en PM ocasionó quemaduras en las bayas (aunque esta situación no se pudo ver correspondida con la variable racimos expuestos, resultado del análisis realizado con el PQ).

Los daños físicos manifestados por la sobre exposición de las bayas, coinciden con las experiencias de Greer y La Borde (2006) sobre un viñedo Chardonnay; en ellas se pudo constatar daños moderados a severos en racimos expuestos de hasta un 20% y del orden del 50% de bayas dañadas, en el caso de racimos sintomáticos. Van Schalkwyk y Archer (2007) encontraron que las bayas pertenecientes a plantas conducidas en PM, estaban más expuestas a la radiación solar directa y como consecuencia, presentaban mayores daños por quemaduras y lesiones físicas, con respecto a VSP, en el cual las bayas se encontraban protegidas por la canopia dispuesta en sentido vertical.

#### 6.4.4. Antocianos e IPT – Marselan y Petit Verdot

Los resultados obtenidos no coinciden con los de Van Schalkwyk y Archer (2007), los cuales sugieren que las bayas pertenecientes a los tratamientos de poda mecanizada y poda mínima, presentan mayor concentración de antocianos en hollejo y en el vino con respecto al VSP, en parte debido al mayor grado de penetración de la luz solar en la zona de los racimos. Reynolds y Wardle (1993), sugieren una disminución de la calidad del vino obtenida a partir de viñedos podados mecánicamente, como consecuencia de una disminución en la concentración de antocianos. Ensayos realizados sobre la calidad de la uva en variedad Tempranillo podada mecánicamente, no presentaron diferencias significativas en concentración de antocianos e IPT respecto a las plantas podadas manualmente (Benitez Guerrero 2015).

Ensayos realizados en plantas de variedad Tempranillo conducidas en PM en La Rioja, España, presentaron un incremento en la concentración de antocianos en las bayas. Sin embargo este resultado se le atribuyó a la disminución del tamaño de las bayas y no a un aumento en la concentración de antocianos resultado del metabolismo secundario (aún con mayor exposición de racimos) (Zheng *et al.*, 2016).

Ensayos realizados en plantas de Syrah en España conducidas en Sprawl, mostraron que el incremento de carga del SC en condiciones de clima semiárido en los cuales la radiación no es un factor limitante, el incremento de carga no debe suponer una disminución en la calidad de la uva producida siempre que existan agua y nutrientes disponibles (De La Fuente Lloreda *et al.*, 2010).

En el presente ensayo, las diferencias en las variables polifenólicas no se correspondieron necesariamente con diferencias en parámetros microclimáticos de los racimos, al contrario

de lo que sugiere la bibliografía (Kliwer, 1977; Smart, 1985; Howell *et al.*, 1991; Spayd *et al.*, 2002). En este sentido, las diferencias entre los valores de IPT y antocianos de ambas variedades podrían deberse a particularidades genotípicas, además, respuesta fisiológica de la planta al SC, entre otras.

## 7. CONSIDERACIONES SOBRE LAS HIPOTESIS

Los sistemas de conducción en PM y PRP permitieron mantener un equilibrio entre variables vegetativas y productivas de la planta, sin perder la calidad enológica de la uva. Se acepta la hipótesis general.

En las condiciones del ensayo, no recomendaríamos utilizar la variedad Viognier conducida en PRP para elevadas producciones de fruta.

Los sistemas de conducción en PM presentaron un mayor estrés hídrico en las tres variedades ensayadas; esto hace necesario contemplar la instalación de sistemas de riego localizado, en la construcción del viñedo.

Los resultados del ensayo mostraron que la variedad Marselan conducida en PM fue la mejor equilibrada en cuanto a la relación hoja/fruta. Por otro lado, para producciones destinadas a vinos de calidad Premium, el ensayo muestra que el sistema de conducción en VSP permitió alcanzar una mayor concentración de polifenoles en las bayas.

La variedad Viognier conducida en PM, presentó daños físicos en el hollejo ocasionados por la sobre exposición solar. Por lo tanto, no sería recomendable este SC para viñedos destinados a la producción de vinos blancos Premium.

El aumento de producción de la variedad Petit Verdot conducida en PM, estuvo acompañada de un aumento en la concentración de polifenoles. Por lo tanto, en las condiciones del ensayo se recomendaría elegir el sistema de conducción en PM en Petit Verdot, para viñedos con altas producciones sin perder la calidad enológica.

7.1. Los SC en PM y PRP producen mayor desarrollo vegetativo expresado por la superficie foliar total, lo cual genera una mayor intercepción de la radiación solar y un mayor consumo hídrico, que se traduce en menores valores de potencial hídrico.

Las plantas conducidas en poda mínima presentaron una mayor superficie foliar total; sin embargo este aumento no se observó en la eficiencia de intercepción de luz. El aumento de la superficie foliar de las plantas causó un aumento en la integral de estrés hídrico. El sistema de conducción en PRP registró una menor superficie foliar total que el PM, ya que en este SC tuvo influencia directa el grado de fertilidad de las yemas basales. Esta diferencia también se observó en el menor valor de la integral de estrés hídrico.

7.2. Las plantas conducidas en PM y PRP presentan mayores consumos de agua durante el ciclo vegetativo. Esto disminuye la eficiencia en el uso de agua intrínseca y genera estrés hídrico que disminuye el intercambio gaseoso, expresado por la fotosíntesis neta, conductancia estomática y transpiración.

El sistema de conducción tuvo una influencia directa en las variables ecofisiológicas. El estrés hídrico generado por la mayor demanda de agua de las plantas conducidas en PM, produjo una disminución en el intercambio gaseoso. Este comportamiento quedó de manifiesto en la disminución de la conductancia estomática en la variedad Petit Verdot en la cual se observaron diferencias significativas entre tratamientos y en la fotosíntesis neta de las plantas conducidas en PM y PRP. Sin embargo no se observaron diferencias significativas en la transpiración en las tres variedades ensayadas.

Las plantas conducidas en PM y PRP presentan mayores consumos de agua durante el ciclo vegetativo. Esto disminuye la eficiencia en el uso de agua intrínseca y genera estrés hídrico que disminuye el intercambio gaseoso, expresado por la fotosíntesis neta, conductancia estomática y transpiración.

7.3. Las plantas conducidas en PM desarrollan mayor cantidad de racimos por planta y de menor peso lo que ocasiona un retraso en la maduración, respecto a plantas conducidas en PRP y VSP.

Las plantas conducidas en PM desarrollaron un mayor número de racimos respecto a PRP y VSP, con bayas de menor tamaño y peso.

El incremento en la producción de plantas conducidas en PM no ocasionó retraso en la maduración respecto a VSP y PRP.



7.4. Los racimos de las plantas conducidas en PM presentan una mayor sobre exposición a la radiación solar que modifica significativamente el microclima de los racimos y las características físico-química del mosto.

El PM dejó en evidencia una mayor exposición de los racimos con respecto al PRP y VSP.

La falta de protección de los racimos por parte de la canopia, se puso de manifiesto a partir de daños físicos sobre el hollejo de las bayas de la variedad Viognier.

Las plantas de Marselan conducidas en PM presentaron una menor concentración de polifenoles respecto a PRP y VSP.

Las plantas de la variedad Petit Verdot conducidas en PM presentaron una mayor concentración de compuestos polifenólicos respecto a PRP y VSP.

## 8. BIBLIOGRAFIA

BAEZA, P.; BARTOLOME, M.C.; SOTES, V.; RUIZ, C.; LISSARRAGUE, J.R. 1999. Diferencias en la superficie foliar de cuatro sistemas de conducción de la vid y sus consecuencias en el desarrollo y la producción. *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.* Vol. 14 (1-2), 173-190.

BAEZA, P. 1994. Caracterización ecofisiológica y evaluación agronómica de diferentes sistemas de conducción del viñedo (*Vitis vinifera* L.) en regadío. Tesis doctoral del Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia. Universidad Politécnica de Madrid. 220 p.

BALDINI, E.; INTRIERI, C. y MARANGONI, B. 1976. Potatura meccanica: una nuova prospettiva per la viticoltura. *Informatore Agrario*, 31.

BENITEZ GUERRERO, A. 2015. Influencia de la poda mecanizada sobre la producción y calidad de un viñedo (cv. Tempranillo) en Lobón. Badajoz. Tesis doctoral. Universidad de Extremadura. 151 pp.

BERGQVIST, J.; DOKOOZLIAN, N.; EBISUDA, N. 2001. Sunlight exposure and temperature effects on berry growth and composition of Cabernet Sauvignon and Grenache in the Central San Joaquin Valley of California. *Am. J Enol. Vitic.* Vol 52. 1-7.

BRANAS, J. 1974. *Viticulture*. Dehan, Montpellier, Francia. 996 pp.

BRANAS, J.; BERNON, G.; LEVADOUX, L. 1946. *Elements de Viticulture Generale*. Ed. *Delmas*. Bordeaux, France. 400 pp.

BRAVDO, B.; HEPNER, Y.; LOINGER, C.; COHEN, S.; TABACMAN, H. 1985. Effect of irrigation and crop level on growth, yield and wine quality of Cabernet Sauvignon. *Am. J. Enol. Vitic.* Vol 36. 132-139.

BRENON, E. ; BERNARD, N. ; ZEBIC, O. ; DELOIRE, A. 2005 Maturité du raisin: Proposition d'une méthode utilisant le volume des baies comme indicateur. *Rev. des Oenologues*. Vol.117: 52-54.

CALO, A.; GIORGESSI, F.; SANSONE, L.; TOMASI, D.; ZERBI, G. 1999. Recherches sur le rapport entre le flux de seve, la transpiration et la vigueur dans la vigne selon le mode de conduite. *Vitis* Vol 38, N° 1. 7-13.

CANDOLFI-VASCONCELOS, MC.; CASTAGNOLI, S. 2000. Leaf canopy structure and vine performance. *Am.J.Enol. Vitic.* Vol 51. 390-396.

CARBONNEAU, A.; OJEDA, H. 2006. Le GESCO sur le terrain : la Taille Rase de Précision – TRP sur cordon selon Patrick Henry. *Progrès Agric. et Vitic.* 123. N°21.

CARBONNEAU, A. 2008. La taille minimale est-elle une solution face aux maladies de la souche?. *Progrès Agric. et Vitic.* 19, 1-2.

CARBONNEAU, A. 1995. La surface foliaire exposée potentielle. Guide pour sa mesure. *Progrès Agricole et Viticole* Vol 9. N°112. 204-212.

- CARBONNEAU, A. ; DUMARTIN, P y SEVILLA, F. 1979. Etude de la faisabilité de la mecanisation de la taille de la vigne en France. *Progrès Agric. et Vitic.* 18.
- CARBONNEAU, A. 1980. Recherche sur les systèmes de conduite de la vigne. Essai de maîtrise du microclimat et de la plante entière pour produire économiquement du raisin de qualité. Thèse PhD. Université de Bordeaux II. Pont de la Maye: 240 pp.
- CARBONNEAU, A. 1987. Stress modérés sur feuillage induits par le système de conduite et régulation photosynthétique de la vigne. 3ème Symposium International sur la Physiologie de la Vigne, Bordeaux, 24-27 Juin 1986. O.I.V. Edit. 378-385.
- CARBONNEAU, A. 1990. Mécanismes généraux de l'influence du système de conduite sur la qualité des vins. Intérêt qualitatif et économique des vignes en lyre: premières indications de leur comportement en situation de vigueur élevée. *Atti Accad. Ital. della Vite e del Vino*: 325-346.
- CARGNELLO, G. y LISA, L. 1982. Mechanical winter pruning of GDC trained vineyards. *Proceedings of the Grape and Wine Centennial Symposium.* 270-273. University of California Press. Davis.
- CASARES, J.M.; CASSINO, A.A. y LLORENTE, A.D. 1967. Hacia la motomecanización total del cultivo de la vid. *INTA. Boletín nº 16.* Rio Negro. Argentina.
- CHACON, JL.; MARTINEZ GASCUEÑA, J.M.; GARCÍA ROMERO, E. 2012. "Comportamiento estomático de diferentes variedades de vid cultivadas en Castilla-LA Mancha." *Instituto de la Vid y el Vino Castilla-La Mancha.* 1-16
- CHACON, J.L.; GARCIA, E.; MARTINEZ, J.; ROMERO, R. y GOMEZ, S. 2009. Impact of the vine water status on the berry and seed phenolic composition of 'Merlot' (*Vitis vinifera* L.) cultivated in a warm climate: Consequence for the style of wine. *Vitis* Vol 48 (Nº1), 7-9.
- CHAMPAGNOL, F. 1984. *Eléments de physiologie de la vigne et de viticulture générale.* Saint-Gely-du-Fresc. Montpellier. France.
- CLINGELEFFER, P.R. 1984. Production and growth of minimal pruned Sultana vines. *Vitis.* Vol 23. 42-54.
- CLINGELEFFER, P.R. 1996. Mechanisation of winegrape production in Australia. In *Proceedings for the first V.E. Petrucci Viticulture Symposium,* 39-48. California State University, Fresno.
- CLINGELEFFER, P.R. 1993. Vine response to modified pruning practices. *In Proceedings of the Second N.J. Shaulis Grape Symposium.* R.M. Pool (Ed.), pp 20-30. New York State Agricultural Experiment Station, Geneva.
- CLINGELEFFER, P.R.; POSSINGHAM, J.V. 1987. The role of minimal pruning of cordon trained vines (MPCT) in canopy management and its adoption in Australian viticulture. *Austr. Grape Grower Wine Maker.* 280. 7-11.

- COOMBE, B. 1995. Adoption of a system for identifying grapevine growth stages. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 1. 100-110.
- CORTELL, J.M.; SIVERTSEN, H.K.; KENNEDY, J.A.; HEYMANN, H. 2008. Influence of Vine Vigor on Pinot noir Fruit Composition, Wine Chemical Analysis, and Wine *Sensory* Attributes. *Am. J. Enol. Vitic.* Vol 59, N°1. 1-10.
- DE LA FUENTE LLOREDA, M.; SANCHEZ DE MIGUEL, P.; BAEZA, P. 2010. Relación entre la superficie foliar expuesta, el nivel de radiación interceptado y el rendimiento global de la planta. Grupo de Investigación en Viticultura. Universidad Politécnica de Madrid (UPM). 14 pp.
- DELOIRE, A.; CARBONNEAU, A.; WANG, Z.; OJEDA, H. 2004. Vine and water, a short review. *J. Int Sci. Vigne Vin.* Vol 38. N°1. 1-13.
- DOKOOZLIAN, N.; KLIEWER, W.M. 1995. The light environment within grapevines canopies I. Description and seasonal changes during fruit development. *Am.J.Enol. Vitic.* Vol 46. 209-218.
- DOWNTON, W.J.S.; GRANT, W.J.R. 1992. Photosynthetic physiology of spur pruned and minimal pruned grapevines. *Aust. J. Plant Physiol.* N°19: 309-316.
- DRY, P. R. 2000. Canopy management for fruitfulness. *Australian Journal of Grape and Wine Research.* Vol 6. 109-115.
- DRY, P. 2009. Bunch exposure management. Bunch Exposure Management Fact Sheet. University of Adelaide, Australia.
- FERRER, M.; GONZÁLEZ-NEVES, G.; PRIORE, E.; MONTAÑA, A.; CARBONNEAU, A. 2008. Los componentes del rendimiento, la expresión vegetativa, y los indicadores fisiológicos de *Vitis vinifera* L.cv Merlot en función de la arquitectura de la planta.” *Rev. Agrociencia.* Vol 7, N° 1. 6-19.
- FLEXAS, J.; BOTA, J.; ESCALONA, J.M.; SAMPOL, B. MEDRANO, H. 2002. Effects of drought on photosynthesis in grapevines under field conditions: an evaluation of stomatal and mesophyll limitations. *Funct. Plant. Biol.* Vol 29. 461-471.
- FRAZER, G.W.; CANHAM, C.D.; LETZMAN, K.P. 1999. Gap Light Analyzer (GLA), Version 2.0.: Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission Indices from true-color fisheye photographs, users manual and program documentation, version 2.0. Simon Fraser University and the Institute of Ecosystem Studies, Burnaby, British Columbia, and the Institute of Ecosystem Studies Canada, and Millbrook, New York, USA.
- GABRIEL, K.R. 1971. The Biplot Graphic Display of Matrices with Application to Principal Component Analysis. *Biometrika*, Vol 58. 453-467.
- GIL, M.; PONTIN, M.; BERLI, F.; BOTTINI, R.; PICCOLI, P. 2012. Metabolism of terpenes in the response of grape (*Vitis vinifera* L.) leaf tissues to UV-B radiation. *Phytochemistry* Vol 77. 89-98.

- GLADSTONE, E. A. y DOKOOZLIAN, N. K. 2003. Influence of leaf área density and training/trellis system on the microclimate within grapevine canopies. *Vitis* Vol 42. 123-131.
- GONZÁLEZ-NEVES, G.; FERRER, M.; GIL, G. 2012. Differentiation of Tannat, Cabernet Sauvignon and Merlot grapes from Uruguay according to their general composition and polyphenolic potential. *Comunicata Scientiae* Vol 3, N°1. 41-49.
- GONZALEZ-NEVES, G.; BALADO, J.; BARREIRO, L.; BOCHICCHIO, R.; GATTO, G.; GIL, G.; TESSORE, A.; FERRER, M. 2003. Efecto de algunas prácticas de manejo del viñedo y de la vinificación en la composición fenólica y el color de los vinos tintos. X Congresso Brasileiro de Viticultura e Enología. 3 al 5 de diciembre 2003. Brasil.
- GREER, D.H.; LA BORDE, D. 2006. Sunburn of grapes affects wine quality. *The Australian & New Zealand Grapegrower & Winemaker* pp 21-23.
- HASELGROVE, L.; BOTTING, D.; VAN HEESWIJCK, R.; HOJ, P. B.; DRY, P. R.; FORD, C; LLAND P. G. 2000. Canopy microclimate and Berry composition: The effect of sun exposure on phenolic composition of *Vitis vinífera* L. cv; *Shiraz* grape berries. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. Vol 6. 141-149.
- HIDALGO, L. 2003. Poda de la vid. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 281 pp.
- HOWELL, G.S. 1990. What is balanced pruning and why should wine grape growers care about it? *Vintner Vineyard*. Vol 4, N°1. 3-11.
- HOWELL, G.S.; MILLER, D.P.; EDSON, C.E.; STRIEGLER, R.K. 1991. Influence of training system and pruning severity on yield, vine size, and fruit composition of Vignoles grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.* Vol 42. N°3. 191-198.
- HUNTER, J. J.; VISSER, J.H. 1989. The effect of partial defoliation, leaf position and developmental stage of the vine on the photosynthetic activity of *Vitis vinífera* L. cv. Cabernet Sauvignon. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* Vol 10: 67:73.
- INTRIERI, C.; PONI, S.; LIA, G.; GOMEZ DEL CAMPO, M. 2001. Vine performance and vine physiology of conventionally and minimally pruned Sangiovese grapevine. *Vitis*. Vol 40. 123-130.
- JACKSON, D. I.; LOMBARD, P. B. 1993. Enviromental and management practices affecting grape composition and wine quality: A review. *Am. J. Enol. Vitic.* Vol 44. 409-430.
- JONCKHEERE, I.; FLECK, S.; NACKAERTS, K.; MUYS, B.; COPPIN, P.; WEISS, M.; y BARET, F. 2004. Review of methods for in situ leaf area index determination Part I. Theories, sensors and hemispherical photography.” *Agric. For. Meteorol.*, 121. 19-35.
- KELLER, M. 2010. *The Sciences of grapevines: Anatomy and Physiology*. Ed. Elsevier. San Diego, Ca. USA. 400 pp.
- KELLER, M. 2005. Deficit irrigation and vine mineral nutrition. *Am. J. Enol. Vitic.* Vol 56. 267-283.

- KLIEWER, W. M. 2005. Leaf Area/Crop Weight ratios of grapevines: Influence on fruit composition and Wine Quality. *Am. J. Enol. Vitic.* Vol 56, N°2. 170-81.
- KOBLET, W. 1975. Wanderung von Assimilate aus Verschiedenen Rebenblättern während der Reifephase der Trauben. *Die Wein-Wissenschaft* N°30. 241-249.
- KURTURAL, S.K.; DAMI, I.E.; TAYLOR, B.H. (2006). Utilizing GIS technologies in selection of suitable vineyard sites. *Intl. J. Fruit Sci.* Vol 6. 87–107.
- LAKSO, A.N. 1999. Physiology of minimal versus normal pruning of Concord grapes. *Proc. Mich. State Hort. Soc.* 128:138-141.
- LAKSO, A.N.; DENNING, S.S.; DUNST, R.; FENDINGER, A.; POOL, R.M. 1996. Comparison of growth and gas exchange of conventionally and minimally pruned Concord grapevines. In: T. Henick-Kling, T.E. Wolf, E.M. Harkness (Eds.): *Proc. Fourth Int. Symp. Coll. Climate Enology and Viticulture. IV* 11-12. Rochester, New York, USA.
- LOUARN, G.; CHEZE, C.; JACQUET, O.; BOUTIN, F.; LECOEUR, J.; LEBON, E. 2005. Estimation of light interception efficiency of a vineyard with hemispherical photographs. *Proceedings of the XIVth International GiESCO Congress, Geisenheim, Germany* pp. 231- 235.
- MABROUK, H. y CARBONNEAU, A. 1996. A simple method for determination of grapevine *Vitis vinifera* L. leaf area. *Progrès Agric. Et Vitic.* 113, N° 18.
- MAY, P. y CLINGELEFFER, P.R. 1977. Mechanical Pruning of Grapevines. *Austral. WineBrew. Spirit. Rev.* 96 (11) 36-38.
- McCARTHY, M.G.; CIRAMI, R.M. 1990. Minimal pruning effects on the performance of selections of four *Vitis vinifera* cultivars. *Vitis*. Vol 29. 85 – 96.
- MEDRANO, H.; ESCALONA, J.M.; BOTA, J.; GUILAS, J.; FLEXAS, J. 2002. Regulation of photosynthesis of C3 plants in response to progressive drought: stomatal conductance as a reference parameter. *Annals of Botany.* N° 89: 895-905.
- MILLAR, A.A. 1972. Thermal regime of grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.* Vol 23. 173-176.
- MONTALESCOT, J-B. 2008. Les Dernières innovations en équipements viti-vinicoles au SITEVI 2007. Académie d'Agriculture de France. Séance du 16 janvier 2008.
- MORRIS, J.R. y CAWTHON, D.L. 1981. Yield and quality response of Concord grapes (*Vitis labrusca* L.) to mechanized vine pruning. *Am. J. Enol. Vitic.* 32, 280-282.
- MYERS, B.J. 1988. Water stress integral – a link between short-term stress and long-term growth. *Tree Physiology.* Vol 4. 315-323.
- OJEDA, H. 1999. Influence de la contrainte hydrique sur la croissance du péricarpe et sur l'évolution des phénols des baies de raisin (*Vitis vinifera* L.) cv. Syrah. Tesis doctoral de la Escuela Nacional Superior Agronómica de Montpellier, 159 p.
- ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE LA VIÑA Y EL VINO. Resolución OIV/VITI 333/2010. 1 pp

- ORTEGA-FARIAS, S.; SALAZAR MEJIAS, R.; MORENO SIMUNOVIC, Y. 2007. Efecto de distintos niveles de poda y reposición hídrica sobre el crecimiento vegetativo, rendimiento y composición de bayas en vides cv Cabernet Sauvignon. *Agr. Tecnica*. Vol 67, N° 4. 401-413.
- PATAKAS, A.; NOITSAKIS, B.; STAVRAKAS, D. 1997. Adaptation of leaves of *vitis vinifera* L. to seasonal drought as affected by leaf age. *Vitis*, Vol 36 N°1. 11-14.
- PETRIE P.E.; CLINGELEFFER, P.R. 2006. Crop thinning (hand versus mechanical), grape maturity and anthocyanin concentration: outcomes from irrigated Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) in a warm climate.” *Aus. J. Grape Wine Res.* Vol 12. 21-29.
- PONI, S.; MAGNANINI, E.; BERNIZZONI, F. 2003. Degree of correlation between total light interception and whole-canopy net CO<sub>2</sub> exchange rate in two grapevine growth systems. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. Vol 9. 2-11.
- POSSINGHAM, J.V. 1996. Factors affecting the quality of wine from minimally pruned grapevines. *Acta hortic.* Vol 427: 387-393.
- PRIETO, J.A.; LEBON, E.; OJEDA, H. 2010. Stomatal behavior of different grapevine cultivars in response to soil water status and air water vapor pressure deficit. *J. Int. Sci. Vigne Vin*. Vol 44, N°1. 9 – 20.
- RICHY, D.; SAVIO, T.; BÉRUD, F. y JACKET, O. 2010. Taille rase de précision. *Chambre d’Agriculture*. [en línea] [Consulta 18 de Julio de 2012] [www.chambres-agriculture.fr](http://www.chambres-agriculture.fr).
- REYNIER, A. 1989. *Manual de Viticultura*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 377 pp.
- REYNOLDS, A.G. 1988. Response of Okanagan Riesling vines to training system and simulated mechanical pruning. *Am. J. Enol. Vitic.* 39, 205-212.
- REYNOLDS, A.G.; WARDLE, D.A. 1993. Yield component path analysis of Okanagan Riesling vines conventionally pruned or subjected to simulated mechanical pruning. *Am. J. Enol. Vitic.* Vol 44. 173-179.
- REYNOLDS, A. G. y VENDEN HEUVEL, J. E. 2009. Influence of grapevine training systems on vine growth and fruit composition: a review. *Am. J. Enol. Vitic.* Vol 60. N°3. 251-268.
- REYNOLDS, A. G.; POOL, R.M.; MATTICK, R.M. 1986. Influence of cluster exposure on fruit composition and wine quality of Seyval blanc grapes. *Vitis*N° 25. 85-95.
- REYNOLDS, A.G.; WARDLE, D.A. 2001. Evaluation of minimal pruning upon vine performance and Berry composition of Chancellor. *Am. J. Enol. Vitic.* Vol 52. N° 1. 45 – 48.
- REYNOLDS, W.G.; ELRICK, D.E.; CLOTHIER, B.E. 1985. The constant head well permeameter: Effect unsaturated flow. *Soil Sci.* Vol 139. 172-180.

- SALON, J.L.; CHIRIVELLA, C. y CASTEL, J.R. 2005. Response of cv. Bobal to Timing of Deficit Irrigation in Requena, Spain: Water Relations, Yield, and Wine Quality. *Am. J. Enol. Vitic.* Vol 56 (N°1), 1-8.
- SHAULIS, N. J. 1980. Responses of grapevines and grapes to spacing of and within canopies. Symposium grapes and wines., California. USA.
- SHAULIS, N.J; POLLOCH, J.G.; CROWE, D.E. y SHEPARDSON, E.S. 1972. Mechanical Pruning of Grapevines". Progress 1968-1972. Proc. N.Y. State Hort. Soc. 9.
- SCHOLANDER P.F.; HAMMEL, H.T.; Brandstreet, E.T. y Hemmingsen, E.A. 1965. Sap pressure in vascular plants. *Science*, 148, 339-346.
- SCHULTZ, H.R. 1995. Grape canopy structure, light microclimate and photosynthesis I. A two dimensional model of the spatial distribution of surface area densities and leaf ages in two canopy systems. *Vitis*. Vol 34. 211-215.
- SMART, R.; ROBINSON, M. 1991. Sunlight into wine. A handbook for wine grape canopy management. Winetitles. Adelaide. 96pp.
- SMART, R.E.; DICK, J.K.; GRAVETT, I.M.; FISHER, B.M.1990. Canopy management to improve grape yield and wine quality-principles and practices. South African J. Enol. Vitic. Vol 11. 3-17.
- SMART, R. E. 1985. Principles of grapevine canopy microclimate manipulation with interactions for yield and quality. A review. *Am J. Enol. Vitic.* Vol 36, N° 3. 230-239.
- SOMMER, K.J.; CLINGELEFFER, P.R. 1993. Comparison of leaf area development, leaf physiology, berry maturation, juice quality and fruit yield of minimal and cane pruned Cabernet Sauvignon grapes. In: R.M. Pool (Ed.): Proc. 2<sup>nd</sup> N.J. Shaulis Grape Symposium. July 13-14. 14-19, Fredonia, NY. USA.
- SPAYD, S. E.; TARARA, J. M.; MEE, D. L. y FERGUSON, J. C. 2002. Separation of sunlight and temperature effects on the composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot berries. *Am. J. Enol. Vitic.* Vol 59: 235-247.
- TARARA, J. M.; PEREZ PEÑA, J. E.; KELLER, M. 2005. Using whole-photosynthesis to understand the effects of water deficit irrigation on premium wine grapes. *Acta Horticulturae* 689, 301-307. Proceedings of The Seventh International Symposium on Grapevine Physiology and Biotechnology. June 21-25. Davis, California, USA.
- TERRY, D.B.; KURTURAL, S.K. 2011. Achieving Vine Balance of Syrah with Mechanical Canopy Management and Regulated Deficit Irrigation. *Am. J. Enol. Vitic.* N° 62. 426-437.
- THOMSEN, M.; MORRIS, J. 2007. Economics of mechanizing pre-harvest vineyard operations. Wine East 2007 Buyers Guide. Pp6-17. Wine East, Lancaster, PA.



TRAVADON R., LECOMTE P., DIARRA B., LAWRENCE DP., RENAULT D., OJEDA H., REY P., BAUMGARTNER K. 2016. Grapevine pruning systems and cultivars influence the diversity of wood-colonizing fungi. *Fungal Ecology*, Vol 24. 82–93.

VAN SCHALKWYK, D.; ARCHER, E. 2007. The Effect of Alternative Pruning Methods on the Viticultural and Oenological Performance of Some Wine Grape Varieties. *South African Society for Enology and Viticulture*. Vol 28. (2). 107-139.

VILANOVA, M.; GENISHEVA, Z.; MASA, A.; OLIVEIRA, J.M. 2010. “Correlation between volatile composition and sensory properties in Spanish Albariño wines.” *Microchemical Journal*. Vol 95. 240–246.

WEYNAD, K.M.; SCHULTZ, H.R. 2006. Light interception, gas exchange and carbon balance of different canopy zones of minimally and cane-pruned field-grown Riesling grapevines. *Vitis*. Vol 45. N°3. 105-114.

WINKLER, A.J.; COOK, J.A.; KLIEWER, W.M. y LIDER, L.A. 1974. *General Viticulture*. University of California Press. Berkeley. Los Angeles. Londres. 710 pp.

WINKLER, A. J. 1930. The relationships of number of leaves to size and quality of tablegrapes. *Proc. Am. Soc. Hortic Sci.* 27: 158-160.

WILLIAMS, L. E., BISCAY, P. J. y SMITH, R. J. 1987. Effect of interior canopy defoliation on Berry composition and potassium distribution in Thompson Seedless grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.* Vol 38. 287-292.

WILLIAMS III, L.; MARTINSON, T.E. 2003. Nondestructive leaf area estimation of ‘Niagara’ and ‘De Chaunac’ grapevines.” *Horticultural Science* Vol 98. 493-498.

WHITFORD, K.R.; COLQUHOUN, L.J.; LAND, A.; HARPER, B. 1995. Measuring leaf area index in a sparse eucalypt forest: a comparison of estimates from direct measurements, hemispherical photography, sunlight transmittance and allometric regression. *Agric. For. Meteorol.* Vol 74. 237–249.

YUSTE, J. 1995. Comportamiento fisiológico y agronómico de la vid (*Vitis vinifera* L.) en diferentes sistemas de conducción en secano y regadío. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.

YUSTE, J.; VICENTE, A. 2014. Fotosíntesis, conductancia estomática y potencial hídrico: relación y respuesta como indicadores del estado hídrico del cv. Verdejo, sometido a diferentes regímenes hídricos en la D.O. Rueda. I Jornadas del Grupo de Viticultura y Enología de la SECH - Retos Actuales de I+D en Viticultura. Pgs: 338-345.

ZHENG, W.; DEL GALDO, V.; GARCIA, J.; BALDA, P.; MARTINEZ DE TODA, F. 2016. Minimal Pruning as a Tool to delay fruit maturity and to improve berry composition under climate change. *Am J. Enol. Vitic.* doi: 10.5344/ajev.2016.16038

## 9. Anexo I - Mediciones

## 9.1. Variables vegetativas

## 9.1.1. Marselan

## 9.1.1.1. Superficie foliar total

Sistema de Conduccion	Bloque	Largo de brote por Planta [cm]												Promedio [cm]	Promedio del Bloque
		Pl. N° 1	Pl. N° 2	Pl. N° 3	Pl. N° 4	Pl. N° 5	Pl. N° 6	Pl. N° 7	Pl. N° 8	Pl. N° 9	Pl. N° 10	Pl. N° 11	Pl. N° 12		
PM	I	22	25	27	23,5	23	29,5	24,5	25,5	28	23	22	24,5	24,79	25,33
PM	II	22,5	22,5	23,5	25	28,5	23,5	23	22	24	30	28,5	21,5	24,54	
PM	III	20,5	24	24	28	28,5	27	29,5	29	27,5	31	28	30	27,25	
PRP	I	41	40	45,5	43	39,5	46,5	49	43,5	38	44	45	42	43,08	44,33
PRP	II	47,5	46,5	48	51	55,5	46,5	47,5	49	46	44,5	47,5	48	48,13	
PRP	III	47	48,5	39	50	37,5	43,5	39,5	39	39	40,5	39	39	41,79	
VSP	I	53	55,5	67,5	59,5	50	51	58	51	48,5	57,5	58	60,5	55,83	52,31
VSP	II	47,5	46,5	48	51	55,5	46,5	47,5	49	46	44,5	47,5	48	48,13	
VSP	III	50	49,5	55,5	59	54	56,5	52	50,5	55	56	48	49,5	52,96	

Sistema de Conduccion	Bloque	N° de Brotes por Planta												Promedio [cm]	Promedio del Bloque
		Pl. N° 1	Pl. N° 2	Pl. N° 3	Pl. N° 4	Pl. N° 5	Pl. N° 6	Pl. N° 7	Pl. N° 8	Pl. N° 9	Pl. N° 10	Pl. N° 11	Pl. N° 12		
PM	I	102	90	95	89	92	103	97	93	100	105	96	99	96,75	89,33
PM	II	95	87	91	83	89	98	92	87	93	101	98	105	93,25	
PM	III	78	85	80	72	79	84	69	71	82	86	73	77	78,00	
PRP	I	17	15	19	18	20	14	16	19	15	17	22	20	17,67	17,86
PRP	II	20	21	19	18	20	14	16	19	15	17	22	20	18,42	
PRP	III	17	19	21	18	16	19	17	20	18	15	14	16	17,50	
VSP	I	12	16	14	13	17	18	15	17	16	19	18	16	15,92	16,33
VSP	II	11	15	14	19	16	20	17	18	15	17	16	18	16,33	
VSP	III	17	15	18	14	13	19	18	20	17	16	19	15	16,75	

## 9.1.1.2. Point Quadrat

Sistema de Conduccion	Bloque	Hojas		Racimos		Vacío	
		Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje
PM	I	81	56	61	64	36	13
	II	69	55	66	72	25	9
	III	80	52	87	77	27	9
	<b>Promedio</b>	<b>77</b>	<b>54</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>29</b>	<b>11</b>
PRP	I	24	22	66	80	12	6
	II	19	19	50	75	20	11
	III	12	12	49	80	23	13
	<b>Promedio</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>55</b>	<b>78</b>	<b>18</b>	<b>10</b>
VSP	I	14	13	28	90	26	12
	II	14	13	16	80	22	12
	III	15	15	23	74	25	12
	<b>Promedio</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>22</b>	<b>82</b>	<b>24</b>	<b>12</b>

## 9.1.1.3. Foto hemisférica

Tratamiento	Bloque	Posición	% Luz Interceptada	Tratamiento	Bloque	Posición	% Luz Interceptada	Tratamiento	Bloque	Posición	% Luz Interceptada
PM	I	1	27,96	PRP	I	1	26,87	VSP	I	1	30,45
		2	37,01			2	29,86			2	30,07
		3	34,76			3	25,89			3	26,76
		4	42,49			4	34,56			4	27,16
	II	1	39,45		II	1	28,42		II	1	20,93
		2	30,63			2	25,96			2	21,11
		3	26,50			3	24,00			3	17,66
		4	21,38			4	28,01			4	26,03
	III	1	52,87		III	1	28,94		III	1	29,03
		2	43,49			2	27,03			2	30,78
		3	56,56			3	30,90			3	24,40
		4	56,39			4	23,96			4	19,39

## 9.1.2. Viognier

## 9.1.2.1. Superficie foliar total

Sistema de Conduccion	Bloque	N° de Brotes por Planta												Promedio	Promedio del Bloque
		Pl. N° 1	Pl. N° 2	Pl. N° 3	Pl. N° 4	Pl. N° 5	Pl. N° 6	Pl. N° 7	Pl. N° 8	Pl. N° 9	Pl. N° 10	Pl. N° 11	Pl. N° 12		
PM	I	32	52	45	51	70	79	68	56	69	72	65	57	59,67	62,33
PM	II	49	51	75	65	58	60	71	54	66	68	59	61	61,42	
PM	III	67	72	59	75	78	74	69	64	53	60	57	63	65,92	
PRP	I	19	17	20	22	16	21	18	15	23	22	20	19	19,33	20,25
PRP	II	19	21	16	20	18	22	21	20	17	19	25	28	20,50	
PRP	III	26	22	23	24	19	20	21	25	20	17	18	16	20,92	
VSP	I	18	22	25	20	19	22	21	17	18	24	20	22	20,67	19,39
VSP	II	24	19	17	16	20	22	19	16	18	17	15	12	17,92	
VSP	III	22	16	23	18	19	21	20	17	21	16	18	24	19,58	

Sistema de Conduccion	Bloque	Largo de brote por Planta [cm]												Promedio [cm]	Promedio del Bloque
		Pl. N° 1	Pl. N° 2	Pl. N° 3	Pl. N° 4	Pl. N° 5	Pl. N° 6	Pl. N° 7	Pl. N° 8	Pl. N° 9	Pl. N° 10	Pl. N° 11	Pl. N° 12		
PM	I	25	23	28	24,5	27,5	24,5	21,5	34	22	23,5	28	25,5	25,58	24,17
PM	II	26,5	22,5	25,5	19,5	29	21	19,5	23,5	20	27,5	22,5	23,5	23,38	
PM	III	22	25	23	22	24	23,5	30,5	25	21	21	20	25,5	23,54	
PRP	I	53	54,5	59,5	51	54,5	53,5	51,5	47,5	47,5	47,5	43	44	50,58	47,15
PRP	II	56	40	41,5	45,5	51,5	47	50,5	46	40	48,5	47,5	37,5	45,96	
PRP	III	49	45,5	46,5	41	46	46,5	41	46	43,5	40	48	46	44,92	
VSP	I	49	50	55,5	53	49	55,5	54	56,5	47,5	55	56	51	52,67	53,07
VSP	II	51	50	45	47,5	51,5	59	57	57	55	59	53	52,5	53,13	
VSP	III	50	52,5	58	55,5	58,5	46	55,5	50	52,5	50	57	55,5	53,42	

## 9.1.2.2. Point Quadrat

Sistema de Conduccion	Bloque	Hojas		Racimos		Vacíos	
		Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje
PM	I	28	45	19	54	24	15
	II	28	43	13	38	17	11
	III	80	28	87	77	27	9
	<b>Promedio</b>	<b>45</b>	<b>38</b>	<b>40</b>	<b>57</b>	<b>23</b>	<b>12</b>
PRP	I	25	23	14	56	24	15
	II	25	21	26	96	28	16
	III	40	31	19	79	34	18
	<b>Promedio</b>	<b>30</b>	<b>25</b>	<b>20</b>	<b>77</b>	<b>29</b>	<b>16</b>
VSP	I	23	21	21	84	21	13
	II	26	24	21	81	18	12
	III	18	18	10	71	19	14
	<b>Promedio</b>	<b>22</b>	<b>21</b>	<b>17</b>	<b>79</b>	<b>19</b>	<b>13</b>

## 9.1.2.3. Foto hemisférica

Tratamiento	Bloque	Posición	% Luz Interceptada	Tratamiento	Bloque	Posición	% Luz Interceptada	Tratamiento	Bloque	Posición	% Luz Interceptada
PM	I	1	35,65	PRP	I	1	31,64	VSP	I	1	40,47
		2	29,80			2	31,15			2	40,35
		3	31,78			3	30,89			3	38,47
		4	29,07			4	39,56			4	27,23
	II	1	28,64		II	1	35,59		II	1	31,78
		2	30,68			2	33,01			2	30,18
		3	36,38			3	41,19			3	37,56
		4	27,26			4	30,45			4	29,24
	III	1	32,76		III	1	31,44		III	1	22,40
		2	35,75			2	30,74			2	29,66
		3	29,31			3	32,53			3	24,94
		4	21,99			4	28,27			4	31,45

## 9.1.3. Petit Verdot

## 9.1.3.1. Superficie foliar total

Sistema de Conduccion	Bloque	N° de Brotes por Planta												Promedio	Promedio del Bloque
		Pl. N° 1	Pl. N° 2	Pl. N° 3	Pl. N° 4	Pl. N° 5	Pl. N° 6	Pl. N° 7	Pl. N° 8	Pl. N° 9	Pl. N° 10	Pl. N° 11	Pl. N° 12		
PM	I	127	94	107	96	121	91	129	113	97	117	110	115	109,75	108,83
PM	II	130	89	95	85	93	101	113	123	86	95	106	111	102,25	
PM	III	97	110	121	119	132	127	93	102	95	129	123	126	114,50	
PRP	I	43	39	47	51	45	37	53	53	48	50	45	43	46,17	43,72
PRP	II	37	41	43	49	47	51	49	45	38	40	42	48	44,17	
PRP	III	31	39	35	43	51	47	39	45	37	41	38	44	40,83	
VSP	I	35	27	31	29	32	38	28	39	27	37	30	32	32,08	31,28
VSP	II	28	36	30	31	29	32	28	39	41	37	25	27	31,92	
VSP	III	30	31	25	28	37	23	20	39	28	30	34	33	29,83	

Sistema de Conduccion	Bloque	Largo de brote por Planta [cm]												Promedio [cm]	Promedio del Bloque
		Pl. N° 1	Pl. N° 2	Pl. N° 3	Pl. N° 4	Pl. N° 5	Pl. N° 6	Pl. N° 7	Pl. N° 8	Pl. N° 9	Pl. N° 10	Pl. N° 11	Pl. N° 12		
PM	I	39,5	40	47	38	38,5	36	31,5	35	33	31,5	33,5	36	36,63	34,81
PM	II	35	38	37,5	40	40,5	35	30	34,5	27	36,5	33,5	35,5	35,25	
PM	III	31,5	29	32	30,5	27	36,5	34	38,5	30,5	33,5	30,5	37	32,54	
PRP	I	69	62	63,5	69	63,5	63	70	59,5	63	69	61,5	64,38	63,03	
PRP	II	67,5	69,5	61	66,5	67,5	61	68	67	66	69	69	66,75		
PRP	III	58	57,5	58	60	57	59,5	55	51	59,5	59,5	57,5	63		57,96
VSP	I	79	82,5	81,5	78	80,5	78	82	83,5	77	76,5	79	80,5	79,83	81,39
VSP	II	77,5	79,5	80	81	84,5	87	88,5	87,5	81	85,5	84,5	82	83,21	
VSP	III	78,5	80	82	82	81	80	84	79	77,5	85,5	81,5	82,5	81,13	

## 9.1.3.2. Point Quadrat

Sistema de Conduccion	Bloque	Hojas		Racimos		Vacíos	
		Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje
PM	I	43	34	49	77	21	10
	II	57	32	43	67	22	10
	III	45	34	46	75	16	5
	<b>Promedio</b>	<b>48</b>	<b>33</b>	<b>46</b>	<b>73</b>	<b>20</b>	<b>8</b>
PRP	I	50	42	30	63	37	18
	II	45	38	25	63	26	14
	III	75	48	37	70	27	11
	<b>Promedio</b>	<b>57</b>	<b>43</b>	<b>31</b>	<b>65</b>	<b>30</b>	<b>15</b>
VSP	I	41	33	27	64	19	7
	II	34	27	33	67	23	8
	III	34	28	26	70	19	8
	<b>Promedio</b>	<b>36</b>	<b>29</b>	<b>29</b>	<b>67</b>	<b>20</b>	<b>8</b>

## 9.1.3.3. Foto hemisférica

Tratamiento	Bloque	Posición	% Luz Interceptada	Tratamiento	Bloque	Posición	% Luz Interceptada	Tratamiento	Bloque	Posición	% Luz Interceptada
PM	I	1	38,10	PRP	I	1	42,53	VSP	I	1	43,23
		2	37,05			2	47,01			2	43,10
		3	31,85			3	48,19			3	46,33
		4	32,75			4	47,14			4	41,83
	II	1	36,96		II	1	44,39		II	1	41,89
		2	35,55			2	46,78			2	43,04
		3	36,03			3	43,35			3	40,44
		4	33,18			4	41,99			4	33,46
	III	1	37,72		III	1	42,02		III	1	37,30
		2	35,40			2	42,56			2	40,37
		3	32,40			3	40,34			3	38,99
		4	36,73			4	38,00			4	47,87

## 9.2. Variables ecofisiológicas

## 9.2.1. Petit Verdot

## 9.2.1.1. Potencial hídrico foliar en pre amanecer

<b>Potencial Hidrico Foliar</b>				
<b>Lecturas Semanales Promedio</b>				
<b>Fecha</b>	<b>Bloque</b>	<b>PM</b>	<b>PRP</b>	<b>VSP</b>
28-jun	I	-0,244	-0,204	-0,160
	II	-0,260	-0,211	-0,190
	III	-0,232	-0,201	-0,188
05-jul	I	-0,327	-0,244	-0,180
	II	-0,352	-0,268	-0,198
	III	-0,361	-0,251	-0,204
11-jul	I	-0,363	-0,230	-0,196
	II	-0,350	-0,203	-0,173
	III	-0,381	-0,244	-0,166
18-jul	I	-0,358	-0,254	-0,134
	II	-0,324	-0,222	-0,173
	III	-0,356	-0,230	-0,176
25-jul	I	-0,340	-0,257	-0,138
	II	-0,343	-0,245	-0,139
	III	-0,321	-0,235	-0,158
01-ago	I	-0,254	-0,216	-0,133
	II	-0,28	-0,204	-0,147
	III	-0,26	-0,229	-0,146
08-ago	I	-0,32	-0,249	-0,157
	II	-0,326	-0,251	-0,158
	III	-0,31	-0,232	-0,141
16-ago	I	-0,45	-0,308	-0,195
	II	-0,37	-0,360	-0,154
	III	-0,400	-0,319	-0,250
22-ago	I	-0,48	-0,335	-0,300
	II	-0,42	-0,408	-0,278
	III	-0,47	-0,354	-0,254
31-ago	I	-0,33	-0,251	-0,157
	II	-0,35	-0,278	-0,158
	III	-0,39	-0,256	-0,160
06-sep	I	-0,46	-0,329	-0,232
	II	-0,41	-0,328	-0,261
	III	-0,42	-0,364	-0,221
13-sep	I	-0,44	-0,362	-0,345
	II	-0,46	-0,455	-0,333
	III	-0,64	-0,372	-0,349
20-sep	I	-0,45	-0,263	-0,237
	II	-0,38	-0,320	-0,241
	III	-0,39	-0,347	-0,241
26-sep	I	-0,43	-0,352	-0,267
	II	-0,45	-0,406	-0,274
	III	-0,46	-0,378	-0,346

## 9.2.1.2 Intercambio gaseoso

Variables Ecofisiológicas										
p e t i t  V e r d o t	Tratamiento	Bloque	Temperatura Media	H° Relativa	Fotosíntesis Neta	Fotosíntesis por Planta	Conductancia Estomática	Eficiencia del Uso de Agua	Eficiencia del Uso de Agua	Transpiración
			[°C/Pl]	[%/Pl]	[µMol CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .S]	[µMol CO <sub>2</sub> /pl.s]	[Mol CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .S]	[µmol CO <sub>2</sub> / µmol H <sub>2</sub> O]	gr uva/l agua	[mMol H <sub>2</sub> O/m <sup>2</sup> .S]
		PM	I	26,38	73,22	8,05	93,64	166,67	48,30	66,18
II			26,17	74,33	7,07	74,62	150,00	47,16	60,66	4,97
III			26,34	75,25	9,34	104,74	173,33	53,90	58,82	5,21
<b>Media</b>			<b>26,30</b>	<b>74,27</b>	<b>8,16</b>	<b>91,00</b>	<b>163,33</b>	<b>49,79</b>	<b>61,89</b>	<b>4,88</b>
<b>DE</b>			<b>0,11</b>	<b>1,02</b>	<b>1,14</b>	<b>15,23</b>	<b>12,02</b>	<b>3,61</b>	<b>3,83</b>	<b>0,39</b>
PRP		I	26,06	76,48	13,32	99,59	380,00	35,04	54,12	6,17
		II	25,65	76,56	12,21	89,80	286,67	42,60	47,35	7,20
		III	26,02	75,55	12,80	77,85	280,00	45,71	40,00	6,89
		<b>Media</b>	<b>25,91</b>	<b>76,20</b>	<b>12,78</b>	<b>89,08</b>	<b>315,56</b>	<b>41,12</b>	<b>47,16</b>	<b>6,75</b>
<b>DE</b>		<b>0,22</b>	<b>0,56</b>	<b>0,55</b>	<b>10,88</b>	<b>55,91</b>	<b>5,49</b>	<b>7,06</b>	<b>0,53</b>	
VSP		I	26,33	74,94	14,44	89,33	313,33	46,07	34,34	4,70
		II	26,03	76,16	11,25	71,69	230,00	48,90	42,57	6,23
	III	25,63	77,52	11,93	69,53	356,67	33,46	41,84	7,75	
	<b>Media</b>	<b>25,63</b>	<b>77,52</b>	<b>11,93</b>	<b>69,53</b>	<b>300,00</b>	<b>33,46</b>	<b>39,58</b>	<b>7,75</b>	
	<b>De</b>	<b>0,35</b>	<b>1,29</b>	<b>1,68</b>	<b>10,86</b>	<b>64,38</b>	<b>8,22</b>	<b>4,56</b>	<b>1,53</b>	

## 9.2.2. Marselan

## 9.2.2.1. Potencial foliar en pre amanecer

<b>Potencial Hidrico Foliar</b>				
<b>Lecturas Semanales Promedio</b>				
<b>Fecha</b>	<b>Bloque</b>	<b>PM</b>	<b>PRP</b>	<b>VSP</b>
28-jun	I	-0,452	-0,368	-0,338
	II	-0,452	-0,393	-0,373
	III	-0,452	-0,402	-0,367
05-jul	I	-0,441	-0,387	-0,264
	II	-0,440	-0,304	-0,264
	III	-0,422	-0,359	-0,281
11-jul	I	-0,432	-0,355	-0,269
	II	-0,441	-0,339	-0,254
	III	-0,477	-0,346	-0,233
18-jul	I	-0,456	-0,337	-0,243
	II	-0,470	-0,323	-0,232
	III	-0,453	-0,336	-0,249
25-jul	I	-0,391	-0,268	-0,196
	II	-0,372	-0,264	-0,210
	III	-0,347	-0,252	-0,210
01-ago	I	-0,313	-0,266	-0,163
	II	-0,37	-0,251	-0,170
	III	-0,35	-0,228	-0,133
08-ago	I	-0,279	-0,244	-0,218
	II	-0,38	-0,249	-0,171
	III	-0,283	-0,247	-0,160
16-ago	I	-0,43	-0,350	-0,200
	II	-0,44	-0,324	-0,169
	III	-0,366	-0,286	-0,198
22-ago	I	-0,63	-0,416	-0,307
	II	-0,51	-0,462	-0,296
	III	-0,543	-0,399	-0,361
06-sep	I	-0,43	-0,319	-0,241
	II	-0,41	-0,356	-0,233
	III	-0,46	-0,338	-0,273
13-sep	I	-0,435	-0,383	-0,305
	II	-0,535	-0,421	-0,351
	III	-0,61	-0,440	-0,367



## 9.2.2.2. Intercambio gaseoso

Variables Ecofisiológicas											
M a r s e l i a n	Tratamiento	Bloque	Temperatura	H° Relativa	Fotosíntesis	Fotosíntesis por	Conductancia	Eficiencia del Uso de	Eficiencia del Uso de	Transpiración	
			Media		Neta	Planta	Estomática	Agua	Agua		
			[°C/PI]	[%/PI]	[μMol CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .S]	[μMol CO <sub>2</sub> /pl.s]	[mmol CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .S]	[μmol CO <sub>2</sub> / μmol H <sub>2</sub> O]	gr uva/l agua	[mMol H <sub>2</sub> O/m <sup>2</sup> .S]	
	PM	I		25,57	57,42	3,62	29,96	36,67	98,73	17,5	3,27
		II		25,97	56,95	3,95	37,08	46,67	84,71	9,2	2,86
		III		25,76	57,42	2,54	20,70	26,67	95,13	8,6	1,59
		<b>Media</b>		<b>25,76</b>	<b>57,26</b>	<b>3,37</b>	<b>29,24</b>	<b>36,67</b>	<b>92,86</b>	<b>11,8</b>	<b>2,57</b>
		<b>DE</b>		<b>0,20</b>	<b>0,27</b>	<b>0,74</b>	<b>8,21</b>	<b>10,00</b>	<b>7,28</b>	<b>5,0</b>	<b>0,87</b>
	PRP	I		25,55	58,48	5,47	11,24	46,67	117,14	6,4	2,57
		II		25,86	57,93	4,74	9,84	36,67	129,36	8,0	2,38
III			25,58	58,44	4,54	7,77	33,33	136,30	9,8	3,32	
<b>Media</b>			<b>25,66</b>	<b>58,28</b>	<b>4,92</b>	<b>9,61</b>	<b>38,89</b>	<b>127,60</b>	<b>8,1</b>	<b>2,76</b>	
<b>DE</b>			<b>0,17</b>	<b>0,30</b>	<b>0,49</b>	<b>1,75</b>	<b>6,94</b>	<b>9,70</b>	<b>1,7</b>	<b>0,49</b>	
VSP	I		25,96	57,47	8,64	24,30	63,33	136,37	2,2	3,05	
	II		25,87	57,69	5,86	12,15	46,67	125,57	1,6	3,62	
	III		25,91	65,26	7,01	16,26	73,33	95,55	1,5	3,93	
	<b>Media</b>		<b>25,91</b>	<b>60,14</b>	<b>7,17</b>	<b>17,57</b>	<b>61,11</b>	<b>119,16</b>	<b>1,8</b>	<b>3,53</b>	
	<b>DE</b>		<b>0,05</b>	<b>4,44</b>	<b>1,40</b>	<b>6,18</b>	<b>13,47</b>	<b>21,15</b>	<b>0,4</b>	<b>0,45</b>	

## 9.2.3. Viognier

## 9.2.3.1. Potencial foliar en pre amanecer

<b>Potencial Hidrico Foliar</b>				
<b>Lecturas Semanales Promedio</b>				
<b>Fecha</b>	<b>Bloque</b>	<b>PM</b>	<b>PRP</b>	<b>VSP</b>
28-jun	I	-0,364	-0,271	-0,347
	II	-0,410	-0,319	-0,294
	III	-0,467	-0,356	-0,328
05-jul	I	-0,337	-0,277	-0,236
	II	-0,357	-0,245	-0,252
	III	-0,245	-0,215	-0,282
11-jul	I	-0,413	-0,345	-0,256
	II	-0,435	-0,330	-0,265
	III	-0,441	-0,356	-0,241
18-jul	I	-0,344	-0,342	-0,205
	II	-0,347	-0,363	-0,249
	III	-0,352	-0,347	-0,232
25-jul	I	-0,345	-0,270	-0,177
	II	-0,368	-0,296	-0,166
	III	-0,346	-0,226	-0,133
01-ago	I	-0,316	-0,267	-0,148
	II	-0,30	-0,261	-0,147
	III	-0,255	-0,208	-0,129
08-ago	I	-0,351	-0,266	-0,186
	II	-0,423	-0,275	-0,199
	III	-0,341	-0,246	-0,174
16-ago	I	-0,43	-0,350	-0,195
	II	-0,38	-0,352	-0,189
	III	-0,439	-0,350	-0,169

## 9.2.3.2. Intercambio gaseoso

Variables Fisiologicas										
V i o g n i e r	Tratamiento	Bloque	Temperatura Media	H° Relativa	Fotosintesis Neta	Fotosintesis por Planta	Conductancia Estomatica	Eficiencia del Uso de Agua	Eficiencia del Uso de Agua	Transpiracion
			[°C/PI]	[%/PI]	[µMol CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .s]	[µMol CO <sub>2</sub> /pl.s]	[Mol CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .S]	[µmol CO <sub>2</sub> / µmol H <sub>2</sub> O]	[gr uva/l agua]	[mMol H <sub>2</sub> O/m <sup>2</sup> .S]
	PM	I	25,20	59,44	7,09	35,41	136,67	51,88	22,2	2,70
II		25,36	58,30	7,40	36,11	116,67	63,46	14,9	3,49	
III		25,18	58,90	7,91	41,78	146,67	53,93	14,6	4,37	
<b>Media</b>		<b>25,24</b>	<b>58,88</b>	<b>7,47</b>	<b>37,77</b>	<b>133,33</b>	<b>56,42</b>	<b>17,2</b>	<b>3,52</b>	
<b>DE</b>		<b>0,10</b>	<b>0,57</b>	<b>0,41</b>	<b>3,50</b>	<b>15,28</b>	<b>6,18</b>	<b>4,3</b>	<b>0,84</b>	
PRP		I	25,58	59,99	12,06	31,25	163,33	73,86	12,2	3,74
		II	25,61	59,37	11,03	28,16	156,67	70,43	11,6	3,96
		III	25,65	58,44	11,33	29,15	120,00	94,44	8,3	4,34
		<b>Media</b>	<b>25,61</b>	<b>59,27</b>	<b>11,48</b>	<b>29,52</b>	<b>146,67</b>	<b>79,58</b>	<b>10,7</b>	<b>4,01</b>
		<b>DE</b>	<b>0,04</b>	<b>0,78</b>	<b>0,53</b>	<b>1,58</b>	<b>23,33</b>	<b>12,99</b>	<b>2,1</b>	<b>0,30</b>
VSP		I	25,56	59,97	11,43	32,75	146,67	77,95	9,3	3,25
		II	25,34	58,85	11,92	29,78	160,00	74,50	10,5	4,11
	III	25,67	60,82	11,14	30,54	146,67	75,93	7,6	4,35	
	<b>Media</b>	<b>25,67</b>	<b>60,82</b>	<b>11,14</b>	<b>30,54</b>	<b>151,11</b>	<b>75,93</b>	<b>9,10</b>	<b>4,35</b>	
<b>DE</b>	<b>0,17</b>	<b>0,99</b>	<b>0,40</b>	<b>1,54</b>	<b>7,70</b>	<b>1,74</b>	<b>1,45</b>	<b>0,58</b>		

## 9.3. Variables físicas y químicas de la uva

## 9.3.1. Viognier

Sistema de Conduccion	Bloque	N° de Bayas Analizadas	Vol Medio de Bayas [ml]	Peso 200 bayas [grs]	Peso/Baya [grs]	% Bayas Rojas	% Bayas Amarillas	% Bayas Verdes	% Bayas Azules	pH	Acidez Total [grs H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /Lt]	°Bx
PM	I	200	0,88	196,2	0,98	27,3	64,1	2,9	5,7	3,45	3,74	24,6
	II	200	0,81	191,4	0,96	26,7	71	1,4	1	3,41	3,41	24,2
	III	200	0,77	175,3	0,88	30	59,5	3,8	6,7	3,35	3,31	23,8
	<b>Promedio</b>			<b>0,82</b>	<b>187,63</b>	<b>0,94</b>	<b>28</b>	<b>65</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3,40</b>	<b>3,49</b>
PRP	I	200	1,37	314,6	1,57	5,2	91,9	2,9	0	3,27	4,14	21,6
	II	200	1,34	311,8	1,56	12,9	85,2	1,9	0	3,27	4	22,2
	III	200	1,2	286,5	1,43	9	90,5	0,5	0	3,3	3,63	23,4
	<b>Promedio</b>			<b>1,30</b>	<b>304,30</b>	<b>1,52</b>	<b>9</b>	<b>89</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>3,28</b>	<b>3,92</b>
VSP	I	200	1,29	305,1	1,53	4,3	93,8	1,4	0,5	3,25	4,41	21
	II	200	1,36	309,3	1,55	9,6	86,5	2,9	1	3,31	4,02	21,2
	III	200	1,17	276,4	1,38	9	89,5	1,4	0	3,27	3,8	22,4
	<b>Promedio</b>			<b>1,27</b>	<b>296,93</b>	<b>1,48</b>	<b>8</b>	<b>90</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3,28</b>	<b>4,08</b>

## 9.3.2. Marselan

Sistema de Conduccion	Bloque	N° de Bayas Analizadas	Vol Medio de Bayas [ml]	Peso 200 bayas [grs]	Peso/Baya [grs]	% Bayas Rojas	% Bayas Amarillas	% Bayas Verdes	% Bayas Azules	pH	Acidez Total [grs H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /Lt]	°Bx	Antocianos [mg/Lt]	IPT [DO 280 nm]
PM	I	200	0,53	115,5	0,58	0	0	0	100	3,52	3,72	25,6	225,325	10,74
	II	200	0,49	104,8	0,52	0	0	0	100	3,46	3,83	27	285,953	13,192
	III	200	0,49	94,9	0,47	0	0	0	100	3,49	3,55	27,4	165,105	8,153
	<b>Promedio</b>			<b>0,50</b>	<b>105,07</b>	<b>0,53</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>3,49</b>	<b>3,70</b>	<b>26,67</b>	<b>225,46</b>
PRP	I	200	0,63	136,1	0,68	0	0	0	100	3,55	3,08	26,2	400,039	26,863
	II	200	0,52	110,9	0,55	0	0	0	100	3,47	3,62	25,8	406,663	20,895
	III	200	0,5	113,4	0,57	0	0	0	100	3,53	3,54	26	259,494	12,642
	<b>Promedio</b>			<b>0,55</b>	<b>120,13</b>	<b>0,60</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>3,52</b>	<b>3,41</b>	<b>26,00</b>	<b>355,40</b>
VSP	I	200	0,68	147,5	0,74	0	0	0	100	3,26	4,76	23,8	445,483	29,529
	II	200	0,63	128,8	0,64	0	0	0	100	3,32	4,27	24,2	401,831	19,205
	III	200	0,68	147,1	0,74	0	0	0	100	3,4	4,23	24,2	423,195	27,742
	<b>Promedio</b>			<b>0,66</b>	<b>141,13</b>	<b>0,71</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>3,33</b>	<b>4,42</b>	<b>24,07</b>	<b>423,50</b>

## 9.3.3. Petit Verdote

Sistema de Conduccion	Bloque	N° de Bayas Analizadas	Vol Medio de Bayas [ml]	Peso 200 bayas [grs]	Peso/Baya [grs]	% Bayas Rojas	% Bayas Amarillas	% Bayas Verdes	% Bayas Azules	pH	Acidez Total [grs H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /Lt]	°Bx	Antocianos [mg/Lt]	IPT [DO 280 nm]
PM	I	200	0,93	198,8	0,99	0	0	0	100	3,44	3,43	23,6	611,663	36,184
	II	200	0,92	199	1,00	0	0	0	100	3,41	3,5	24	632,262	37,658
	III	200	0,88	194,2	0,97	0	0	0	100	3,49	3,44	25	617,607	35,257
	<b>Promedio</b>		<b>0,91</b>	<b>197,33</b>	<b>0,99</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>3,45</b>	<b>3,46</b>	<b>24,20</b>	<b>620,51</b>	<b>36,37</b>
PRP	I	200	1,31	287,5	1,44	0	0	0	100	3,31	4,34	24	558,645	37,238
	II	200	1,06	235,2	1,18	0	0	0	100	3,23	4,7	23,4	550,766	33,848
	III	200	1,16	261,4	1,31	0	0	0	100	3,17	4,9	23	535,518	32,335
	<b>Promedio</b>		<b>1,18</b>	<b>261,37</b>	<b>1,31</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>3,24</b>	<b>4,65</b>	<b>23,47</b>	<b>548,31</b>	<b>34,47</b>
VSP	I	200	1,23	279,8	1,40	0	0	0	100	3,28	4,29	24,4	648,021	40,357
	II	200	1,17	251,9	1,26	0	0	0	100	3,32	4,01	23,8	566,803	34,62
	III	200	1,15	260,6	1,30	0	0	0	100	3,29	4,93	23,2	584,343	36,114
	<b>Promedio</b>		<b>1,18</b>	<b>264,10</b>	<b>1,32</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>3,30</b>	<b>4,41</b>	<b>23,80</b>	<b>599,72</b>	<b>37,03</b>

## 9.4. Componentes de rendimiento

## 9.4.1. Viognier

Componentes de Rendimiento									
V i o g n i e r	Tratamiento	Bloque	Rendimiento	Peso / Pl	Racimos/Pl	Bayas / Racimo	Vol Medio de Bayas	Peso de 200 bayas	Peso / Baya
			[Tn/Ha]	[Kg/Pl]	[N°/Pl]	[N°]	[ml/baya]	[Kg]	[grs]
		PM	I	13,36	2,38	37,25	128,00	0,88	196,20
II			7,94	1,59	31,92	91,00	0,81	191,40	0,96
III			8,23	1,56	31,92	103,00	0,77	175,30	0,88
<b>Media</b>			<b>9,85</b>	<b>1,84</b>	<b>33,69</b>	<b>107,33</b>	<b>0,82</b>	<b>187,63</b>	<b>0,94</b>
<b>DE</b>			<b>3,05</b>	<b>0,46</b>	<b>3,08</b>	<b>18,88</b>	<b>0,06</b>	<b>10,95</b>	<b>0,05</b>
PRP		I	11,80	1,31	12,67	148,00	1,37	314,60	1,57
		II	8,91	1,24	11,33	126,00	1,34	311,80	1,56
		III	8,32	0,89	10,75	135,00	1,20	286,50	1,43
		<b>Media</b>	<b>9,67</b>	<b>1,15</b>	<b>11,58</b>	<b>136,33</b>	<b>1,30</b>	<b>304,30</b>	<b>1,52</b>
		<b>DE</b>	<b>1,86</b>	<b>0,22</b>	<b>0,98</b>	<b>11,06</b>	<b>0,09</b>	<b>15,48</b>	<b>0,08</b>
VSP		I	7,00	0,99	8,50	135,00	1,29	305,10	1,53
		II	6,01	1,12	8,17	119,00	1,36	309,30	1,55
		III	6,33	0,81	9,08	126,00	1,17	276,40	1,38
	<b>Media</b>	<b>6,33</b>	<b>0,81</b>	<b>9,08</b>	<b>126,00</b>	<b>1,17</b>	<b>276,40</b>	<b>1,38</b>	
	<b>DE</b>	<b>0,51</b>	<b>0,15</b>	<b>0,46</b>	<b>8,02</b>	<b>0,10</b>	<b>17,91</b>	<b>0,09</b>	

## 9.4.2. Marselan

Componentes de Rendimiento									
	Tratamiento	Bloque	Rendimiento	Peso / PI	Racimos/PI	Bayas / Racimo	Vol Medio de Bayas	Peso de 200 bayas	Peso / Baya
			[Tn/Ha]	[Kg/PI]	[N°/PI]	[N°]	[ml/baya]	[Kg]	[grs]
Marselan	PM	I	16,90	3,69	136,58	75	0,53	115,50	0,58
		II	14,70	1,94	122,75	80	0,49	104,80	0,52
		III	9,21	1,82	94,33	72	0,49	94,90	0,47
		<b>Media</b>	<b>13,60</b>	<b>2,48</b>	<b>117,89</b>	<b>75,67</b>	<b>0,50</b>	<b>105,07</b>	<b>0,53</b>
		<b>De</b>	<b>3,96</b>	<b>1,05</b>	<b>21,54</b>	<b>4,04</b>	<b>0,02</b>	<b>10,30</b>	<b>0,05</b>
	PRP	I	7,48	1,36	28,92	95	0,63	136,10	0,68
		II	5,29	1,69	27,75	86	0,52	110,90	0,55
		III	5,00	2,06	26,58	83	0,50	113,40	0,57
		<b>Media</b>	<b>5,92</b>	<b>1,71</b>	<b>27,75</b>	<b>88,00</b>	<b>0,55</b>	<b>120,13</b>	<b>0,60</b>
		<b>DE</b>	<b>1,35</b>	<b>0,35</b>	<b>1,17</b>	<b>6,24</b>	<b>0,07</b>	<b>13,88</b>	<b>0,07</b>
	VSP	I	3,11	0,46	10,25	103	0,68	147,50	0,74
		II	2,14	0,34	8,58	97	0,63	128,80	0,64
		III	1,95	0,31	8,50	78	0,68	147,10	0,74
		<b>Media</b>	<b>1,95</b>	<b>0,31</b>	<b>8,50</b>	<b>92,67</b>	<b>0,68</b>	<b>147,10</b>	<b>0,74</b>
		<b>DE</b>	<b>0,62</b>	<b>0,08</b>	<b>0,99</b>	<b>13,05</b>	<b>0,03</b>	<b>10,68</b>	<b>0,05</b>

## 9.4.3. Petit Verdot

Componentes de Rendimiento									
	Tratamiento	Bloque	Rendimiento	Peso / PI	Racimos/PI	Bayas / Racimo	Vol Medio de Bayas	Peso de 200 bayas	Peso / Baya
			[Tn/Ha]	[Kg/PI]	[N°/PI]	[N°]	[ml/baya]	[Kg]	[grs]
Petit Verdot	PM	I	16,29	9,00	77,50	74	0,93	198,80	0,99
		II	21,97	8,25	87,83	88	0,92	199,00	1,00
		III	24,53	8,00	93,08	95	0,88	194,20	0,97
		<b>Media</b>	<b>20,93</b>	<b>8,42</b>	<b>86</b>	<b>86</b>	<b>0,91</b>	<b>197,33</b>	<b>0,99</b>
		<b>DE</b>	<b>4,22</b>	<b>0,52</b>	<b>7,93</b>	<b>10,69</b>	<b>0,03</b>	<b>2,72</b>	<b>0,01</b>
	PRP	I	31,09	7,36	51,50	105	1,31	287,50	1,44
		II	29,62	6,44	64,92	97	1,06	235,20	1,18
		III	32,00	5,44	54,17	113	1,16	261,40	1,31
		<b>Media</b>	<b>30,90</b>	<b>6,41</b>	<b>57</b>	<b>105</b>	<b>1,18</b>	<b>261,37</b>	<b>1,31</b>
		<b>DE</b>	<b>1,20</b>	<b>0,96</b>	<b>7,10</b>	<b>8,00</b>	<b>0,13</b>	<b>26,15</b>	<b>0,13</b>
	VSP	I	19,78	4,67	38,00	93	1,23	279,80	1,40
		II	23,63	5,79	40,08	117	1,17	251,90	1,26
		III	26,34	5,69	41,08	123	1,15	260,60	1,30
		<b>Media</b>	<b>26,34</b>	<b>5,69</b>	<b>41</b>	<b>111</b>	<b>1,15</b>	<b>260,60</b>	<b>1,30</b>
		<b>DE</b>	<b>3,30</b>	<b>0,62</b>	<b>1,57</b>	<b>15,87</b>	<b>0,04</b>	<b>14,28</b>	<b>0,07</b>