



“COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LA VID (*Vitis vinifera*, L.)  
VAR. MERLOT BAJO TRES SISTEMAS DE PROTECCIÓN  
CON MALLA PLÁSTICA ANTIGRANIZO”

ING. AGR. CÉSAR GABRIEL NAHÜEL

Director de tesis: Dr. JORGE ESTEBAN PEREZ PEÑA

Tesis presentada para optar al grado de  
MAGISTER SCIENTIAE

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
MAESTRÍA EN VITICULTURA Y ENOLOGÍA

NOVIEMBRE DE 2013

## COMITÉ EVALUADOR

**ACTA DE TESIS**

-----En **CHACRAS DE CORIA**, en la sede de la **FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS** de la **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO**, siendo las DOCE Y TREINTA (12:30) HORAS del día VEINTICINCO (25) de OCTUBRE del año DOS MIL TRECE (2013), se reúne el Jurado integrado por los siguientes profesionales: **Prof. Ing. Agr. José G. RODRÍGUEZ** (FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS - U.N.CUYO), **Dr. Hernán F. VILA** (INTA), quien es designado presidente del Jurado encargado de evaluar el trabajo de tesis y la exposición oral y pública que sobre el tema: **"COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LA VID (VITIS VINIFERA, L.) VAR. MERLOT BAJO TRES SISTEMAS DE PROTECCIÓN CON MALLA PLÁSTICA ANTIGRANIZO"**, que desarrolló el **Ing. Agr. César Gabriel NAHÜEL**, D.N.I. 27.021.453, para acceder al grado académico de **MAGISTER SCIENTIAE EN VITICULTURA Y ENOLOGÍA**. El **Dr. Yerko Marcelo MORENO SIMUNOVIC** (UNIVERSIDAD DE TALCA - CHILE) quien también integra el jurado evaluador se encuentra ausente en esta instancia de evaluación por razones particulares. Debe aclararse, que el Dr. Moreno remitió oportunamente su valoración del manuscrito en forma escrita. Asiste también el Director de Tesis, **Dr. Jorge E. PÉREZ PEÑA** (INTA), quien tendrá voz pero no voto (Punto V.4.2, ANEXO I, del Reglamento de Carreras de Especialización, Maestría y Doctorado, Modalidad Estructurada, aprobado por Ord. 49/03-C.S.).-----

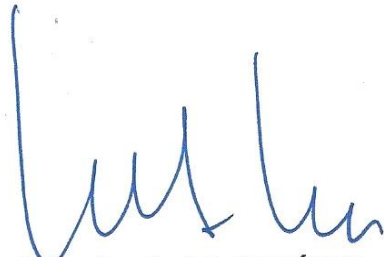
-----Luego de haber analizado los antecedentes y escuchado la exposición del Ing. Agr. NAHÜEL, se concluye: tanto la versión escrita como la exposición oral, merecen la aprobación por parte de este Jurado, por unanimidad.-----

-----El contenido del manuscrito ...(presenta una estructura lógica y coherente una adecuada y actualizada revisión de antecedentes que fundamentan la hipótesis propuesta, la metodología aplicada fue pertinente para alcanzar los objetivos planteados, los resultados se presentaron en forma precisa y detallada con una apropiada discusión de los mismos y las conclusiones presentaron aportes científicos Y tecnológicos importantes. Por lo anteriormente expuesto nuestra opinión es (ALTAMENTE FAVORABLE).-----

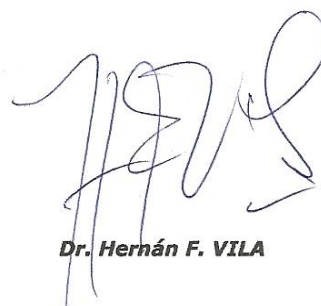
-----La presentación de los resultados se considera correcta. Durante su exposición demostró un conocimiento adecuado del tema y respondió con solvencias a las preguntas que se le formularon. Presentó una prospección para futuras investigaciones que permitiría continuar con nuevas líneas de investigación /desarrollo, aunque eventualmente podrían ser incorporadas otras variantes.-----

-----Sobre la base de lo anteriormente expuesto, este Jurado dictamina que el tesista merece la calificación de: "SOBRESALIENTE".-----

-----Siendo las DOCE CUARENTA Y CINCO (12:45) se da por terminado el acto, firmando para constancia los miembros integrantes del Jurado, en el lugar y fecha ut-supra.-----



**Prof. Ing. Agr. José G. RODRÍGUEZ**



**Dr. Hernán F. VILA**

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, por las bendiciones y pruebas diarias.

Al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, por otorgarme el tiempo para el cursado y recursos económicos para el ensayo de tesis.

A mi Director de Tesis, Dr. Jorge Perez Peña (Pata), por la valiosa dedicación, orientación y aportes.

A la Estación Experimental Agropecuaria Rama Caída INTA, por facilitar instrumental; a Claudio y Pablo por la valiosa colaboración.

A la Estación Experimental Agropecuaria Mendoza INTA, por facilitar instrumentos de medición, a Gabriela, Eugenia y Marcos por instruirme en el manejo del mismo.

A Guillermo Guida, Jefe de la Agencia de Extensión Rural San Rafael del INTA, por facilitarme tiempo y movilidad para llevar adelante el ensayo.

Al Marcelo Garretón de la empresa Bodega Casa Bianchi por su confianza y consejos; al personal de campo y laboratorio de la empresa por la invaluable colaboración en el ensayo.

A Renzo Beltramo y Facundo Peralta, por colaborar en las mediciones.

A la señora Norma Pieralisi, bibliotecaria de la EEA Mendoza INTA.

A mis padres Teresa y Domingo y mis hermanos Fanny, Romina y Daniel, por el apoyo económico, por sus consejos y estar presentes en todo momento.

A Silvia, Carlos y Leonardo, mi segunda familia, por abrirme las puertas de su hogar.

A mis compañeros de trabajo Daniel y Rubén, por la lectura y sugerencias en la redacción.

A Carlos Sortino, por traducción de publicaciones en Alemán.

Finalmente a mi esposa, Stella Maris, por su compañía, comprensión y ayuda espiritual en todo momento; y a mis hijos, por el tiempo privado en compartir juegos y travesuras.

A todos, mi más sincero agradecimiento.

## RESÚMEN

La viticultura representa una de las actividades productivas más importantes en Mendoza. El área cultivada se ve afectada con frecuencia por heladas y granizadas, que derivan en pérdidas de producción. Respecto al granizo, de la superficie afectada anualmente, más del 50% registra un daño del 100%. La protección de los cultivos con malla antigranizo modifica las condiciones microclimáticas. El sistema de instalación Grembiule es el más utilizado para proteger los viñedos conducidos en espaldero, pero existen variantes como el túnel y malla unida en el interfilar. Las coberturas con malla antigranizo constituyen un método de defensa muy efectivo por lo que se ha incrementado la superficie protegida. Con el objeto de estudiar la influencia de la protección con malla plástica antigranizo sobre el comportamiento de la vid (*Vitis vinifera*, L.) y el microclima, se instaló una parcela de ensayo en San Rafael, Mendoza (Argentina). Se trabajó con un viñedo variedad Merlot, de 12 años, Clon 347 (A), Pie 101-14, conducido en espaldero, plantado a 3 m entre hileras x 1,5 m entre plantas y regado por goteo. Se probaron cuatro tratamientos dispuestos en un diseño experimental de parcelas al azar: Testigo “Te”, sin protección antigranizo; Grembiule “Gr”; Túnel “Tu” y Malla unida “Mu”. Se midieron variables meteorológicas, algunas variables vegetativas y fisiológicas, y variables de composición de baya. Las protecciones con malla antigranizo modificaron las condiciones microclimáticas. El sistema de instalación Malla unida presentó mayor similitud con el testigo en el comportamiento microclimático; las condiciones generadas por los sistemas instalados en Gr y Túnel presentaron mayor humedad relativa, menores valores de temperatura, menor porcentaje de PPFD incidente en la canopia y mayor reducción de la velocidad del viento. El presente ensayo permitió establecer que el microclima generado por las protecciones antigranizo influyó en el comportamiento de las plantas, reflejándose en un mayor potencial hídrico foliar (Gr y Tu), mayor fotosíntesis neta (bajo los tres sistemas de protección en el segundo monitoreo), el menor peso de baya (Tu) y la mayor concentración de antocianos totales (Gr).

Palabras claves: Microclima, malla antigranizo, sistemas de instalación, potencial hídrico foliar, fotosíntesis, antocianos.

## ABSTRACT

Viticulture is one of the most important productive activities in Mendoza. The cultivated area is often affected by frost and hail, which result in production losses. Regarding the hail, the area affected annually, over 50% of the same registers 100% damage. Since the antihail net is a very effective method of defense, in recent years the vineyard area with antihail net has increased. The installation system Grempiule, is the most used to protect vineyards trellised as VPS although there are other variants like the tunnel and mesh joined in the interrow. The antihail net modifies the microclimate by reducing solar radiation, air temperature and wind speed, and increasing relative humidity. In order to evaluate the influence of antihail net and alternate installation methods on grapevine behavior (*Vitis vinifera*, L.), a experiment was conducted in San Rafael, Mendoza (Argentina), on a 12 year old Merlot vineyard, Clone 347 (A), 101-14 rootstock, trained in a spur pruned bilateral cordon trellis, planted at 3 m x 1.5 m and drip irrigated. Four treatments with four replications, were arranged in a completely randomized experimental design: Control (Te), without protection against hail; Grempiule (Gr); Tunnel (Tu) and doined Mesh (Mu). Meteorological, physiological and berry composition were measured. The antihail net modified microclimatic conditions. The installation system doined Mesh effects on the microclimate were similar to those of the Control. The Gr and Tu registered higher relative humidity, lower temperature, lower percentage of incident PPFD in the canopy and further reduction the wind speed. This trial demonstrated that antihail net modified the microclimate and influenced the behavior of plants, reflected in higher leaf water potential (Gr and Tu), higher net photosynthesis in second date (Gr, Tu and Mu), reduced berry weight (Tu) and the higher concentration of total anthocyanins (Gr).

Keywords: Microclimate, antihail net, installation systems, leaf water potential, photosynthesis, anthocyanin.

## ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.	IMPORTANCIA ECONÓMICA .....	2
1.2.	PROTECCIÓN ANTIGRANIZO .....	3
1.3.	MODIFICACIÓN DEL MICROCLIMA .....	4
1.3.1.	Variables vegetativas y fisiológicas .....	5
1.3.2.	Composición de la baya.....	6
1.4.	ANTECEDENTES EN VIÑEDOS .....	8
1.5.	OBJETIVOS E HIPÓTESIS .....	10
1.5.1.	Objetivo general.....	10
1.5.2.	Objetivos específicos .....	10
1.5.3.	Hipótesis .....	10
2.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	12
2.1.	SITIO DEL ENSAYO .....	12
2.2.	VIÑEDO .....	13
2.3.	TRATAMIENTOS .....	14
2.4.	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	18
2.5.	MEDICIONES MICROCLIMÁTICAS .....	19
2.5.1.	Temperatura y Humedad Relativa.....	19
2.5.2.	Radiación .....	21
2.5.3.	Velocidad del Viento.....	21
2.6.	MEDICIONES FISIOLÓGICAS Y VEGETATIVAS .....	21
2.6.1.	Fotosíntesis, transpiración y conductancia estomática.....	21
2.6.2.	Potencial hídrico foliar.....	22
2.6.3.	Peso de poda .....	22
2.6.4.	Longitud de sarmientos.....	22
2.7.	CARACTERIZACIÓN DE LA COSECHA .....	22
2.7.1.	Rendimiento.....	22
2.7.2.	Composición de bayas .....	23
2.8.	CONDICIONES Y MANEJO DEL CULTIVO .....	23
2.9.	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS .....	24
3.	RESULTADOS.....	25
3.1.	FENOLOGÍA DEL CULTIVAR .....	25
3.2.	EFECTOS MICROCLIMÁTICOS .....	25
3.2.1.	Temperatura y Humedad Relativa.....	25
3.2.1.1.	Análisis global (desde 16-01-2011 al 24-02-2011).....	25
3.2.1.2.	Análisis día 16-01-2011 .....	28
3.2.1.3.	Análisis día 27-01-2011 .....	31
3.2.1.4.	Análisis día 22-02-2011 .....	34
3.2.2.	Valores máximos, mínimos y medios.....	36
3.2.2.1.	Temperatura máxima diaria.....	36
3.2.2.2.	Temperatura media diaria.....	37
3.2.2.3.	Temperatura mínima diaria .....	39
3.2.2.4.	Humedad relativa máxima diaria.....	39
3.2.2.5.	Humedad relativa media diaria.....	40
3.2.2.6.	Humedad relativa mínima diaria.....	42

3.2.3. <i>Caracterización de la temperatura por sumatoria</i> .....	43
3.2.4. <i>Radiación</i> .....	44
3.2.5. <i>Velocidad del Viento</i> .....	45
3.3. VARIABLES FISIOLÓGICAS Y VEGETATIVAS .....	46
3.3.1. <i>Fotosíntesis</i> .....	46
3.3.2. <i>Conductancia estomática</i> .....	48
3.3.3. <i>Transpiración</i> .....	48
3.3.4. <i>Potencial hídrico foliar</i> .....	49
3.3.5. <i>Poda</i> .....	50
3.4. CARACTERIZACIÓN DE LA COSECHA .....	51
3.4.1. <i>Rendimiento y componentes</i> .....	51
3.4.2. <i>Composición de bayas</i> .....	53
3.4.2.1. <i>Evolución de sólidos solubles (° brix)</i> .....	53
3.4.2.2. <i>Evolución de pH</i> .....	53
3.4.2.3. <i>Evolución de acidez total (g/L ácido tartárico)</i> .....	54
3.4.2.4. <i>Índice de polifenoles totales (IPT) y antocianos totales</i> .....	55
3.5. ANÁLISIS COMPLEMENTARIO .....	55
3.5.1. <i>Coefficientes de Correlación</i> .....	55
3.5.2. <i>Análisis de senderos</i> .....	56
3.5.2.1. <i>Potencial hídrico foliar del mediodía</i> .....	56
3.5.2.2. <i>Fotosíntesis neta del mediodía</i> .....	57
4. DISCUSIÓN.....	59
5. CONCLUSIONES .....	64
<i>PRINCIPALES APORTES</i> .....	65
6. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA .....	67
7. ANEXO .....	73
7.1. Anexo I: potencial hídrico foliar (mpa) registrados en los distintos tratamientos cv. Merlot, correspondiente a los monitoreos realizados los días 27-01-2011 y 09-03-2011. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (tukey $p \leq 0,05$ ). Average values of leaf water potential (mpa) recorded in the different treatments cv. Merlot, corresponding to the monitoring conducted on 01-27-2011 and 03-09-2011. Means with common letter are not significantly different (tukey $p \leq 0.05$ ).....	73
7.2. Anexo II: Coeficientes de correlación (pearson) y probabilidad de correlación nula, cv. Merlot. Correlation coefficients (pearson) and probability of no correlation, cv. Merlot .....	74
7.3. Anexo III: Coeficientes de sendero (potencial hídrico foliar del mediodía). Coefficients of path (midday leaf water potential) .....	75
7.4. Anexo IV: Coeficientes de sendero (antocianos totales). Coefficients of path (total anthocyanins).....	76
7.5. Anexo V: coeficientes de sendero (fotosíntesis neta del mediodía). Coefficients of path (net photosynthesis midday) .....	77
7.6. Anexo VI: coeficientes de sendero (peso de baya). Coefficients of path (weight of berry).....	77

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Superficie con vid afectada por granizo y superficie con daño del 100% en la provincia de Mendoza. <sup>(1)</sup> INV, 2010; <sup>(2)</sup> DACC, 1999-2010. Table 1: Viticulture area affected by hail and area with 100% damage in the province of Mendoza. <sup>(1)</sup> INV, 2010, <sup>(2)</sup> DACC, 1999-2010.....	2
Tabla 2: Temperatura (°C) registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot cada 30 min en el interior de la canopia desde el 16-01-2011 hasta el 24-02-2011, en cuyos horarios el análisis de datos mostró diferencias estadísticamente significativas. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey $\leq 0,05$ ). Table 2: Temperature (° C) recorded in the different treatments cv. Merlot every 30 min inside the canopy from on 01-16-2011 up on 02-24-2011, in whose time the data analysis showed statistically significant differences. Means with common letter are not significantly different (Tukey $p \leq 0,05$ ).....	27
Tabla 3: Temperatura (°C) registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot cada 30 min en el interior de la canopia. Día 16-01-2011, en cuyos horarios se observó diferencias estadísticamente significativas. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey $\leq 0,05$ ). Table 3: Temperature (° C) recorded in the different treatments cv. Merlot every 30 minutes inside the canopy, Day 01-16-2011, in whose time the data analysis showed statistically significant differences. Means with common letter are not significantly different (Tukey $\leq 0.05$ ).....	29
Tabla 4: Humedad relativa (%) registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot cada 30 min en el interior de la canopia. Día 16-01-2011, en cuyos horarios el análisis de datos mostró diferencias estadísticamente significativas. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey $\leq 0,05$ ). Table 4: Relative humidity (%) recorded in the different treatments cv. Merlot every 30 minutes inside the canopy, Day 01-16-2011, in whose time the data analysis showed statistically significant differences. Means with common letter are not significantly different (Tukey $\leq 0.05$ ).....	30
Tabla 5: Temperatura (°C) registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot cada 30 min en el interior de la canopia durante el día 27-01-2011, en cuyos horarios el análisis de datos mostró diferencias estadísticamente significativas. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey $\leq 0,05$ ). Table 5: Temperature (° C) recorded in the different treatments cv. Merlot every 30 minutes inside the canopy during the day 01-27-2011, in whose time the data analysis showed statistically significant differences. Means with common letter are not significantly different (Tukey $\leq 0.05$ ).....	32
Tabla 6: Humedad relativa (%) registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot cada 30 min en el interior de la canopia durante el día 27-01-2011, en cuyos horarios el análisis de datos mostró diferencias estadísticamente significativas. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey $\leq 0,05$ ). Table 6: Relative humidity (%) recorded in the different treatments cv. Merlot every 30 minutes inside the canopy during the day 01-27-2011, in whose time the data analysis showed statistically significant differences. Means with common letter are not significantly different (Tukey $\leq 0.05$ ).....	33



Tabla 7: Temperatura (°C) registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot cada 30 min en el interior de la canopia durante el día 22-02-2011, en cuyos horarios el análisis de datos mostró diferencias estadísticamente significativas. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey  $\leq 0,05$ ). Table 7: Temperature (°C) recorded in the different treatments cv. Merlot every 30 minutes inside the canopy, day 01-27-2011, in whose time the data analysis showed statistically significant differences. Means with common letter are not significantly different (Tukey  $\leq 0.05$ ). .....35

Tabla 8: Fechas en las que se registró diferencias significativas en la temperatura máxima diaria (°C) registradas en los distintos tratamientos cv. Merlot, en el interior de la canopia. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Table 8: Dates on which there was significant difference in daily maximum temperature (°C) recorded in the different treatments cv. Merlot, inside the canopy. Means with common letter are not significantly different (Tukey  $\leq 0.05$  ....37

Tabla 9: Fechas en las que se registró diferencias significativas en la temperatura media diaria (°C) registradas en los distintos tratamientos cv. Merlot, en el interior de la canopia. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Table 9: Dates on which there was significant difference in daily maximum temperature (°C) recorded in the different treatments cv. Merlot, inside the canopy. Means with common letter are not significantly different (Tukey  $\leq 0.05$ . .....38

Tabla 10: Fechas en las que se registró diferencias significativas en la humedad relativa media diaria (%) registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot, en el interior de la canopia. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Table 10: Dates on which there was significant difference in average daily relative humidity (%) recorded in the different treatments cv. Merlot, inside the canopy. Means with common letter are not significantly different (Tukey  $\leq 0.05$ ). .....41

Tabla 11: Fechas en las que se registró diferencias significativas en la humedad relativa mínima diaria (%) registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot, en el interior de la canopia. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Table 11: Dates on which there was significant difference in minimum daily relative humidity (%) recorded in the different treatments cv. Merlot, inside the canopy. Means with common letter are not significantly different (Tukey  $\leq 0.05$ ). .....43

Tabla 12: Sumatoria de temperatura registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot, en interior de la canopia. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Table 12: Sum of temperature in the different treatments cv. Merlot, inside the canopy. Means with common letter are not significantly different (Tukey  $p \leq 0.05$ ). .....43

Tabla 13: Flujo de fotones fotosintéticamente activos (PPFD) medidos en las caras este y oeste de la canopia y en el centro de la misma ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ). Valores medios y porcentuales registrados en los distintos tratamientos cv. Merlot, días 26-01-2011 y 05-03-2011. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Table 13 Photosynthetically active photon flux: measured in the east and west sides of the canopy and in the middle of it ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ). Mean values and

percentage recorded in the different treatments cv. Merlot, 01-26-2011 and 05-03-2011. Means with common letter are not significantly different (Tukey  $p \leq 0.05$ ). ..44

Tabla 14: Velocidad del viento ( $m s^{-1}$ ), máxima y media registradas en los distintos tratamientos cv. Merlot, los días 03-02-2011 y 17-02-2011. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Table 14: Wind speed ( $m s^{-1}$ ), maximum and average recorded in the different treatments cv. Merlot, on 02-03-2011 and 17-02-2011. Means with common letter are not significantly different (Tukey  $p \leq 0.05$ ). .....46

Tabla 15: Media de los valores registrados de la variable Conductancia Estomática ( $mmol m^{-2} s^{-1}$ ), en los distintos tratamientos cv. Merlot durante los días 27-01-2011 y 09-03-2011. Table 15: Average of the recorded values of the variable stomatal conductance ( $mmol m^{-2} s^{-1}$ ), in the different treatments cv. Merlot in the days 01-27-2011 and 03-09-2011. ....48

Tabla 16: Media de los valores registrados de la variable Transpiración ( $mmol m^{-2} s^{-1}$ ), en los distintos tratamientos cv. Merlot durante los días 27-01-2011 y 09-03-2011. Table 16: Average of the recorded values of the variable transpiration ( $mmol m^{-2} s^{-1}$ ), in the different treatments cv. Merlot in the days 01-27-2011 and 03-09-2011.....48

Tabla 17: Antocianos totales e IPT a cosecha, registrados en los distintos tratamientos cv. Merlot. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Table 17: Total Anthocyanins and IPT to harvest, recorded in the different treatments cv. Merlot. Means with common letter are not significantly different (Tukey  $p \leq 0.05$ ). .....55

Tabla 18: Coeficientes de correlación entre variables monitoreadas el 27-01-2011, cv. Merlot (Correlación Pearson). Table 18: Correlation coefficients between variables monitored on 01-27-2011, cv. Merlot (Pearson Correlation). .....56

Tabla 19: Coeficientes de sendero, variable dependiente: Potencial hídrico foliar del mediodía. Table 19: Coefficient of path, dependent variable: midday leaf water potential. ....57

Tabla 20: Coeficientes de sendero, variable dependiente: Fotosíntesis neta del mediodía. Table 20: Coefficients of path, dependent variable: net photosynthesis midday. ....58

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Áreas cultivadas (oasis) de la provincia de Mendoza (Argentina). Figure 1: Cultivated areas (oasis) in the province of Mendoza (Argentina).....	1
Figura 2: Climograma de Las Paredes, San Rafael – Mendoza (Argentina). Elaboración sobre la base de serie de datos del S.M.N., 1971-1990. Figure 2: Climograma de Las Paredes, San Rafael - Mendoza (Argentina). Developed on the basis of the S.M.N. data set, 1971-1990. ....	12
Figura 3: Área cultivada de San Rafael (Mendoza – Argentina) con principales curvas de nivel (m.s.n.m.). <u>Referencias:</u> * parcela de ensayo, ubicada en el distrito Las Paredes; • Ciudad de San Rafael (Catania C. y Avagnina S., 2007). Figure 3: Cultivated area of San Rafael (Mendoza - Argentina) with main level curves (m.a.s.l.). <u>References:</u> * Experimental plot, located in Las Paredes district; • San Rafael City (Catania C. and Avagnina S., 2007).....	13
Figura 4: Esquema del tratamiento Testigo (izquierda) y fotografía ilustrativa (derecha). Figure 4: Diagram of control treatment (left) and illustrative photograph (right). ....	14
Figura 5: Esquema del tratamiento Grembiule (izquierda) y fotografía ilustrativa (derecha). Figure 5: Diagram of Grembiule treatment (left) and illustrative photograph (right).....	15
Figura 6: Esquema del tratamiento Túnel (izquierda) y fotografía ilustrativa (derecha). Figure 6: Diagram of Tunnel treatment (left) and illustrative photograph (right). ....	15
Figura 7: Esquema del tratamiento Malla unida (izquierda) y fotografía ilustrativa (derecha). Figure 7: Diagram of Malla unida treatment (left) and illustrative photograph (right).....	16
Figura 8: Malla antigranizo utilizada en el ensayo. Figure 8: Hail net used in the test. ....	17
Figura 9: Mapa de homogeneidad de plantas basado en el diámetro de troncos (cm). La línea punteada a la izquierda del gráfico, señala el sector seleccionado por presentar mayor homogeneidad. Figure 9: Plants homogeneity map based on the diameter of logs (cm). Dotted line to the left of the graph, indicates the selected sector to present greater homogeneity. ....	18
Figura 10: Distribución de los tratamientos y repeticiones, en un diseño de parcelas al azar. Figure 10: Distribution of treatments and replications in a randomized plot design. ....	19
Figura 11: Esquema fenológico del cultivo desde brotación a cosecha. <i>Vitis vinifera</i> , L. cv. Merlot, San Rafael 2010-2011. Figure 11: Crop phenological scheme from budbreak to harvest. <i>Vitis vinifera</i> , L. cv. Merlot, San Rafael 2010-2011.....	25
Figura 12: Evolución de la temperatura (°C) registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot cada 30 min, en el interior de la canopia desde el 16-01-2011 hasta el 24-02-2011. Las barras indican error estándar. Figure 12: Evolution of temperature (°C) recorded in the different treatments cv. Merlot every 30 min, inside the canopy from on 01-16-2011 up on 02-24-2011. Bars show standard error.....	26

- Figura 13: Evolución de la humedad relativa (%) registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot cada 30 min, en el interior de la canopia desde el 16-01-2011 hasta el 24-02-2011. Las barras indican error estándar. Figure 13: Evolution of relative humidity (%) recorded in the different treatments cv. Merlot every 30 min, inside the canopy from on 01-16-2011 up on 02-24-2011. Bars show standard error. ....27
- Figura 14: Evolución diaria de la temperatura (°C), registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot cada 30 min, en interior de la canopia; día 16-01-2011. Las barras indican error estándar. Figure 14: Daily evolution of the temperature (° C), recorded in the different treatments cv. Merlot every 30 min, inside the canopy; 01-16-2011. Bars show standard error. ....28
- Figura 15: Evolución diaria de la humedad relativa (%), registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot cada 30 min, en interior de la canopia; día 16-01-2011. Las barras indican error estándar. Figure 15: Daily course of relative humidity (%), recorded in the different treatments cv. Merlot every 30 min, inside the canopy; 01-16-2011. Bars show standard error. ....30
- Figura 16: Evolución diaria de la temperatura (°C), registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot cada 30 min, en interior de la canopia; día 27-01-2011. Las barras indican error estándar. Figure 16: Daily course of temperature (° C), recorded in the different treatments cv. Merlot every 30 min, inside the canopy; 01-27-2011. Bars show standard error. ....31
- Figura 17: Evolución diaria de la humedad relativa (%), registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot cada 30 min, en interior de la canopia; día 27-01-2011. Las barras indican error estándar. Figure 17: Daily course of relative humidity (%), registered in the different treatments cv. Merlot every 30 min, inside the canopy; 01-27-2011. Bars show standard error. ....33
- Figura 18: Evolución diaria de la temperatura (°C), registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot cada 30 min, en interior de la canopia; día 22-02-2011. Las barras indican error estándar. Figure 18: Daily course of temperature (°C), recorded in the different treatments cv. Merlot every 30 min, inside the canopy; 02-22-2011. Bars show standard error. ....34
- Figura 19: Evolución diaria de la humedad relativa (%), registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot cada 30 min, en interior de la canopia; día 22-02-2011. Las barras indican error estándar. Figure 19: Daily course of relative humidity (%), recorded in the different treatments cv. Merlot every 30 min, inside the canopy, 02-22-2011. Bars show standard error. ....35
- Figura 20: Comportamiento de la temperatura (°C) máxima diaria registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot, en el interior de la canopia, desde el 16-01-2011 hasta el 24-02-2011. Las barras indican error estándar. Figure 20: Behavior of temperature (°C) maximum daily recorded in the different treatments cv. Merlot, inside the canopy, from on 01-16-2011 up on 02-24-2011. Bars show standard error. ....36
- Figura 21: Comportamiento de la temperatura (°C) media diaria registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot, en el interior de la canopia, desde el 16-01-2011 hasta el 24-02-2011. Las barras indican error estándar. Figure 21: Behavior of average temperature (°C) daily recorded in the different treatments cv. Merlot, inside the canopy, from on 01-16-2011 up on 02-24-2011. Bars show standard error. ....38

Figura 22: Comportamiento de la temperatura (°C) media diaria registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot, en el interior de la canopia, desde el 16-01-2011 hasta el 24-02-2011. Las barras indican error estándar. Figure 22: Behavior of average temperature (°C) daily recorded in the different treatments cv. Merlot, inside the canopy, from on 01-16-2011 up on 02-24-2011. Bars show standard error. ....39

Figura 23: Comportamiento de la humedad relativa (%) media diaria registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot, en el interior de la canopia, desde el 16-01-2011 hasta el 24-02-2011. Las barras indican error estándar. Figure 23: Behavior of maximum relative humidity (%) daily recorded in the different treatments cv. Merlot, inside the canopy, from on 01-16-2011 up on 02-24-2011. Bars show standard error. ....40

Figura 24: Comportamiento de la humedad relativa media diaria (%) registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot, en el interior de canopia, desde el 16-01-2011 hasta el 24-02-2011. Las barras indican error estándar. Figure 24: Behavior of daily average relative humidity (%) recorded in the different treatments cv. Merlot, inside the canopy, from on 01-16-2011 up on 02-24-2011. Bars show standard error. ....41

Figura 25: Comportamiento de la humedad relativa mínima diaria (%) registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot, en el interior de canopia, desde el 16-01-2011 hasta el 24-02-2011. Las barras indican error estándar. Figure 25: Behavior of daily minimum relative humidity (%) recorded in the different treatments cv. Merlot, inside the canopy from, on 01-16-2011 up on 02-24-2011. Bars show standard error. ....42

Figura 26: Comportamiento de la variable fotosíntesis neta ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot durante el día 27-01-2011. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes, *ns* = no significativo (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Las barras indican error estándar. Figure 26: Performance of the variable net photosynthesis ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), registered in the different treatments cv. Merlot daytime 01-27-2011. Means with common letter are not significantly different, *ns* = not significant (Tukey  $p \leq 0.05$ ). Bars show standard error.....47

Figura 27: Comportamiento de la variable fotosíntesis neta ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot durante el día 09-03-2011. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes, *ns* = no significativo (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Las barras indican error estándar. Figure 27: Performance of the variable net photosynthesis ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), registered in the different treatments cv. Merlot daytime 03-09-2011. Means with common letter are not significantly different, *ns* = not significant (Tukey  $p \leq 0.05$ ). Bars show standard error.....47

Figura 28: Evolución diaria del potencial hídrico foliar (MPa) registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot, correspondiente a día 27-01-2011. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes, *ns* = no significativo (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Las barras indican error estándar. Figure 28: Daily evolution of leaf water potential (MPa) recorded in the different treatments cv. Merlot, for day 01-27-2011. Means with common letter are not significantly different, *ns* = not significant (Tukey  $p \leq 0.05$ ). Bars show standar error.....49

Figura 29: Evolución diaria del potencial hídrico foliar (MPa) registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot, correspondiente a día 09-03-2011. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes, *ns* = no significativo (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Las barras indican error estándar. Figure 29: Daily evolution of leaf water potential (MPa) recorded in

the different treatments cv. Merlot, for day 03-09-2011. Means with common letter are not significantly different, *ns* = not significant (Tukey  $p \leq 0.05$ ). Bars show standar error. ....50

Figura 30: Peso del material extraído por poda (Kg/planta) en los distintos tratamientos cv. Merlot. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Las barras indican error estándar. Figure 32: Weight of material extracted by pruning (Kg / plant) in the different treatments cv. Merlot. Means with common letter are not significantly different (Tukey  $p \leq 0.05$ ). Bars show standard error.....51

Figura 31: Media de las variables número de racimos por planta y peso de la uva cosechada por planta (Kg) en cada tratamiento cv. Merlot. Las barras indican error estándar. Figure 30: Average variable number of clusters per plant and weight of the grapes harvested per plant (Kg) in each treatment cv. Merlot. Bars show standard error.....52

Figura 32: Media del peso de baya (g) y número de bayas por racimo registrados en los distintos tratamientos cv. Merlot. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Las barras indican error estándar. Figure 31: Average berry weight (g) and number of berries per cluster recorded in the different treatments cv. Merlot. Means with common letter are not significantly different (Tukey  $p \leq 0.05$ ). Bars show standard error.....52

Figura 33: Evolución de sólidos solubles (Brix) registrados, en los distintos tratamientos cv. Merlot, desde 24-01-2011 hasta 15-03-2011. Las barras indican error estándar. Figure 33: Evolution of soluble solids (Brix) recorded, in the different treatments cv. Merlot, from 01-24-2011 to 15-03-2011. Bars show standard error...53

Figura 34: Evolución del pH registrado, en los distintos tratamientos cv. Merlot, desde 24-01-2011 hasta 15-03-2011. Las barras indican error estándar. Figure 34: Evolution of pH recorded, in the different treatments cv. Merlot, from 01-24-2011 to 03-15-2011. Bars show standard error.....54

Figura 35: Evolución de la acidez total (g/L de ácido tartárico) registrada, en los distintos tratamientos cv. Merlot, desde 24-01-2011 hasta 15-03-2011. Las barras indican error estándar. Figure 35: Evolution of the total acidity (g / L tartaric acid) recorded, in the different treatments cv. Merlot, from 01-24-2011 to 03-15-2011. Bars show standard error...54

## 1. INTRODUCCIÓN

La provincia de Mendoza es la principal productora de uva en la República Argentina. Se encuentra ubicada en el centro-oeste del territorio nacional y se caracteriza por presentar bajas precipitaciones, concentradas principalmente en primavera y verano. La agricultura en la provincia se ha desarrollado en cuatro oasis: Norte, Este, Valle de Uco y Sur (Figura 1). Estos son irrigados por el Río Mendoza (oasis Norte y Este), Río Tunuyán (oasis Valle de Uco y Este), Ríos Diamante, Atuel y Malargüe (oasis Sur), en los que actualmente se desarrollan diversas actividades agrícolas; representan una superficie cultivada de 298.448 ha (DACC, 2011), que equivalen a un 2% de la superficie provincial (Ministerio del Interior, 2011).

La viticultura en la provincia de Mendoza representa una de las actividades productivas más importantes, con una participación del 46,5% del valor agregado bruto agropecuario (D.E.I.E., 2009). Cuenta con 16.983 viñedos, los que representan una superficie de 160.704 hectáreas (I.N.V., 2010).

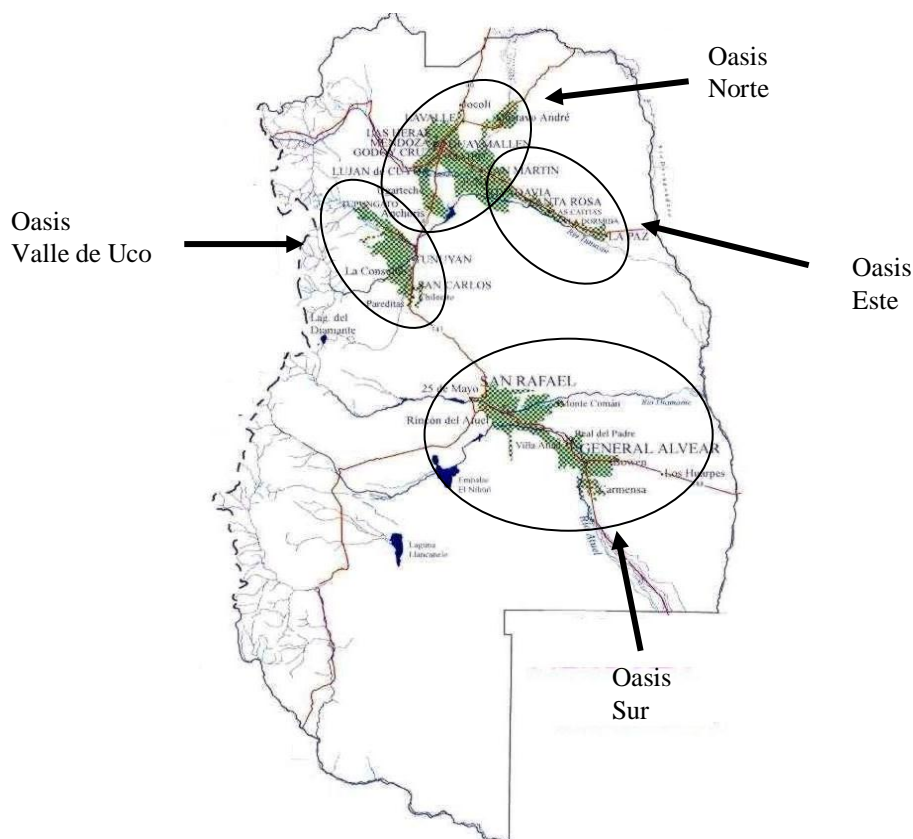


Figura 1: Áreas cultivadas (oasis) de la provincia de Mendoza (Argentina).  
Figure 1: Cultivated areas (oasis) in the province of Mendoza (Argentina).

El área cultivada se ve afectada con frecuencia por heladas y granizadas, lo que deriva en pérdidas de producción. El granizo se origina en nubes convectivas y la precipitación ocurre en los momentos en que se produce un intenso calentamiento del suelo, lo que en la región de Cuyo sucede generalmente entre los meses de octubre y abril, siendo mayor su frecuencia entre las 16:00 y las 23:00 horas, posterior a las máximas temperaturas ocurridas durante el día (Ortiz Maldonado, 1991).

### 1.1. IMPORTANCIA ECONÓMICA

El daño económico que provoca esta adversidad meteorológica (granizo), puede representar, a las empresas agropecuarias, hasta el 100 % de la producción. Respecto a esto, de la superficie promedio afectada anualmente (20.423 ha), más del 50% de la misma registra un daño del 100% (DACC, 1999-2010) (Tabla 1).

Tabla 1: Superficie con vid afectada por granizo y superficie con daño del 100% en la provincia de Mendoza. <sup>(1)</sup> INV, 2010; <sup>(2)</sup> DACC, 1999-2010.  
Table 1: Viticulture area affected by hail and area with 100% damage in the province of Mendoza. <sup>(1)</sup> INV, 2010, <sup>(2)</sup> DACC, 1999-2010

Temporada	<sup>(1)</sup> Superficie Vid (ha)	<sup>(2)</sup> Superficie afectada por granizo (ha)	Proporción de superficie c/daño	<sup>(2)</sup> Superficie con 100% de daño (ha)	Proporción c/daño 100%	Proporción c/daño 100% (relativo a la superficie afectada)
1998-1999	143.698	13.868,3	9,7%	7.884,9	5,5%	56,9%
1999-2000	142.275	40.406,4	28,4%	24.986,4	17,6%	61,8%
2000-2001	141.081	8.073,0	5,7%	4.518,7	3,2%	56,0%
2001-2002	143.052	17.965,6	12,6%	10.277,2	7,2%	57,2%
2002-2003	144.954	18.710,5	12,9%	10.312,1	7,1%	55,1%
2003-2004	146.082	10.498,3	7,2%	6.493,9	4,4%	61,9%
2004-2005	148.619	18.931,0	12,7%	10.723,1	7,2%	56,6%
2005-2006	152.927	20.892,4	13,7%	11.328,3	7,4%	54,2%
2006-2007	156.570	19.799,9	12,6%	11.035,2	7,0%	55,7%
2007-2008	158.826	28.763,5	18,1%	12.588,2	7,9%	43,8%
2008-2009	158.964	28.967,9	18,2%	16.405,4	10,3%	56,6%
2009-2010	160.704	18.200,5	11,3%	9.975,7	6,2%	54,8%



De todos modos, el daño en los cultivos por una granizada no sólo contempla pérdidas de producción. Para recuperar el nivel de producción deben transcurrir entre una y dos temporadas (Alturria, 2007). La magnitud del daño depende de la intensidad de la granizada y del estado fenológico del cultivo (Di Césare, 1997); en primavera se ven afectados frutos en crecimiento y follaje; en verano, además de aquel en frutos, el daño del follaje afectará la actividad fotosintética responsable de la formación de sustancias orgánicas que determinan formación y desarrollo de nuevas yemas florales; y en otoño el granizo provoca la caída anticipada de hojas, afectando la reposición de reservas.

Las pérdidas atribuibles al granizo son mayores a las que se determinan por la pérdida de producción, porque la uva que se puede cosechar presenta una reducción de su calidad enológica. Las pérdidas de cantidad y calidad originan problemas en la elaboración generando costos de no calidad que pueden ser soportados por bodegas con fincas propias, pero para el productor no integrado las pérdidas económicas son significativas (Alturria, 2007). Considerando como destino el consumo en fresco, además de las mermas en el rendimiento, el efecto del granizo ocasiona graves perjuicios económicos por la menor calidad de los frutos (Di Césare, 1997).

## **1.2. PROTECCIÓN ANTIGRANIZO**

Uno de los métodos de defensa utilizados para proteger los cultivos contra el granizo es la cobertura con mallas plásticas antigranizo. Ensayos de protección de cultivos muestran que es un método de protección muy efectivo contra el daño de granizo (Di Césare, 1997; Garnaud, 1998; Iglesias *et al.*, 2006). Debido a esto, en los últimos años los productores han adoptado masivamente la cobertura de los cultivos con mallas plásticas como método de defensa.

La provincia de Mendoza ha incrementado la superficie protegida con malla antigranizo, dado que es el método más fiable. La superficie con vid protegida era en el año 2002 de 5.908 ha y aumentó en el 2009 a 8.489 ha, lo que representa un aumento del 43% y una variación porcentual con respecto a la superficie total cultivada con vid del 4,4% al 5,3%. En San Rafael, departamento mendocino de mayor superficie vitícola protegida con malla antigranizo, la variación porcentual respecto a la superficie total cultivada con vid fue de 2.109 ha (13,8%) a 2.915 ha (17,7%) del año 2002 al 2009 respectivamente (D.E.I.E. sobre la base del CNA

2002; INV: Registro de Viñedos y Superficie al cierre de cosecha 2010; INV: Exp. S93-0007765/2010, 2011).

El sistema de instalación denominado Grembiule (del italiano “delantal o guardapolvo”), es el más utilizado por los productores para la protección de los viñedos conducidos en espaldero. Otros sistemas de instalación o variantes del grembiule son el túnel y malla unida en el interfilar (con uniones flexibles). Si bien puede utilizarse el sistema en capilla o de doble vertiente, su empleo se justifica principalmente para viñedos conducidos en parral por su mayor costo de instalación (Cabral *et al.*, 1999).

### 1.3. MODIFICACIÓN DEL MICROCLIMA

La protección de los cultivos con malla antigranizo modifica las condiciones microclimáticas de la canopia de las plantas. En general, debajo de la malla disminuye la radiación solar, la temperatura del aire y la velocidad del viento, mientras que la humedad relativa aumenta (Osaer, 1997; Garnaud, 1998 ; Rana *et al.*, 2004; Solomakhin y Blande, 2010 a). Iglesias *et al.* (2006), observaron una disminución de las temperaturas máximas en los tratamientos con malla respecto al testigo y un aumento de las temperaturas mínimas y de la humedad relativa. Sugieren, además, que esta variación en la temperatura estaría dada por la intercepción de la radiación solar por la malla y por su efecto en la circulación del aire, aunque en el citado trabajo no se midió la velocidad del viento bajo la cobertura; Ebert y Casierras (2000), bajo malla antigranizo negra observaron disminución de la temperatura foliar en manzano y un incremento de temperatura del aire en la parte superior de la canopia.

Las luminosidad afecta al microclima. En algunos ensayos las diferencias fueron más notables en la humedad relativa, observándose mayor incremento de la misma bajo malla en días despejados (Solomakhin y Blanke, 2010 b); Lakatos *et al.* (2011), observaron que la radiación global y la temperatura media también presentaron diferencias respecto al testigo.

La forma del racimo y tamaño de la baya se relaciona con la temperatura alcanzada por el fruto. Según Smart y Sinclair (1976), la densidad del flujo de la radiación solar y la velocidad del viento son las variables ambientales más importantes que establecen la temperatura del fruto, siendo más propensos a elevar

su temperatura los racimos compactos y las bayas de mayor tamaño debido a que se calientan más, porque su pérdida de calor por convección es menor a la radiación absorbida.

### ***1.3.1. Variables vegetativas y fisiológicas***

La malla antigranizo modifica la velocidad del viento y la planta se ve afectada. Di Césare (1997) menciona una reducción de la velocidad del viento entre el 30% y 45% por efecto de la malla antigranizo; Middleton y McWaters (2002), una reducción en la velocidad del viento del 50%. Según Carey (2007) en condiciones de alta incidencia de viento, la conductancia estomática y el área foliar se redujeron significativamente en plantas expuestas. Con velocidad del viento mayor a 1 m/s se modifica la transpiración, aunque la misma dependerá de la resistencia estomática de la hoja (Hagen y Skidmore, 1974); con velocidad del viento de 4 m/s se produce el cierre estomático, viéndose afectada la fotosíntesis (Campbell-Clause, 1998). Garnaud (1998) menciona que la protección antigranizo con malla plástica, redujo un 20% las pérdidas de frutos por efecto del viento. Por otro lado Crété *et al.* (2001), han reportado una significativa reducción de la velocidad del viento y disminución del suministro de agua de riego sin causar estrés hídrico asociado al uso de la malla antigranizo, Smita (2007) menciona que en general el potencial hídrico en periodos con deficiencia de humedad del suelo fue mejor en plantas bajo malla antigranizo; Avenant (1994), observó un incremento del potencial hídrico foliar y de la concentración de agua foliar en plantas bajo malla, indicando que el requerimiento hídrico bajo malla es menor.

La humedad relativa del ambiente y la temperatura influyen sobre el comportamiento de la planta. Düring (1982), menciona que la humedad relativa afecta el potencial hídrico foliar y la transpiración través de su efecto sobre la abertura estomática y Van Zyl (1987), halló una alta correlación del potencial hídrico foliar con la temperatura de la hoja y la radiación fotosintéticamente activa. La temperatura afecta, además, a la fotosíntesis observándose valores máximos entre 25 °C y 30 °C (correspondiente a hoja adulta no senescente) y fuera del óptimo, la fotosíntesis se ve reducida por el efecto que la temperatura alta o baja ejerce a nivel estomático y/o cloroplástico (Zufferey *et al.*, 2000). Por otro lado la temperatura y la humedad relativa, influyen en el desarrollo de enfermedades criptogámicas y junto a

la velocidad del viento determinan dinámicas de dispersión de inóculo (Rodríguez Rajo *et al.*, 2002).

La intensidad como la calidad de luz incidente, influyen en forma directa e indirecta en la mayoría de los procesos vegetativos como la fotosíntesis, la formación de yemas, la floración, la expansión foliar y el alargamiento de entrenudos (Salisbury, F. y Ross, C., 1994) y la formación de inflorescencias y diferenciación floral en yemas (Sánchez y Dokoozlian, 2005). Amarante *et al.* (2007) y Amarante *et al.* (2009), observaron reducción de la intensidad y calidad de luz incidente en la canopia asociado a la protección con malla antigranizo, lo que resultó en un incremento de clorofila en hojas y reducción de la tasa fotosintética y del rendimiento; similar a lo observado por Avenant (1994), aunque el rendimiento (cosecha total y peso de racimos) en este ensayo fue mayor; pero Solomakhin y Blanke (2008), no observaron diferencias en el comportamiento fotosintético bajo malla; si bien disminuyó en la inducción floral, el rendimiento estuvo compensado por mayor tamaño de frutos.

### **1.3.2. Composición de la baya**

La variación de las condiciones microclimáticas debajo de la malla pueden modificar la composición química de la baya. Existe una correlación directa entre la radiación recibida y el contenido de sólidos solubles en bayas de vid (Smart, 1985; Bergqvist *et al.*, 2001). Además, la acidez total del mosto disminuye al aumentar la radiación y temperatura a nivel de los racimos (Kliewer y Líder, 1968; Smart *et al.*, 1988; Price *et al.*, 1995; Bergqvist *et al.*, 2001). Temperaturas superiores a 37°C impiden la maduración por una inhibición en la acumulación de azúcares; a su vez, la disminución de la acidez es superior a temperaturas de 35°C que a 25°C y contenidos bajos en ácido málico son reportados cuando se incrementa la temperatura por una estimulación de la respiración, siendo el factor principal que incide sobre el pH (Bergqvist *et al.*, 2001).

Diversos trabajos de investigación han abordado el estudio de la interacción entre las variables climáticas y la calidad de la uva, demostrando la respuesta de las uvas al microclima lumínico y térmico (Smart *et al.*, 1988; Haselgrove *et al.*, 2000). La luz y la temperatura son las principales variables ambientales que regulan la síntesis de antocianos (Haselgrove *et al.*, 2000; Bergqvist *et al.*, 2001; Spayd *et al.*,

2002); mientras el incremento de la luz favorece la producción de antocianos en bayas, el incremento de la temperatura resultante por la mayor exposición de las bayas parece inhibir el metabolismo de antocianos (Haselgrove *et al.*, 2000; Leguizamón *et al.*, 2005). Cuando la luz recibida por la planta es adecuada, la temperatura pasa a ser el factor limitante en la síntesis de antocianos (Haselgrove *et al.*, 2000; Downey *et al.*, 2006), además, antocianos monoméricos de la piel aumentan en mayor medida ante un cambio en la radiación que ante un cambio en la temperatura (Spayd *et al.*, 2002). Se ha encontrado que la exposición al sol de los racimos incrementa su temperatura y ésto se correlaciona con una reducción del contenido de antocianos (Kliewer, 1977; Spayd *et al.*, 2002). Con temperaturas por encima de 35 °C la acumulación de antocianos podría verse afectada por reducción de síntesis o por aumento de su degradación (Haselgrove *et al.*, 2000; Spayd *et al.*, 2002; Peña, 2005).

En zonas cálidas, se debería evitar una prolongada exposición directa al sol de los racimos para lograr una máxima coloración de las bayas. La importancia de la relación de la temperatura con la exposición de los racimos a la luz solar, se debe al efecto de la misma sobre el metabolismo y composición de la baya, lo cual varía de acuerdo a su estado de desarrollo (Bergqvist *et al.*, 2001). Spayd *et al.* (2002) y Downey *et al.* (2004) reportan que situaciones de clima cálido y con alto grado de luminosidad, tienen efectos negativos sobre el contenido de antocianos, siendo además bajos los valores de la acidez, el contenido de málico y el peso de la baya, en tanto que el contenido de azúcares no difiere significativamente si se lo compara en relación a climas frescos.

La respuesta de los diferentes tipos de fenoles a la radiación solar es variable. En general, el contenido de fenoles aumenta con mayor radiación (Price *et al.*, 1995). La composición polifenólica depende de cada cepaje y está fuertemente condicionada por factores agronómicos y/o ambientales; es decir que las diferentes prácticas de manejo del viñedo constituyen una potente herramienta para modificar los contenidos de fenoles (Ojeda, 2007). Es posible que algunos efectos del sombreado sobre la composición del fruto puedan deberse tanto a la cantidad como a la calidad de luz que recibe la canopia, especialmente a través de los cambios en la relación rojo/rojo lejano y su efecto sobre las reacciones del fitocromo (Smart *et al.*, 1988).

La malla antigranizo modifica la calidad y algunos caracteres organolépticos de la fruta. En algunos trabajos en los que se estudió el efecto de la malla antigranizo sobre la calidad de la fruta en cultivos de manzano y duraznero, se concluye que las variables cualitativas evaluadas (color de piel y contenido de sólidos solubles totales), no estarían influenciados por la malla (Peano *et al.*, 2003), aunque experiencias locales realizadas en durazneros (Ojer *et al.*, 2002; Podestá *et al.* 2002) y ciruelos (Arjona *et al.* 2002; Rodríguez *et al.* 2002), encuentran diferencias en cuanto a color de fondo y firmeza de pulpa, lo que a su vez influyó en el momento de cosecha y periodo de conservación. Amarante *et al.* (2007) mencionan reducción de coloración roja en frutos asociado al uso de malla antigranizo negra; Blanke (2008) menciona reducción de las quemaduras de sol, la iniciación de flores, rendimiento y coloración de la fruta, como así también aumento de crecimiento vegetativo y de poblaciones de ácaros; aunque Ojer *et al.* (2002) no encontraron diferencias en rendimiento. Iglesias *et al.* (2006) en manzanos, resaltan una significativa reducción de sólidos solubles a cosecha y demora en la madurez, aunque la firmeza de pulpa no se vio afectada, pero no observaron diferencias respecto al testigo al utilizar malla cristal como protección. Avenant (1994), menciona que bajo malla se redujo la concentración de azúcares, el pH y la concentración de antocianos en uva de mesa; y Pacheco *et al.* (2009), en un ensayo realizado con la cultivar Flame Seedless (*Vitis vinifera*, L.), bajo malla antigranizo blanca obtuvieron menor color de cubrimiento en las bayas respecto al testigo (sin malla). Por otro lado Gonda *et al.* (2011), no observaron mejora en la calidad de los frutos de manzano, pero recomiendan el uso de malla antigranizo aún en situaciones de baja incidencia, a fin de asegurar el cumplimiento de compromisos comerciales.

#### **1.4. ANTECEDENTES EN VIÑEDOS**

Ensayos experimentales realizados en fincas de productores de vid para vinificación, mostraron que la protección con red plástica antigranizo no afecta la expresión vegetativa ni la capacidad productiva de las plantas de vid (Guida *et al.*, 1997); no se observaron diferencias en el rendimiento ni en el peso del material de poda, aunque en una de las dos temporadas analizadas obtuvieron menor valor de sólidos solubles (Brix) en uvas a cosecha respecto al tratamiento testigo (sin protección antigranizo); además la radiación recibida por la superficie de la canopia

y en el interior de la misma fue 25 % y 31 % menor en el tratamiento con malla respecto al testigo. Por otro lado Avenant (1994), observó una reducción del PPF, de la temperatura foliar y ambiental; además, Del Monte *et al.* (2006) registraron una disminución de la radiación fotosintéticamente activa entre un 17 y un 30 % debajo de la malla antigranizo respecto a la radiación directa y mencionan que dicha reducción es función de la posición de la tela antigranizo y el momento de determinación a lo largo del día. En estos ensayos, si bien la malla antigranizo provocó una reducción de la radiación incidente, los valores medidos por debajo de la misma se encontraron dentro del rango necesario para alcanzar una fotosíntesis máxima en la primera capa de hojas (Zufferey y Murisier, 2000; Keller, 2010).

Existe una demanda de la industria vitivinícola en indagar sobre los efectos que puede ocasionar el uso de protecciones antigranizo con malla plástica sobre el comportamiento del viñedo y en determinar si la producción y composición de uvas provenientes de viñedos protegidos con malla plástica antigranizo es similar a aquella provenientes de viñedos sin protección. Es necesario generar información para caracterizar las condiciones microclimáticas generadas por diferentes sistemas de instalación de protecciones antigranizo con malla plástica y una evaluación del efecto de los mismos sobre variables agronómicas y de composición de bayas de vid; de modo tal que la información generada contribuya a mejorar las decisiones al momento de elegir un sistema de protección en viñedos conducido en espaldero.

## **1.5. OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

### ***1.5.1. Objetivo general***

Evaluar la influencia de sistemas de instalación de protecciones antigranizo con malla plástica en el comportamiento agronómico de la vid (*Vitis vinífera*, L.), var. Merlot.

### ***1.5.2. Objetivos específicos***

1- Evaluar las condiciones de radiación solar, temperatura del aire, velocidad de viento y humedad relativa, generadas por diferentes sistemas de instalación de protección antigranizo con malla plástica.

2- Evaluar el efecto de las condiciones de microclima generadas por distintos sistemas de instalación de protección antigranizo con malla plástica sobre el crecimiento vegetativo, número de racimos y peso, número de bayas por racimo, peso y composición de bayas (sólidos solubles totales, pH, acidez total, antocianos totales e IPT).

3- Evaluar el efecto de las condiciones de microclima generadas por distintos sistemas de instalación de protección antigranizo con malla plástica antigranizo sobre algunas variables fisiológicas (fotosíntesis, conductancia estomática, transpiración y potencial hídrico foliar).

### ***1.5.3. Hipótesis***

H1: Las variantes de instalación de protecciones antigranizo con malla plástica, modifican las condiciones microclimáticas de la canopia (disminuyen la temperatura, la radiación y la velocidad del viento e incrementan la humedad relativa).

H2: Las variantes de instalación de protecciones antigranizo con malla plástica, modifican el comportamiento de algunas variables fisiológicas del viñedo (potencial hídrico foliar, fotosíntesis, conductancia estomática y transpiración)

H3: Las variantes de instalación de protecciones antigranizo con malla plástica modifican los componentes del rendimiento y la composición de bayas.

H4: El sistema de instalación de malla unida en el interfilar, en el cual las plantas presentan una expresión vegetativa similar al testigo, provoca una menor



modificación del microclima y las menores diferencias en el comportamiento fisiológico de la vid y en la composición de bayas respecto al testigo.

H5: Los sistemas de instalación Grebiule y Túnel restringen la expresión vegetativa, y al provocar mayor impacto sobre el microclima, las plantas presentan un mejor estado hídrico respecto al testigo.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. SITIO DEL ENSAYO

El experimento se llevó a cabo en el departamento San Rafael, ubicado en el oasis sur de la provincia de Mendoza, el cual se encuentra íntegramente dentro de la zona templada argentina. La temperatura media anual es de 15,18 °C y la precipitación anual es de 347 mm (González Loyarte, 2009), con un régimen de distribución anual estival, ya que de setiembre a febrero se registran los mayores aportes pluviométricos estacionales (Figura 2). En función de la temperatura diurna y nocturna la región se clasifica como cálida (Índice de Huglin de 2556) con noches frescas (Índice de Frescura de 11,5; González *et al.*, 2009).

El área total cultivada de San Rafael es de 55.628 ha (de las cuales 16.114 ha corresponden a vid); (DACC, 2011). La misma descende desde los 800 m.s.n.m. en los distritos de las Paredes y Cuadro Benegas, hasta los 450 m.s.n.m. en el distrito de Jaime Prats, conformando pendientes cercanas al 1% (Figura 3). El agua de riego proviene de los ríos Diamante y Atuel.

A continuación se presenta un climograma que caracteriza la zona (distrito Las Paredes) donde se situó el ensayo. Los datos provienen de la Estación San Rafael AERO (S.M.N., 1971-1990), ubicada en el mencionado distrito, perteneciente al Servicio Meteorológico Nacional (34°35'00" Sur, 68°24'16" Oeste).

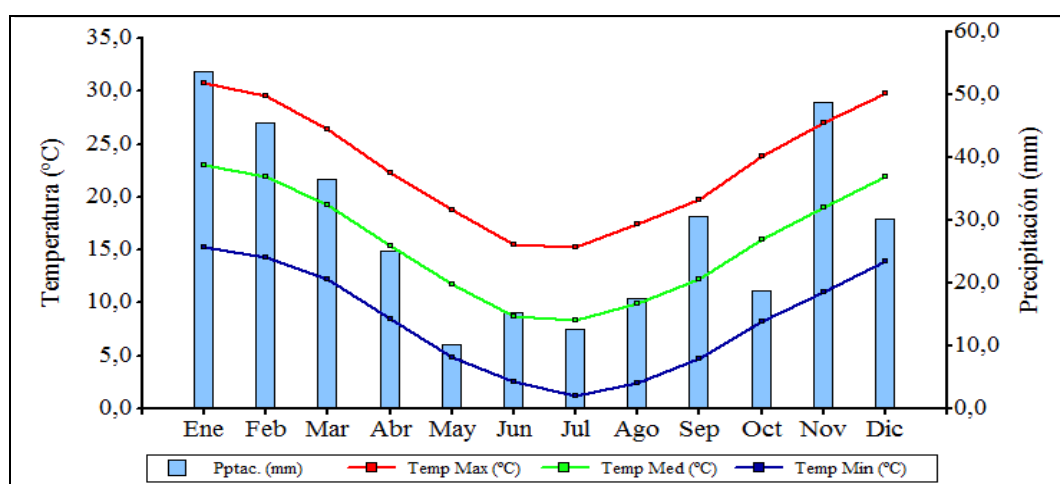


Figura 2: Climograma de Las Paredes, San Rafael – Mendoza (Argentina). Elaboración sobre la base de serie de datos del S.M.N., 1971-1990. Figure 2: Climograma of Las Paredes, San Rafael - Mendoza (Argentina). Developed on the basis of the S.M.N. data set, 1971-1990.

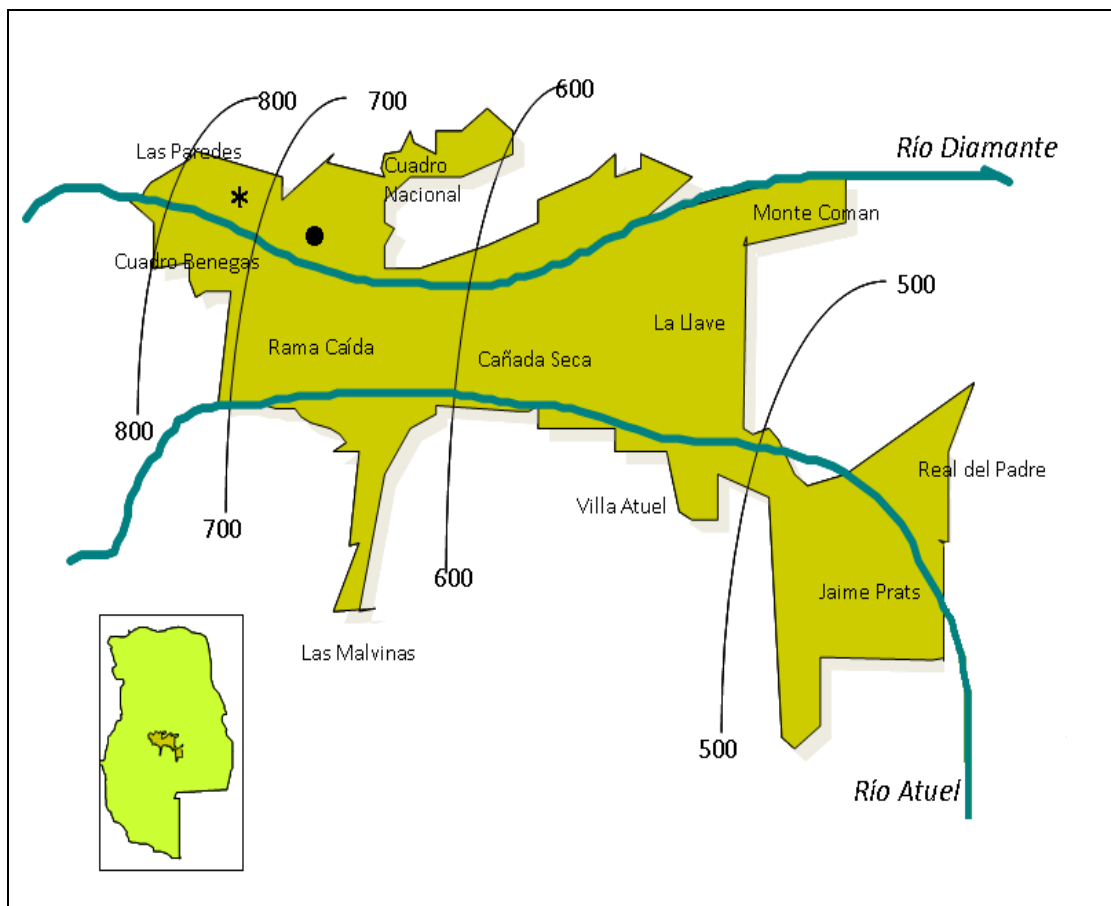


Figura 3: Área cultivada de San Rafael (Mendoza – Argentina) con principales curvas de nivel (m.s.n.m.). Referencias: \* parcela de ensayo, ubicada en el distrito Las Paredes; • Ciudad de San Rafael (Catania C. y Avagnina S., 2007). Figure 3: Cultivated area of San Rafael (Mendoza - Argentina) with main level curves (m.a.s.l.). References: \* Experimental plot, located in Las Paredes district; • San Rafael City (Catania C. and Avagnina S., 2007).

## 2.2. VIÑEDO

Para evaluar los sistemas de instalación de protección con malla plástica antigranizo, se instaló un ensayo experimental en un viñedo ubicado en el distrito Las Paredes, San Rafael, Mendoza (Argentina),  $34^{\circ} 34' 45,32''$  Latitud Sur y  $68^{\circ} 25' 26,70''$  Longitud Oeste, perteneciente a la empresa Bodega Casa Bianchi. El viñedo experimental fue de la variedad Merlot, clon 347 (A) injertado sobre pie 101-14 y plantado en 1999 en un suelo de textura franco-arenosa.

La estructura de conducción utilizada fue espaldero alto con sistema de poda en cordón bilateral pitoneado. El marco de plantación fue de 3 m entre hileras con orientación noreste-suroeste ( $24^{\circ} 8' 45,46''$  de inclinación) y 1,50 m entre plantas

(2.222 pl ha<sup>-1</sup>). En la poda se dejaron pitones con 2 yemas distanciados entre 15 y 20 cm, resultando entre 5 y 6 pitones por metro lineal (31.108 a 35.552 yemas ha<sup>-1</sup>).

### 2.3. TRATAMIENTOS

Los tratamientos probados fueron:

- Tratamiento 1: Testigo (sin protección antigranizo); “Te” (Figura 4)
- Tratamiento 2: Grebiule (sistema predominante en la región); “Gr” (Figura 5)
- Tratamiento 3: Túnel (similar al Grebiule pero en lugar de tubos rotantes y separadores, utiliza una estructura de arco); “Tu” (Figura 6)
- Tratamiento 4: Malla unida (similar al Grebiule pero se utilizan uniones flexibles en el interfilar mediante tensores metálicos); “Mu” (Figura 7)

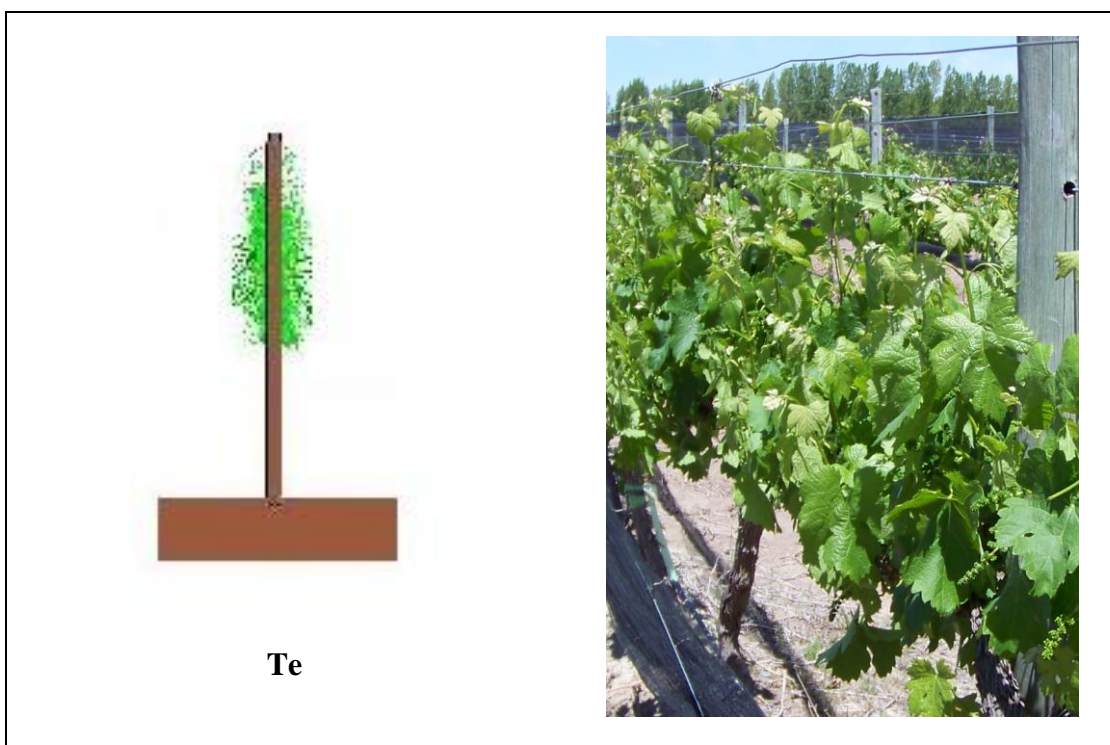


Figura 4: Esquema del tratamiento Testigo (izquierda) y fotografía ilustrativa (derecha). Figure 4: Diagram of control treatment (left) and illustrative photograph (right).

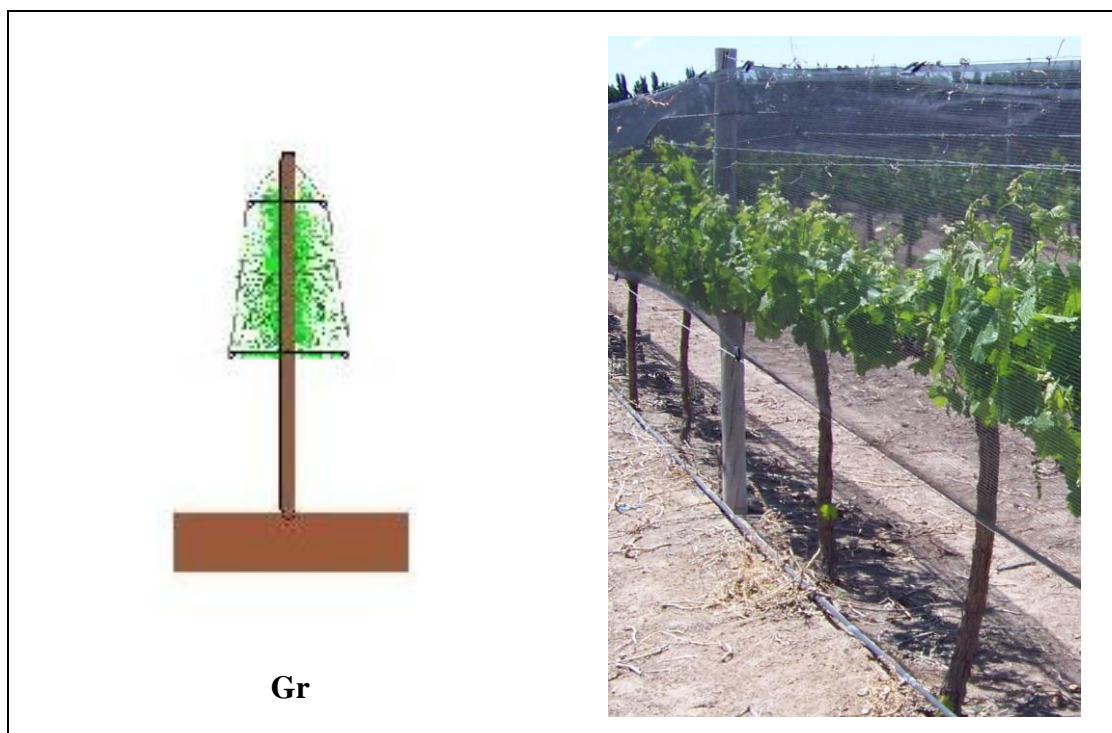


Figura 5: Esquema del tratamiento Grembiule (izquierda) y fotografía ilustrativa (derecha). Figure 5: Diagram of Grembiule treatment (left) and illustrative photograph (right).

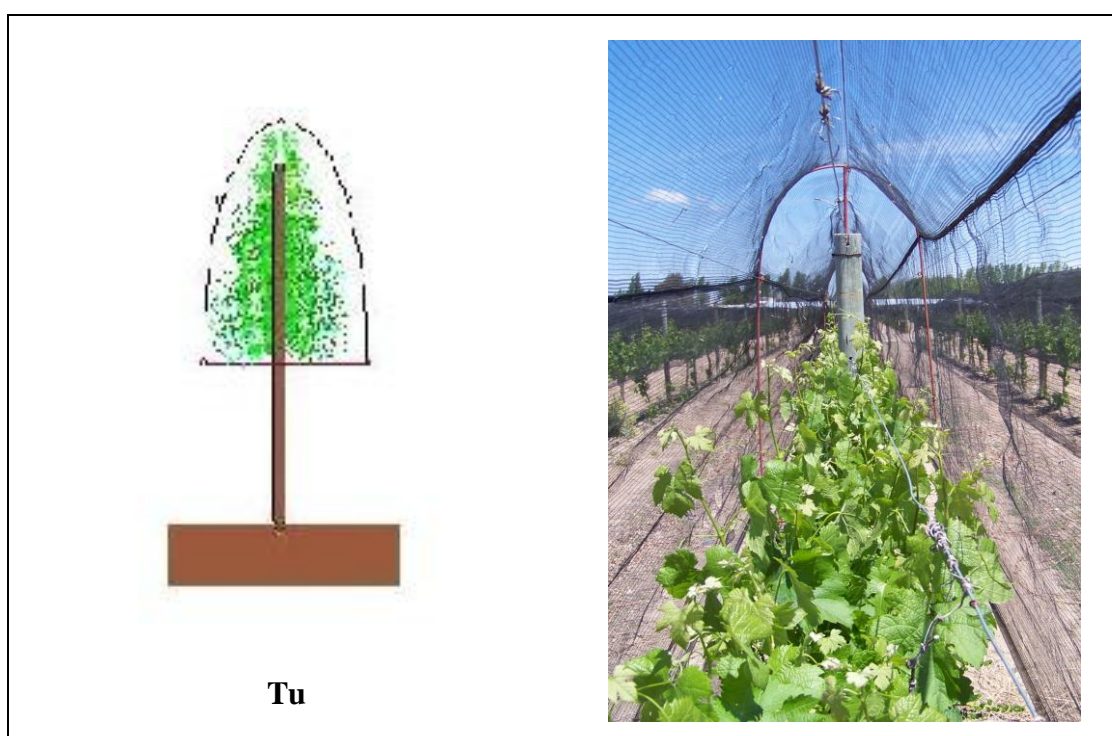


Figura 6: Esquema del tratamiento Túnel (izquierda) y fotografía ilustrativa (derecha). Figure 6: Diagram of Tunnel treatment (left) and illustrative photograph (right).



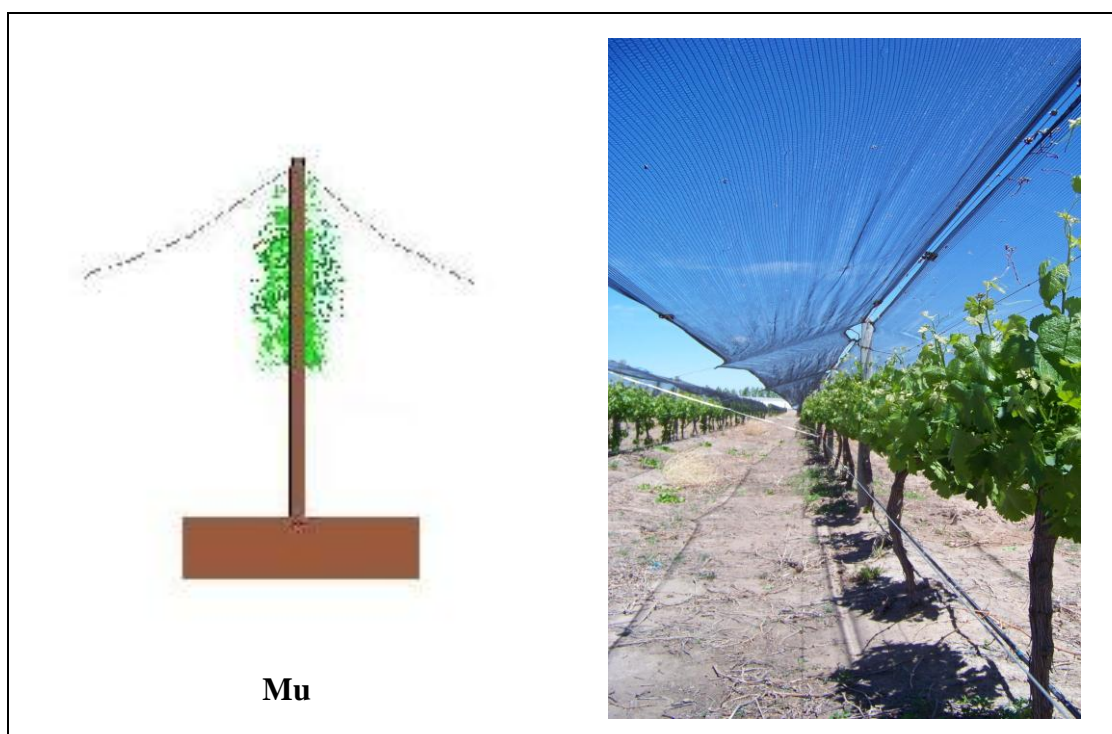


Figura 7: Esquema del tratamiento Malla unida (izquierda) y fotografía ilustrativa (derecha). Figure 7: Diagram of Malla unida treatment (left) and illustrative photograph (right).

El sistema Grembiule fue ideado en Suiza; consiste en el empleo de malla antigranizo de 1,10 m de ancho de cada lado, colocada sobre el viñedo como si fuese un delantal. La malla se sujetaba por medio de plaquetas a un alambre colocado en la parte superior de los postes. En la actualidad, con el fin de hacer más eficiente el sistema, productores y técnicos mendocinos le introdujeron algunas modificaciones (Cabral *et al.*, 1999). Se instaló el sistema suspendido sobre la misma estructura de conducción del viñedo y se utilizaron tubos rotantes, separadores metálicos con argollas en sus extremos (de 0,40 m el superior y de 0,60 m el inferior), alambres y plaquetas para dar sujeción y tensado a la malla antigranizo y además permitir cierta separación entre la malla y la producción (Cabral *et al.*, 1999).

Como variantes del sistema Grembiule se utilizaron los sistemas Túnel (Tu) y Malla unida (Mu). En el túnel, se remplazaron los separadores metálicos por un arco de hierro liso tratado con pintura antióxido para evitar el efecto del óxido en la malla que se suspendió sobre los arcos. Los arcos se colocaron por medio de un pivote de hierro en un agujero de 10 cm de profundidad, practicado longitudinalmente en el

extremo de los postes. Los arcos poseen cinco ojales por donde se colocó los alambres que se utilizaron para darles tensión y separación a la malla. Además, se utilizó un separador que se ubicó en la parte inferior del arco el cual a su vez se sujetó al poste. En esta variante, el ancho de malla antigranizo fue de 3,00 m.

En el caso sistema Malla unida, la diferencia fundamental con el Grembiule radica en que no se utilizan separadores de ningún tipo ni alambres para dar separación y tensión. La malla antigranizo se sujetó a la estructura de conducción en un alambre situado en la parte superior de los postes por medio de plaquetas y en la zona del interfilar las mallas entre hileras vecinas fueron unidas mediante tensores metálicos (alambre galvanizado).

En los sistemas de protección antigranizo (Gr, Tu y Mu) se utilizó una malla negra de polietileno de alta densidad ( $0,947 \text{ g cm}^{-3}$ ) con protección ultravioleta (Figura 8), tejida tipo giro Inglés (2 x 1 filamento), entramada con 134 monofilamentos dobles en cadena (urdiembre) y 280 monofilamentos de trama (dirección transversal) por metro cuadrado y abertura de 3,6 x 7,5 mm.

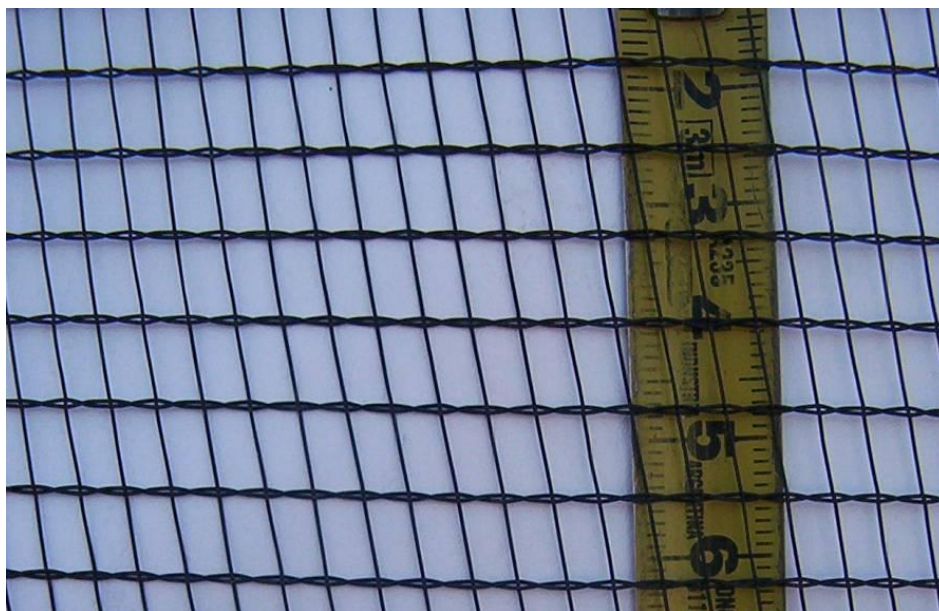


Figura 8: Malla antigranizo utilizada en el ensayo. Figure 8: Hail net used in the test.

## 2.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

El cuartel donde se instaló el experimento estaba compuesto por 163 hileras de 102 m de longitud. En el mismo se seleccionó un sector de 100 hileras, en las cuales se realizó un estudio exploratorio de homogeneidad de plantas basado en el diámetro de troncos. El mismo se realizó midiendo el perímetro de tronco con cinta métrica de forma sistemática cada dos hileras, claro por medio, planta central norte. Se analizaron los datos y se construyó un gráfico de isodiámetros (Figura 9).

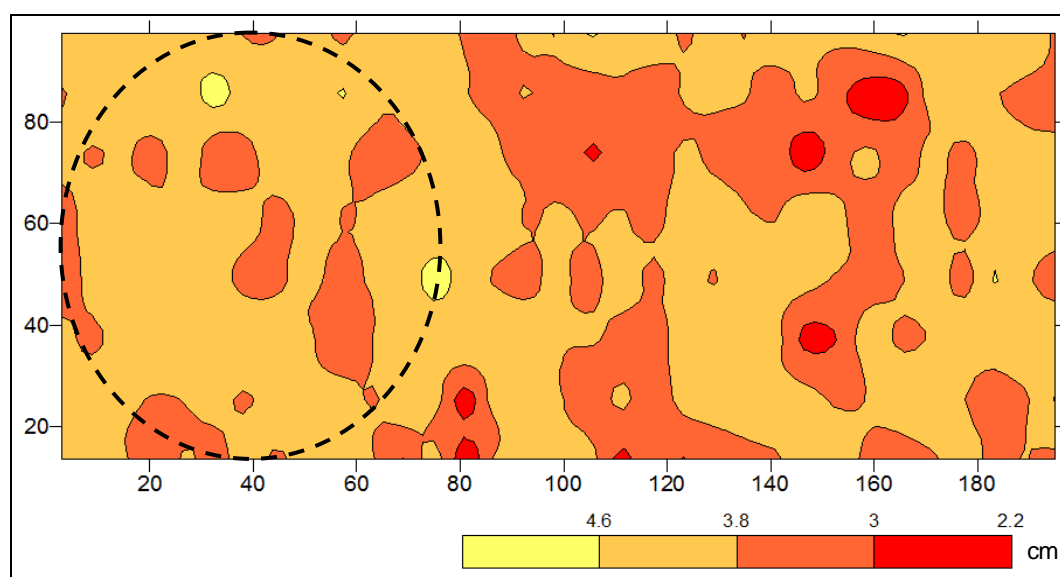


Figura 9: Mapa de homogeneidad de plantas basado en el diámetro de troncos (cm). La línea punteada a la izquierda del gráfico, señala el sector seleccionado por presentar mayor homogeneidad. Figure 9: Plants homogeneity map based on the diameter of logs (cm). Dotted line to the left of the graph, indicates the selected sector to present greater homogeneity.

Posteriormente, en el sector más homogéneo se midió la riqueza de poda por metro lineal, en un total de 52 hileras. Para esto se realizó un recuento de yemas francas por claro y el valor resultante se lo dividió por la longitud de cada claro. Con estos valores se calcularon los valores medios de riqueza de poda por metro lineal, los valores medios de riqueza por claro, las desviaciones estándar y el coeficiente de variación.

Como resultado de este estudio, dado el grado de homogeneidad observado se diseñó el ensayo en parcelas al azar. Cada unidad experimental estuvo formada por



ocho plantas en una hilera con sus correspondientes borduras y la unidad observacional fue una planta representativa de cada unidad experimental. La distribución de los tratamientos y repeticiones se observan en la figura 10.

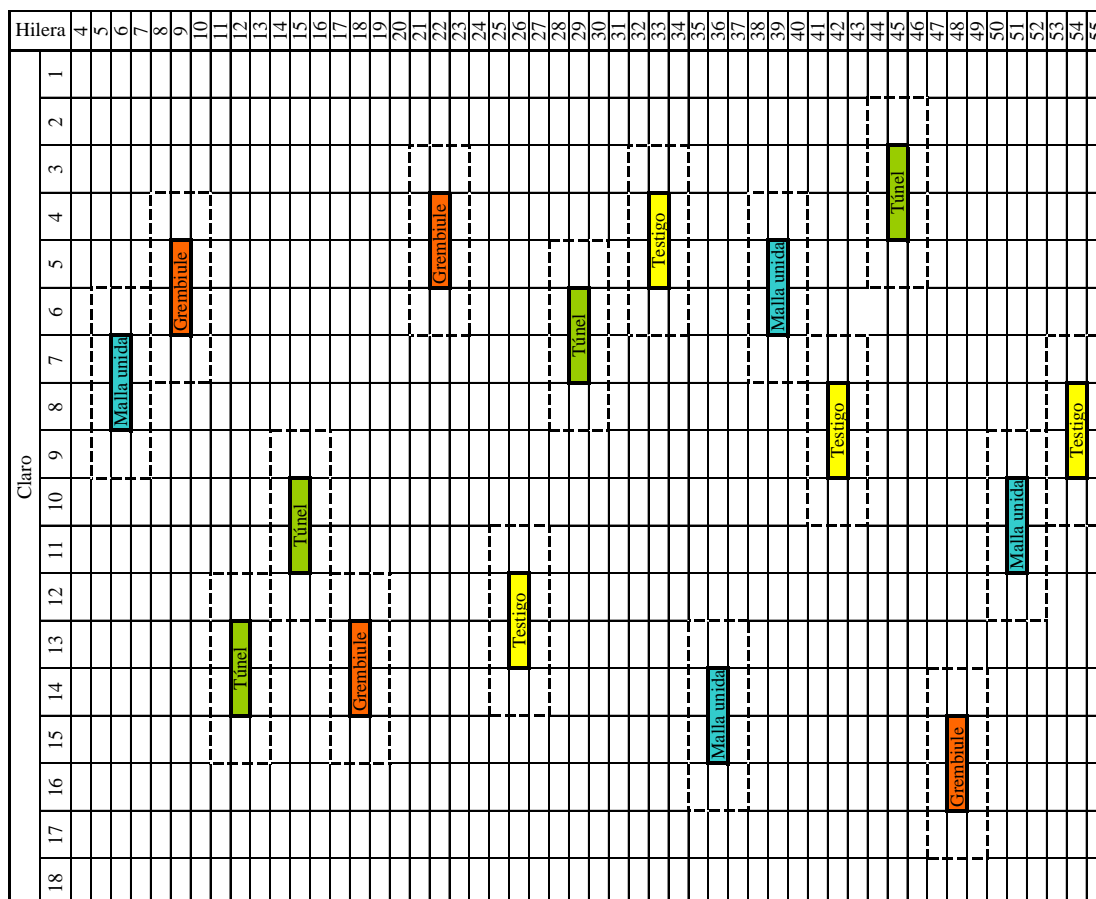


Figura 10: Distribución de los tratamientos y repeticiones, en un diseño de parcelas al azar. Figure 10: Distribution of treatments and replications in a randomized plot design.

## 2.5. MEDICIONES MICROCLIMÁTICAS

### 2.5.1. Temperatura y Humedad Relativa

La temperatura y humedad relativa fueron monitoreadas desde el día 16-01-2011 hasta el 24-02-2011 empleando termo-higrómetros digitales transmisores con resolución de lectura en los sensores de 0,1°C y 1%; y precisión  $\pm 1,0$  °C y  $\pm 3,0$  % respectivamente (Klima Logger, TFA Dostmann GmbH & Co. KG, Wertheim - Reicholzheim, Alemania). Los mismos se colocaron fijos en la zona de los racimos

de una planta representativa en cada unidad experimental (unidad observacional) protegidos de la luz directa y la lluvia; estuvieron conectados inalámbricamente a una estación meteorológica termo-higrométrica profesional base con data logger, con una frecuencia de transmisión de datos desde los transmisores a la estación base de 433 Mhz (Klima data 30.3015, TFA Dostmann GmbH & Co. KG, Wertheim - Reicholzheim, Alemania). La medición y registro de los datos en memoria se realizó cada treinta minutos y se descargaron a PC empleando software específico (TFA data Recorder 1.0, 2004).

Dada la cantidad de datos de las variables temperatura y humedad relativa, para hacer una caracterización se aplicaron dos metodologías de análisis:

- Una metodología consistió en hacer un análisis estadístico global de los datos disponibles en el periodo comprendido entre el 16-01-2011 y el 24-02-2011, de acuerdo al horario en que fueron recolectados. Se construyeron curvas para caracterizar el comportamiento de la temperatura y humedad relativa en cada tratamiento. Con esta metodología también se analizó el comportamiento de la temperatura (°C) y la humedad relativa (%) de los días 16-01-2011 (cercano al comienzo del envero), día 27-01-2011 (en coincidencia con las mediciones de potencial hídrico foliar, fotosíntesis, transpiración y conductancia estomática) y 22-02-2011 (próximo a cosecha).
- La otra metodología utilizada se basó en la sumatoria de temperatura-hora. Ésta metodología consistió en multiplicar el valor registrado de temperatura (°C) por un factor igual 0,5 (dado que los registros se realizaron cada media hora) y se efectuó la suma correspondiente. Se analizó el comportamiento de la sumatoria de temperatura (°C) para el 27-01-2011 y todo el periodo de monitoreo.

Complementariamente se analizó la temperatura y la humedad relativa respecto a los valores de máximas, medias y mínimas diarias ocurridas en el periodo de monitoreo.

### **2.5.2. Radiación**

Se midió el flujo de fotones fotosintéticamente activos (PPFD;  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) en el interior de la canopia (zona de los racimos) y en los costados en forma longitudinal y paralela a la hilera a 25 cm del centro de la misma. También se realizó una medición ambiental (de referencia) fuera de la malla previo a medir en cada unidad experimental. Con estos valores se calculó el porcentaje de PPFD incidentes en el centro de la canopia (PPFD % C) y a los costados de la misma (PPFD % O y PPFD % E). Esta medición se realizó en los cuatro tratamientos en dos oportunidades, 26-01-2011 (entre las 11:00 y 12:30 horas) y 05-03-2011 (entre las 9:00 y 10:30 horas). Para las mediciones se empleó un sensor lineal cuántico (LI-191, LI-COR, Lincoln, NE EEUU) con un medidor de luz (LI-250A, LI-COR, Lincoln, NE EEUU).

### **2.5.3. Velocidad del Viento**

Se midió la velocidad del viento en el interior de la canopia de una planta representativa en cada unidad experimental, a 20 cm por encima de la altura de los racimos, debajo de la primera capa de hojas y en la cara sudeste del espaldero, debido a la mayor predominancia de los vientos desde esa dirección. Se registró la velocidad máxima y velocidad media en un periodo de 3 minutos, dos veces por día (entre las 9:00 y 10:00; y entre las 13:00 y 14:00 h) y en dos momentos del ciclo (posterior a envero y previo a cosecha). Se utilizó un anemómetro digital de mano (3000, KESTREL, Chester PA, EEUU).

## **2.6. MEDICIONES FISIOLÓGICAS Y VEGETATIVAS**

### **2.6.1. Fotosíntesis, transpiración y conductancia estomática**

Se midieron éstas variables en los mismos momentos que potencial hídrico foliar (27-01-2011 y 09-03-2011; a las 9:00, 12:00, 15:00 y 18:00 horas). Para ello se seleccionó una hoja expuesta de la parte media del brote en cada unidad experimental. Las mediciones se realizaron con un detector infrarrojo de gases portátil (CIRAS 2, PPSystems, Hertfordshire, R.U.) con cubeta automática universal de hoja de 2,5  $\text{cm}^2$  de área (PLC6 (U) CRS121, PP Systems, Hertfordshire, R.U.).

### **2.6.2. *Potencial hídrico foliar***

El monitoreo de potencial agua de hoja se realizó en dos momentos del ciclo vegetativo (envero y previo a cosecha) y se midió cinco momentos del día: preamanecer, 9:00, 12:00, 15:00 y 18:00 horas en todas las unidades experimentales. Para cada medición, se extrajeron dos hojas expuestas, del tercio medio de brotes de una planta representativa de la unidad experimental. Cada hoja fue colocada en una bolsa de polietileno, luego se eliminó el aire apretando la bolsa contra la hoja y se desprendió del brote con pecíolo completo. Antes de colocar la hoja dentro de la cámara de presión se cortó perpendicularmente el pecíolo con una navaja a tres centímetros del limbo e inmediatamente se realizó la medición. Las mediciones de potencial agua en hoja se realizaron mediante el método de la cámara de presión (Scholander *et al.*, 1965) utilizando una cámara de presión (Modelo 2, Biocontrol, Buenos Aires, Argentina).

### **2.6.3. *Peso de poda***

En invierno se podó y se pesó el total de material extraído en cada una de las plantas de cada unidad experimental con balanza electrónica (SC 102 ACUARIO, Balcoppan, Córdoba, Argentina).

### **2.6.4. *Longitud de sarmientos***

Se midió la longitud del total de los sarmientos extraídos por poda de una planta representativa de cada unidad experimental.

## **2.7. CARACTERIZACIÓN DE LA COSECHA**

### **2.7.1. *Rendimiento***

Al momento de cosecha se contaron los racimos por planta y se pesó el total de racimos por planta en cada unidad experimental con balanza electrónica (SC 102 ACUARIO, Balcoppan, Córdoba, Argentina). Complementariamente se realizó un muestreo al azar de 4 racimos por unidad experimental, con el fin de realizar recuento de bayas y peso de las mismas, con balanza electrónica (Grammy, SYSTEL, Argentina).

### **2.7.2. Composición de bayas**

Se realizaron muestreos semanales de bayas desde envero hasta cosecha. Las muestras estuvieron compuestas por 100 bayas las que se extrajeron del tercio superior, medio e inferior de distintos racimos de las plantas de cada unidad experimental. En estas muestras se registró la evolución de Brix, pH y acidez total para cada parcela. Para determinar Brix (sólidos solubles totales) se utilizó un refractómetro (ATC-1E, ATAGO, Tokio, Japón), con resolución de lectura 0,1; el pH se determinó con peachímetro (827PHLAB, METROHM, Herisau, Suiza), con resolución de lectura 0,001; y la acidez total se determinó por medio de titulación ácido base con hidróxido de sodio 0,1N. Al momento de cosecha se realizó un muestreo compuesto por 200 bayas, con el fin de determinar antocianos totales e IPT totales, siguiendo el protocolo de estimación rápida por extracción parcial caliente (Riou V. y Asselin C., 1996).

## **2.8. CONDICIONES Y MANEJO DEL CULTIVO**

El suelo del viñedo fue manejado siguiendo un esquema de labranza cero. Para el control de malezas se utilizó glifosato (Roundup Full, Monsanto) el cual se aplicó con una pulverizadora montada en tres puntos a un tractor, adaptada para la aplicación de herbicida. Las aplicaciones se realizaron en dos oportunidades a lo largo del ciclo, en una concentración de 1,5 L/100L, en la línea de cultivo. En la zona del interfilas las malezas se controlaron en forma mecánica, por medio de desmalezadora traccionada con tractor en tres oportunidades a lo largo del ciclo vegetativo. Se realizó monitoreo de enfermedades y plagas. La plaga en que mayor control se debió ejercer fue hormigas. Para ello se aplicó hormiguicida (Fipronil 20 % SC), de modo localizado en los correspondientes hormigueros identificados mediante el monitoreo. Las enfermedades consideradas para el manejo preventivo fueron oidio y peronospora. Para la prevención de enfermedades se aplicó azufre micronizado 80% WG y oxiclورو de cobre 84 % WP; las dosis utilizadas fueron 300 g/100 L y 300 g/100 L respectivamente. Se realizaron tres tratamientos durante el ciclo vegetativo: inicio de floración, cierre de racimos y envero. El riego en el viñedo fue por goteo, con goteros no autocompensados (Hydrogol 16/35/1.6),

distanciados 0,60 m dispuestos en una manguera por hilera y un caudal de erogación nominal de 1,6 L h<sup>-1</sup>.

## **2.9. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS**

Las variables se sometieron a análisis estadístico descriptivo y a pruebas de normalidad por las prueba de QQ-plot y Shapiro-Wilks modificado; pruebas de homogeneidad de varianzas, por la prueba de dispersión de residuos versus predichos y el Test de Levene. Posteriormente los datos se sometieron al análisis de la varianza (ADEVA) con un nivel de significancia de 0,05. Cuando el ADEVA resultó significativo se complementó el análisis con una prueba de separación de medias de Tukey. Finalmente, se calcularon los coeficientes de correlación (correlación de Pearson) y la probabilidad de correlación nula, con el objeto de conocer el grado de asociación entre variables; complementariamente se realizó análisis de sendero, con el objeto de conocer los efectos directos e indirectos en un conjunto de variables observadas y proveer de este modo posibles explicaciones causales de las correlaciones observadas entre una variable respuesta (dependiente) y una serie de variables causales o predictoras (independientes). El software estadístico que se utilizó fue Infostat/E (Di Rienzo *et al.*, 2011).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. FENOLOGÍA DEL CULTIVAR

Se realizó un seguimiento fenológico del cultivar (Reynier, 2005), a fin de referenciar temporalmente las variables estudiadas en el presente ensayo (Figura 11).

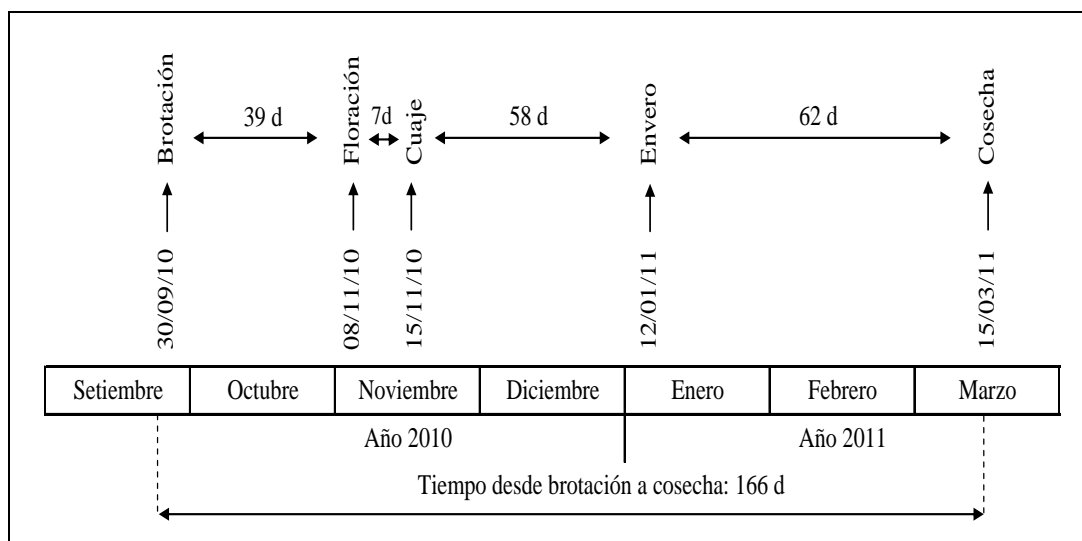


Figura 11: Esquema fenológico del cultivo desde brotación a cosecha. *Vitis vinifera*, L. cv. Merlot, San Rafael 2010-2011. Figure 11: Crop phenological scheme from budbreak to harvest. *Vitis vinifera*, L. cv. Merlot, San Rafael 2010-2011.

#### 3.2. EFECTOS MICROCLIMÁTICOS

##### 3.2.1. Temperatura y Humedad Relativa

##### 3.2.1.1. Análisis global (desde 16-01-2011 al 24-02-2011)

En el análisis global de los datos de acuerdo al horario en que fueron registrados, se observó que la temperatura mínima ocurrió alrededor de la hora 7:00 y la máxima alrededor de las 16:00 para todos los tratamientos. Desde el atardecer, durante la noche y en horarios cercanos al mediodía el comportamiento de la temperatura fue similar, sin diferencias entre tratamientos (Figura 12).

El análisis estadístico de los datos de temperatura demostró lo observado gráficamente, presentándose diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en los registros de

la mañana y de la tarde (Tabla 2). Durante la mañana los tratamientos Te (testigo) y Mu (malla unida) se comportaron muy parecidos, presentando mayores valores de temperaturas que los tratamientos Gr (grembiule) y Tu (túnel). En horas de la tarde el comportamiento fue distinto siendo el tratamiento Mu el que registró los mayores valores de temperatura, presentando diferencias significativas con respecto al Te y Tu. A lo largo de todo el día, el tratamiento Tu presentó los menores valores de temperatura.

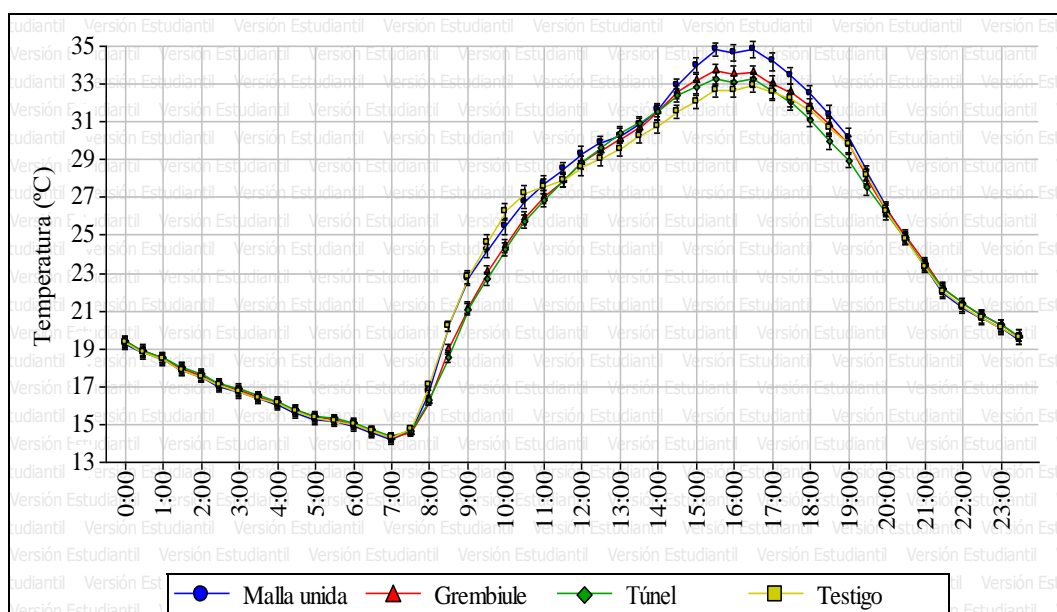


Figura 12: Evolución de la temperatura (°C) registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot cada 30 min, en el interior de la canopia desde el 16-01-2011 hasta el 24-02-2011. Las barras indican error estándar. Figure 12: Evolution of temperature (°C) recorded in the different treatments cv. Merlot every 30 min, inside the canopy from on 01-16-2011 up on 02-24-2011. Bars show standard error.

La media horaria de la humedad relativa registrada cada 30 min desde el 16-01-2011 hasta el 24-02-2011, mostró un comportamiento parecido entre los tratamientos (Figura 13). Los registros de humedad relativa máxima ocurrieron a primeras horas de la mañana (7:00 a 7:30 h), con valores cercanos al 70 % y las mínimas por la tarde (15:30 a 16:30 h), cuyo valores rondaron el 35%. El análisis estadístico de los datos registrados no demostró diferencias significativas.



Tabla 2: Temperatura (°C) registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot cada 30 min en el interior de la canopia desde el 16-01-2011 hasta el 24-02-2011, en cuyos horarios el análisis de datos mostró diferencias estadísticamente significativas. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey  $\leq 0,05$ ). Table 2: Temperature (°C) recorded in the different treatments cv. Merlot every 30 min inside the canopy from on 01-16-2011 up on 02-24-2011, in whose time the data analysis showed statistically significant differences. Means with common letter are not significantly different (Tukey  $p \leq 0,05$ ).

Tratamiento	08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00
Testigo	17,1 b	20,2 b	22,8 b	24,6 c	26,2 b	27,3 b	31,5 a	32,1 a	32,7 a	32,7 a	32,9 a	32,6 a
Grembiule	16,2 a	19,0 a	21,2 a	23,0 ab	24,5 a	25,9 a	32,6 ab	33,2 ab	33,7 ab	33,6 ab	33,6 ab	33,1 ab
Túnel	16,3 a	18,5 a	21,1 a	22,7 a	24,2 a	25,8 a	32,4 ab	32,9 ab	33,3 a	33,1 a	33,3 a	32,7 a
Malla unida	16,7 ab	20,2 b	22,7 b	24,2 bc	25,5 ab	26,8 ab	32,9 b	34,0 b	34,8 b	34,6 b	34,8 b	34,2 b
Valor <i>p</i>	0,0149	<0,0001	<0,0001	0,0003	0,0007	0,0061	0,0304	0,0022	0,0004	0,0025	0,0083	0,0232
MDS	0,7764	0,9372	1,1477	1,3277	1,4039	1,2888	1,2508	1,3163	1,3196	1,4007	1,5013	1,5213

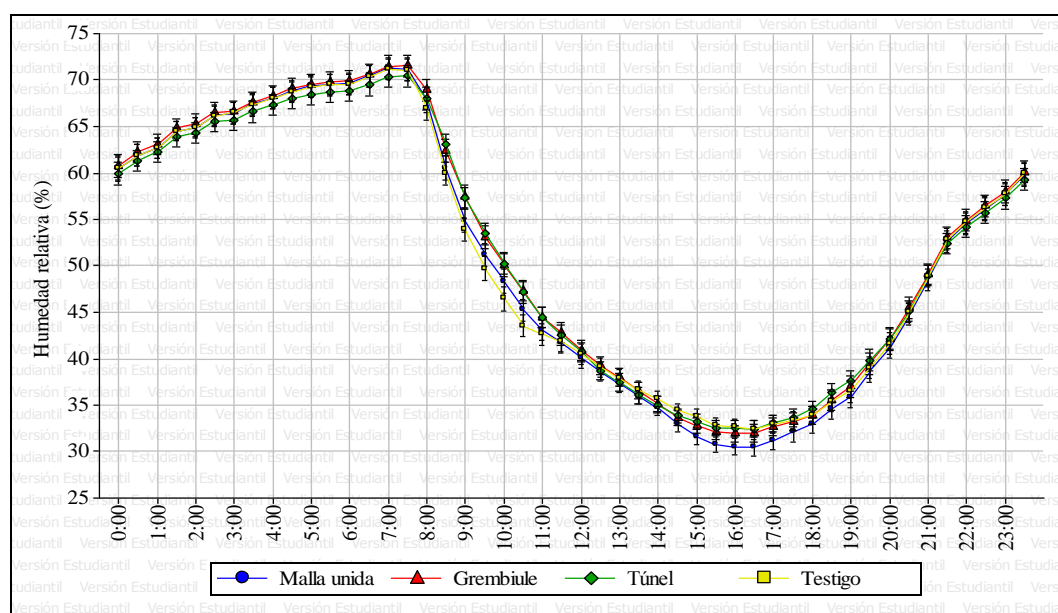


Figura 13: Evolución de la humedad relativa (%) registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot cada 30 min, en el interior de la canopia desde el 16-01-2011 hasta el 24-02-2011. Las barras indican error estándar. Figure 13: Evolution of relative humidity (%) recorded in the different treatments cv. Merlot every 30 min, inside the canopy from on 01-16-2011 up on 02-24-2011. Bars show standard error.

### 3.2.1.2. Análisis día 16-01-2011

La evolución de la temperatura durante este día se observa en la figura 14. La mínima ocurrió alrededor de la 7:00 h y la máxima alrededor de las 15:30 h. Durante las últimas horas de la tarde y la noche, el comportamiento fue parecido entre los distintos tratamientos, pero por la mañana se presentaron diferencias estadísticas para algunos registros (Tabla 3). Las menores temperaturas fueron registradas en el tratamiento Tu y las mayores en el Te. Para los registros de la hora 9:00 y 9:30 los tratamientos Gr y Mu presentaron un comportamiento intermedio, pero para el registro de las 10:00 h, el Gr se comportó como el Tu.

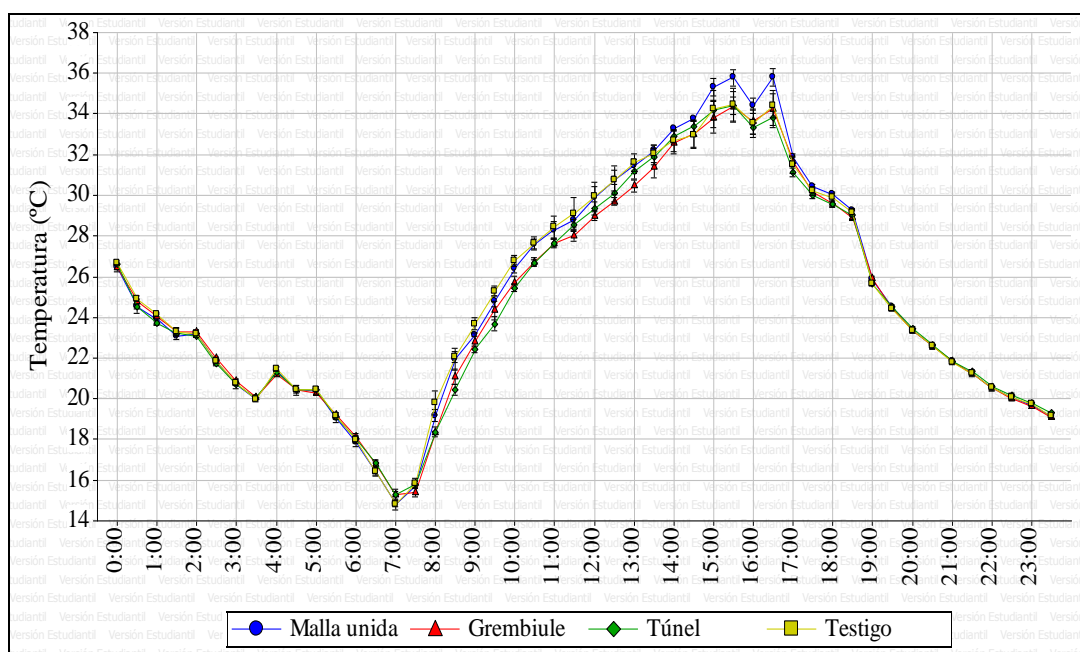


Figura 14: Evolución diaria de la temperatura (°C), registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot cada 30 min, en interior de la canopia; día 16-01-2011. Las barras indican error estándar. Figure 14: Daily evolution of the temperature (° C), recorded in the different treatments cv. Merlot every 30 min, inside the canopy; 01-16-2011. Bars show standard error.

Tabla 3: Temperatura (°C) registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot cada 30 min en el interior de la canopia. Día 16-01-2011, en cuyos horarios se observó diferencias estadísticamente significativas. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey  $\leq 0,05$ ). Table 3: Temperature (° C) recorded in the different treatments cv. Merlot every 30 minutes inside the canopy, Day 01-16-2011, in whose time the data analysis showed statistically significant differences. Means with common letter are not significantly different (Tukey  $\leq 0.05$ ).

Tratamiento	09:00	09:30	10:00
Testigo	23,7 b	25,3 b	26,8 b
Grembiule	22,8 ab	24,4 ab	25,7 a
Túnel	22,5 a	23,7 a	25,5 a
Malla unida	23,2 ab	24,8 ab	26,4 ab
Valor <i>p</i>	0,0364	0,029	0,0063
MDS	1,1	1,4	0,995

Respecto a la humedad relativa, en esta fecha (Figura 15), se observó una marcha diaria parecida entre tratamientos como la presentada por la temperatura, aunque se encontraron diferencias estadísticas para un mayor número de registros (Tabla 4). Por la mañana los valores de humedad relativa (%) registrados en los tratamientos Tu y Gr fueron mayores que en el tratamiento Te, aunque se comportaron de modo similar al tratamiento Mu. Por la noche y al mediodía no se observaron diferencias; aunque en un registro de la tarde, la humedad relativa en el tratamiento Tu fue significativamente mayor que en los tratamientos Te y Mu.

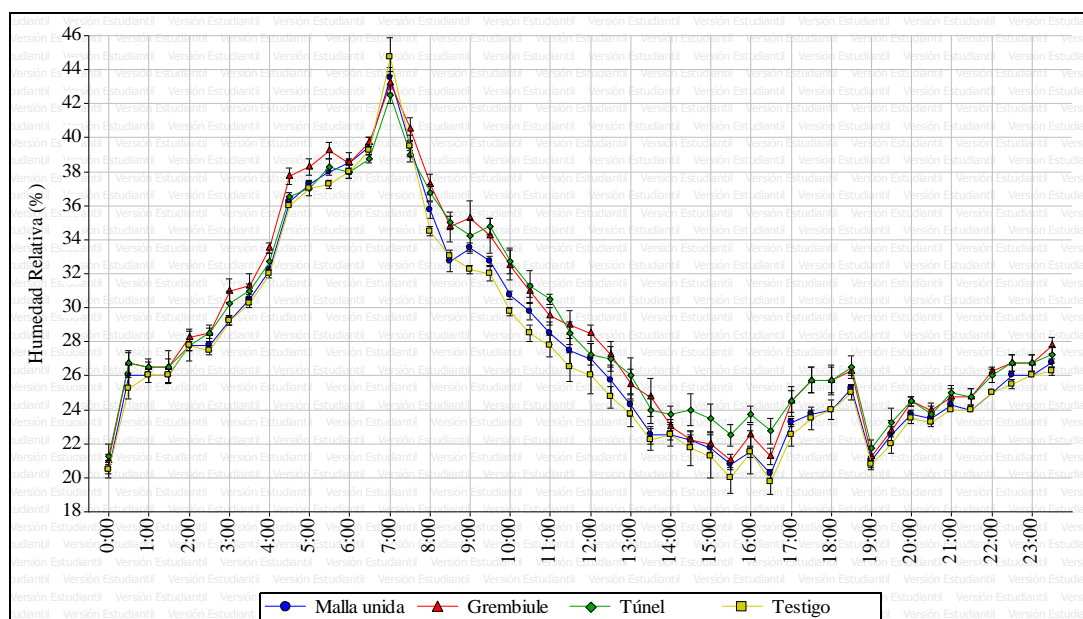


Figura 15: Evolución diaria de la humedad relativa (%), registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot cada 30 min, en interior de la canopia; día 16-01-2011. Las barras indican error estándar. Figure 15: Daily course of relative humidity (%), recorded in the different treatments cv. Merlot every 30 min, inside the canopy; 01-16-2011. Bars show standard error.

Tabla 4: Humedad relativa (%) registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot cada 30 min en el interior de la canopia. Día 01-16-2011, en cuyos horarios el análisis de datos mostró diferencias estadísticamente significativas. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey  $\leq 0,05$ ). Table 4: Relative humidity (%) recorded in the different treatments cv. Merlot every 30 minutes inside the canopy, Day 01-16-2011, in whose time the data analysis showed statistically significant differences. Means with common letter are not significantly different (Tukey  $\leq 0.05$ ).

Tratamiento	05:30	08:00	09:30	10:00	10:30	11:00	16:30
Testigo	37,3 a	34,5 a	32,0 a	29,8 a	28,5 a	27,8 a	19,8 a
Grembiule	39,3 b	37,3 b	34,3 ab	32,5 b	31,0 ab	29,5 ab	21,3 ab
Túnel	38,3 ab	36,8 b	34,8 b	32,8 b	31,3 b	30,5 b	22,8 b
Malla unida	38,0 ab	35,8 ab	32,8 ab	30,8 ab	29,8 ab	28,5 ab	20,3 a
Valor p	0,0153	0,0083	0,0278	0,0114	0,0309	0,0178	0,0184
MDS	1,51501	2,0327	2,5889	2,517	2,6066	2,2472	2,4987

### 3.2.1.3. Análisis día 27-01-2011

La figura 16 muestra la evolución de la temperatura que se registró cada 30 min en los distintos tratamientos durante el día 27-01-2011. En horas de la mañana se observó que los tratamientos Te y Mu presentaron temperaturas mayores que los tratamientos Gr y Tu y en horas de la tarde el tratamiento Tu presentó valores menores. La mínima ocurrió a las 7:00 y la máxima a las 15:00. Hubo una fluctuación entre las 16:00 y 17:00 horas, horarios en que la temperatura disminuyó en todos los tratamientos por presencia de nubosidad aislada y posteriormente continuó la marcha diaria observada previamente.

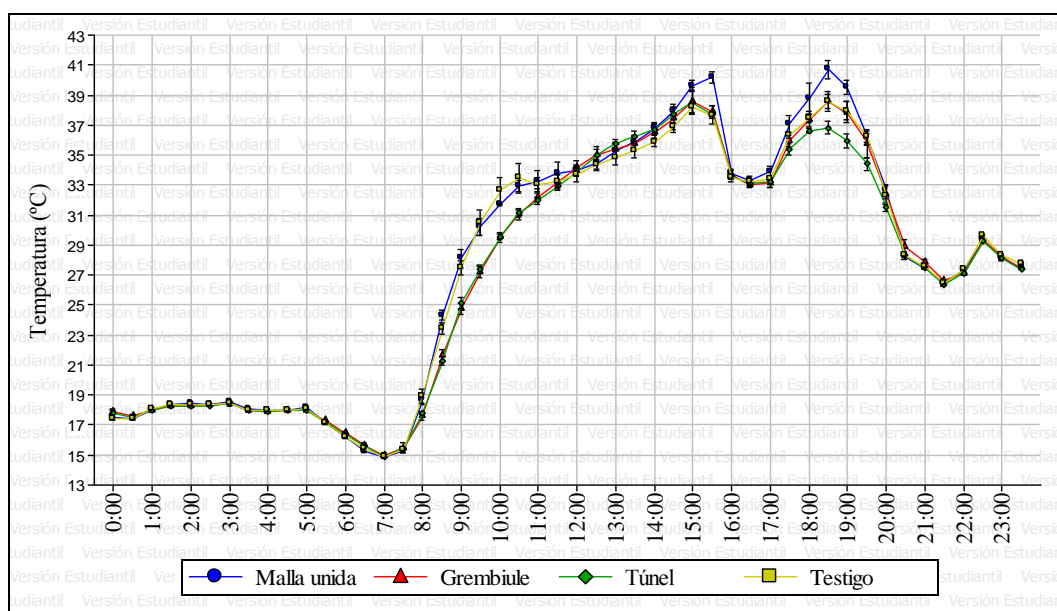


Figura 16: Evolución diaria de la temperatura (°C), registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot cada 30 min, en interior de la canopia; día 27-01-2011. Las barras indican error estándar. Figure 16: Daily course of temperature (° C), recorded in the different treatments cv. Merlot every 30 min, inside the canopy; 01-27-2011. Bars show standard error

El análisis estadístico demostró lo observado gráficamente, con diferencias significativas para varios registros (Tabla 5). Durante la mañana la media de la temperatura del tratamiento Gr presentó los valores más bajos, con diferencias significativas respecto al Te para el registro de la hora 8:00; pero en los registros de

las 8:30, 9:00, 9:30 y 10:00 h, los tratamientos Gr y Tu presentaron las menores temperaturas con diferencias significativas respecto a los tratamientos Mu y Te; y en el registro de las 10:30 sólo se diferenciaron del Te. Por la tarde, en cambio, el tratamiento Tu presentó los menores valores de temperatura respecto al tratamiento Mu, aunque similar a las registradas en los tratamientos Gr y Te.

Tabla 5: Temperatura (°C) registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot cada 30 min en el interior de la canopia durante el día 27-01-2011, en cuyos horarios el análisis de datos mostró diferencias estadísticamente significativas. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey  $\leq 0,05$ ). Table 5: Temperature (°C) recorded in the different treatments cv. Merlot every 30 minutes inside the canopy during the day 01-27-2011, in whose time the data analysis showed statistically significant differences. Means with common letter are not significantly different (Tukey  $\leq 0.05$ ).

Tratamiento	08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	15:30	18:30	19:00
Testigo	18,9 b	23,4 b	27,5 b	30,5 b	32,6 b	33,5 b	37,7 a	38,6 ab	38,0 ab
Grembiule	17,6 a	21,6 a	24,8 a	27,2 a	29,5 a	31,1 a	37,9 a	38,6 ab	37,9 ab
Túnel	17,8 ab	21,3 a	25,2 a	27,4 a	29,6 a	31,1 a	37,7 a	36,8 a	35,9 a
Malla unida	18,6 ab	24,3 b	28,1 b	30,3 b	31,7 b	32,9 ab	40,2 b	40,7 b	39,5 b
Valor <i>p</i>	0,0216	0,0002	0,0004	0,0013	0,0013	0,0175	0,0029	0,0028	0,0074
MDS	1,22148	1,5322	1,9444	2,36175	2,0542	2,3101	1,77876	2,30688	2,39629

La figura 17 muestra la evolución de la humedad relativa (%) registrada cada 30 min durante el día 27-01-2011. Por la noche y durante la madrugada se observa similitud en el comportamiento de esta variable entre los distintos tratamientos. Por la mañana los tratamientos Gr y Tu se comportaron de modo parecido para la mayoría de los horarios monitoreados, presentando los mayores valores de humedad, en contraste a los tratamientos Te y Mu. En cambio por la tarde el tratamiento Mu presentó los menores valores de humedad, con diferencias estadísticamente significativas (Tabla 6).

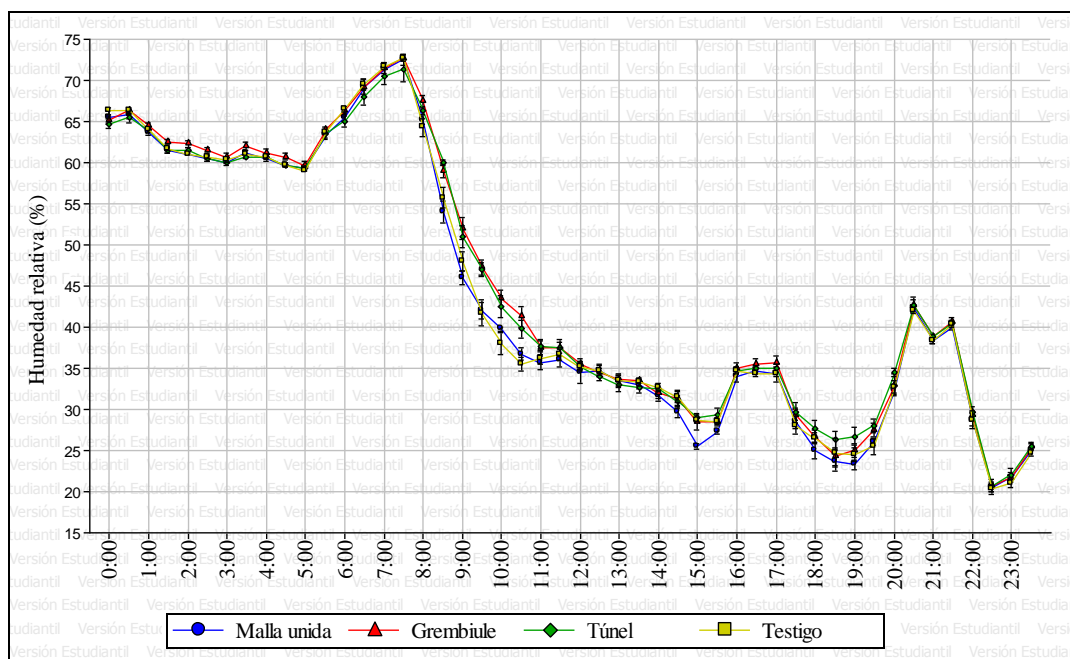


Figura 17: Evolución diaria de la humedad relativa (%), registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot cada 30 min, en interior de la canopia; día 27-01-2011. Las barras indican error estándar. Figure 17: Daily course of relative humidity (%), registered in the different treatments cv. Merlot every 30 min, inside the canopy; 01-27-2011. Bars show standard error.

Tabla 6: Humedad relativa (%) registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot cada 30 min en el interior de la canopia durante el día 27-01-2011, en cuyos horarios el análisis de datos mostró diferencias estadísticamente significativas. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey  $\leq 0,05$ ). Table 6: Relative humidity (%) recorded in the different treatments cv. Merlot every 30 minutes inside the canopy during the day 01-27-2011, in whose time the data analysis showed statistically significant differences. Means with common letter are not significantly different (Tukey  $\leq 0.05$ ).

Tratamiento	02:00	08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	15:00
Testigo	61,0 a	64,3 a	55,8 ab	48,0 ab	41,8 a	38,0 a	35,5 a	28,8 b
Grembiule	62,3 b	67,5 b	59,0 b	52,0 b	47,3 b	43,5 b	41,3 b	28,5 b
Túnel	61,5 ab	66,3 ab	60,0 b	51,0 b	47,0 b	42,5 b	39,8 ab	29,0 b
Malla unida	61,0 a	65,3 ab	54,0 a	46,0 a	42,0 a	39,8 ab	36,8 a	25,5 a
Valor p	0,0251	0,0437	0,0046	0,0143	0,0051	0,0125	0,0061	0,0024
MDS	1,1736	3,0450	4,3172	4,9974	4,7526	4,4842	4,2530	2,3275

### 3.2.1.4. Análisis día 22-02-2011

La marcha diaria de la temperatura registrada el 22-02-2011 en los distintos tratamientos, muestra un comportamiento similar al observado en la fecha anterior. Las temperaturas mínimas ocurrieron alrededor de las 6:00 y las máximas a las 16:00 en todos los tratamientos (Figura 18). El análisis de datos de los horarios monitoreados mostró diferencias estadísticamente significativas para un registro de la mañana y varios registros de la tarde (Tabla 7).

Por la mañana la menor temperatura se presentó en el Tu, con diferencias significativas respecto al Te, en cambio para el registro de las 18:00 h, la menor temperatura se registró en el Te con diferencias significativas respecto al Gr. En los registros de las 19:00 y 19:30 h, la menor temperatura se presentó en el Tu, con diferencias significativas respecto al Mu (19:00 h) y al Te (19:30 h). Para esta fecha, en general el tratamiento Tu registró las temperaturas menores y los tratamientos Mu y Te, las mayores.

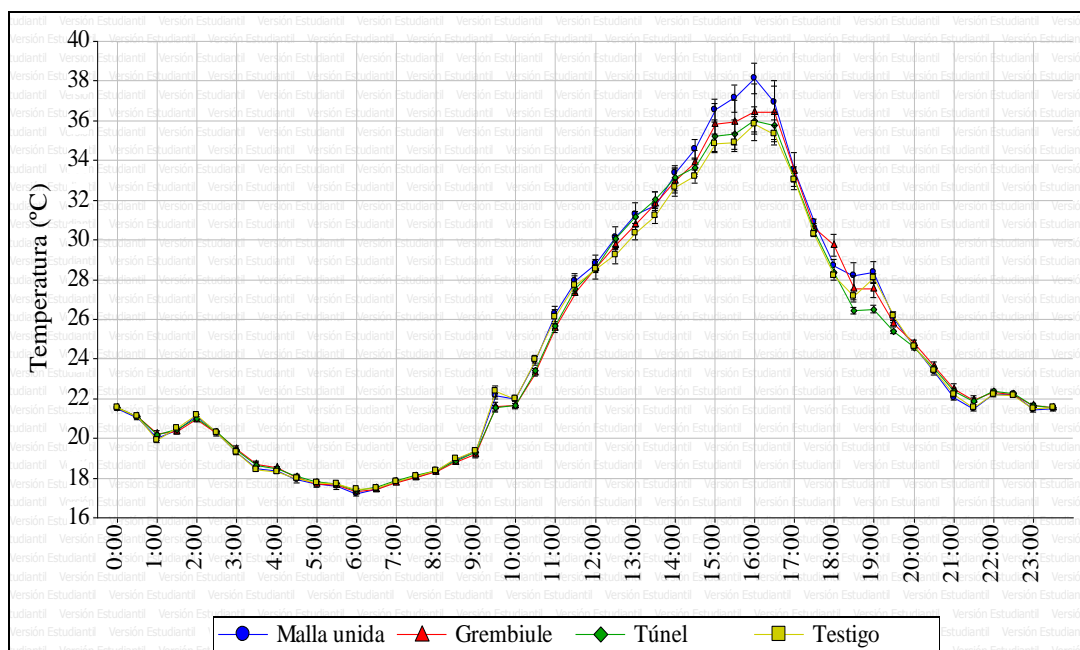


Figura 18: Evolución diaria de la temperatura (°C), registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot cada 30 min, en interior de la canopia; día 22-02-2011. Las barras indican error estándar. Figure 18: Daily course of temperature (°C), recorded in the different treatments cv. Merlot every 30 min, inside the canopy; 02-22-2011. Bars show standard error.



Tabla 7: Temperatura (°C) registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot cada 30 min en el interior de la canopia durante el día 22-02-2011, en cuyos horarios el análisis de datos mostró diferencias estadísticamente significativas. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey  $\leq 0,05$ ). Table 7: Temperature (°C) recorded in the different treatments cv. Merlot every 30 minutes inside the canopy, day 01-27-2011, in whose time the data analysis showed statistically significant differences. Means with common letter are not significantly different (Tukey  $\leq 0.05$ ).

Tratamiento	09:30	18:00	19:00	19:30
Testigo	22,1 b	28,1 a	28,0 ab	26,0 b
Grembiule	21,3 ab	29,7 b	27,4 ab	25,6 ab
Túnel	21,2 a	28,3 ab	26,4 a	25,2 a
Malla unida	21,9 ab	28,6 ab	28,3 b	25,9 ab
Valor p	0,0274	0,0315	0,0241	0,0341
MDS	0,85651	1,47172	1,65828	0,76537

Respecto a la humedad relativa, en la presente fecha se observó un comportamiento similar entre tratamientos, sin diferencias estadísticas en los horarios monitoreados (Figura 19).

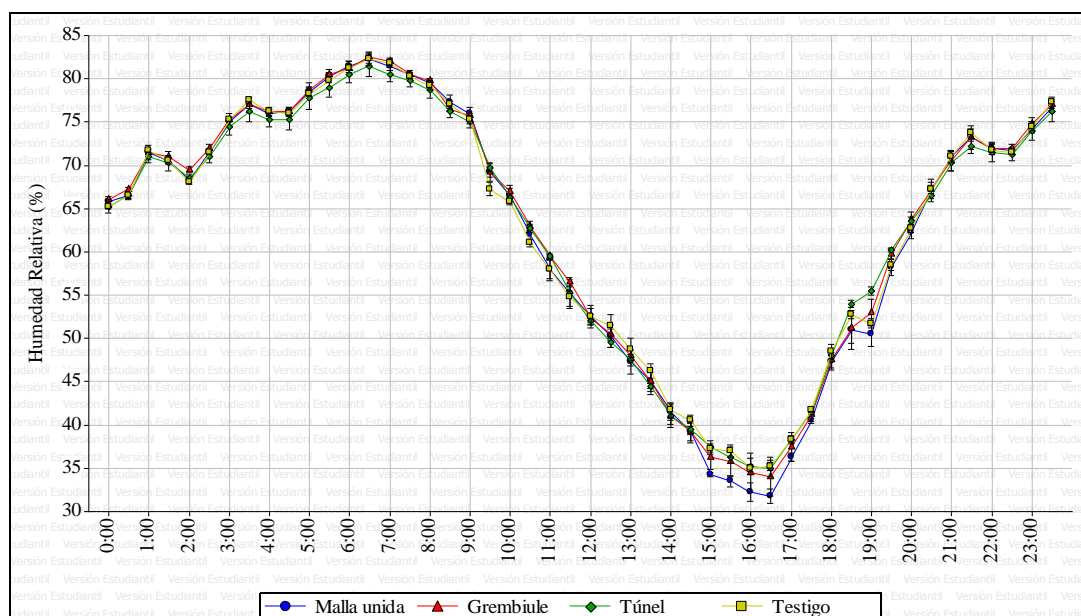


Figura 19: Evolución diaria de la humedad relativa (%), registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot cada 30 min, en interior de la canopia; día 22-02-2011. Las barras indican error estándar. Figure 19: Daily course of relative humidity (%), recorded in the different treatments cv. Merlot every 30 min, inside the canopy, 02-22-2011. Bars show standard error.

En la primera fecha considerada (16-01-2011), se observaron diferentes temperaturas entre tratamientos sólo en registros de la mañana, en la segunda fecha (27-01-2011) hubo un mayor número de registros con diferencias entre tratamientos por la mañana que por la tarde; en cambio para la tercera fecha analizada (22-02-2011), sólo se observaron diferencias de temperatura entre tratamientos en registros de la tarde. Respecto a la humedad relativa, sólo se observaron diferencias entre tratamientos en la primera y segunda fecha considerada, con mayor frecuencia en registros de la mañana.

### 3.2.2. Valores máximos, mínimos y medios

#### 3.2.2.1. Temperatura máxima diaria

En el análisis de temperatura máxima se observó que los tratamientos Tu y Gr tuvieron un comportamiento parecido al Te; en el tratamiento Mu se registraron los valores de temperatura máxima superiores durante casi todo el periodo analizado (Figura 20), con diferencias significativas para algunas fechas (Tabla 8).

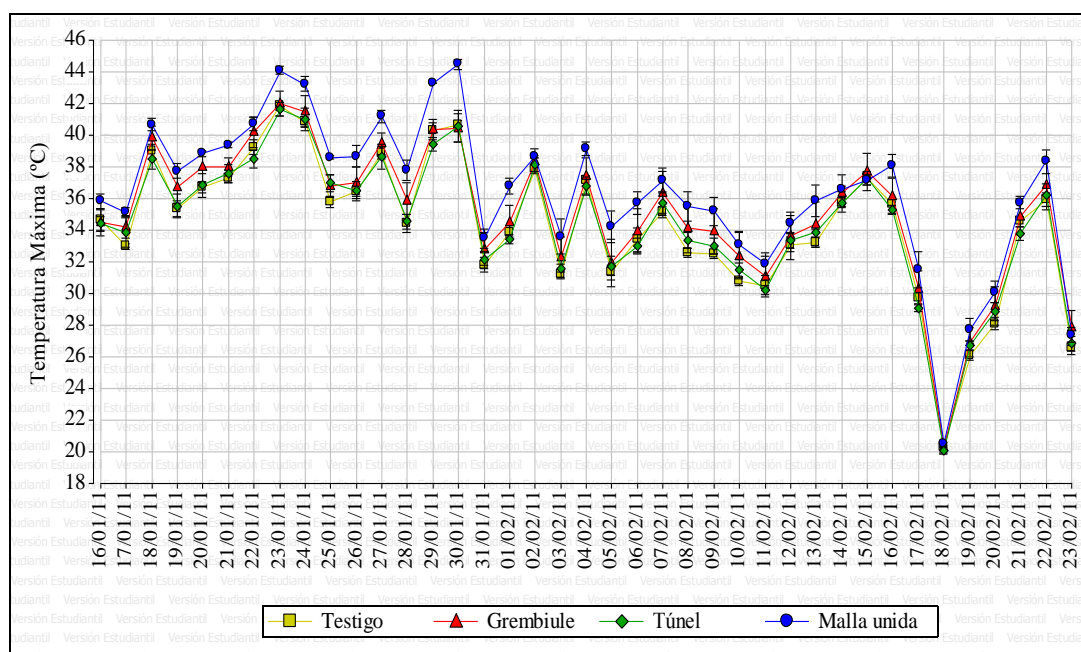


Figura 20: Comportamiento de la temperatura (°C) máxima diaria registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot, en el interior de la canopia, desde el 16-01-2011 hasta el 24-02-2011. Las barras indican error estándar. Figure 20: Behavior of temperature (°C) maximum daily recorded in the different treatments cv. Merlot, inside the canopy, from on 01-16-2011 up on 02-24-2011. Bars show standard error.

Tabla 8: Fechas en las que se registró diferencias significativas en la temperatura máxima diaria (°C) registradas en los distintos tratamientos cv. Merlot, en el interior de la canopia. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Table 8: Dates on which there was significant difference in daily maximum temperature (°C) recorded in the different treatments cv. Merlot, inside the canopy. Means with common letter are not significantly different (Tukey  $\leq 0.05$ )

Tratamiento	21/01	23/01	25/01	27/01	28/01	29/01	30/01	01/02
Testigo	37,3 a	41,8 a	35,8 a	38,9 ab	34,5 a	40,3 a	40,6 a	33,9 a
Greenbiule	38,0 ab	42,0 a	36,8 ab	39,5 ab	35,8 ab	40,4 a	40,5 a	34,5 ab
Túnel	37,6 ab	41,7 a	37,0 ab	38,7 a	34,6 a	39,4 a	40,6 a	33,4 a
Malla unida	39,4 b	44,1 b	38,6 b	41,2 b	37,8 b	43,3 b	44,5 b	36,8 b
Valor <i>p</i>	0,024	0,0138	0,0101	0,0348	0,0328	0,0003	0,0039	0,0126
MDS	1,8312	2,0645	1,9978	2,4353	3,2448	1,8928	2,9660	2,6572

### 3.2.2.2. Temperatura media diaria

La temperatura media diaria, a lo largo del periodo monitoreado (Figura 21), muestra un patrón parecido al de la temperatura máxima diaria, con diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para algunas fechas (Tabla 9). El tratamiento Mu presentó la mayor temperatura media diaria a lo largo de todo el periodo analizado, en contraste con el tratamiento Tu, del que se diferenció significativamente (excepto el día 05/02); aunque de todos modos presentó diferencias significativas respecto a los tratamientos Gr y Te para varias fechas monitoreadas.

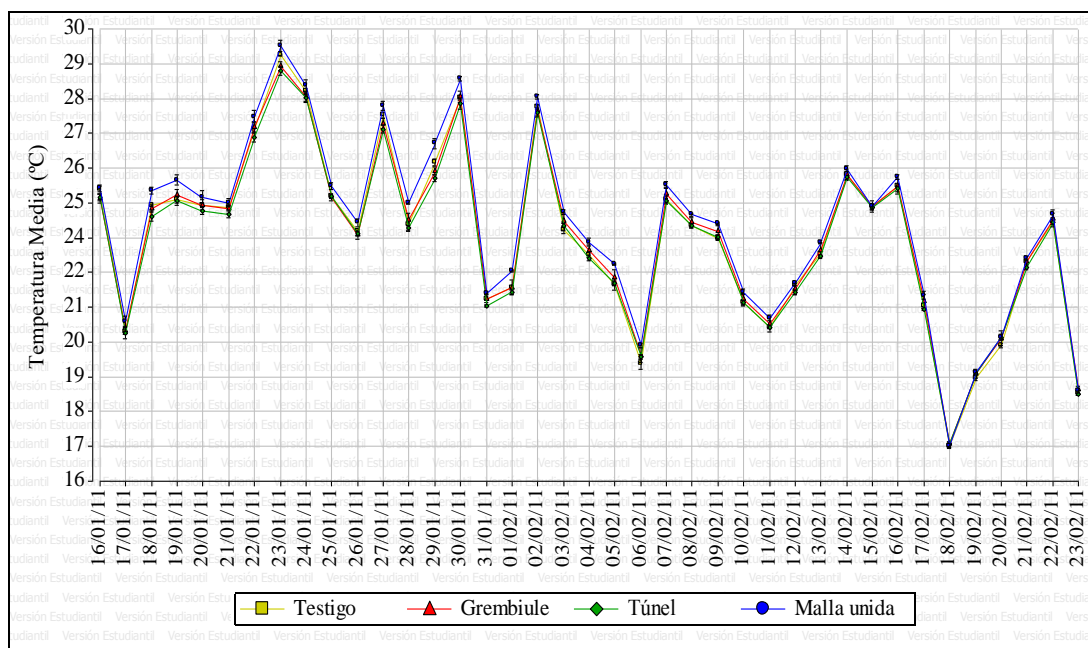


Figura 21: Comportamiento de la temperatura (°C) media diaria registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot, en el interior de la canopia, desde el 16-01-2011 hasta el 24-02-2011. Las barras indican error estándar. Figure 21: Behavior of average temperature (°C) daily recorded in the different treatments cv. Merlot, inside the canopy, from on 01-16-2011 up on 02-24-2011. Bars show standard error.

Tabla 9: Fechas en las que se registró diferencias significativas en la temperatura media diaria (°C) registradas en los distintos tratamientos cv. Merlot, en el interior de la canopia. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Table 9: Dates on which there was significant difference in daily maximum temperature (°C) recorded in the different treatments cv. Merlot, inside the canopy. Means with common letter are not significantly different (Tukey  $\leq 0.05$ ).

Tratamiento	1801	1901	2301	2501	2701	2801	2901	3001	3101	0102	0502
Testigo	24,6 ab	24,7 a	29,2 ab	24,8 a	27,3 ab	24,0 a	25,9 a	27,9 a	21,7 ab	22,0 ab	22,1 a
Grembiule	24,5 a	24,9 ab	28,9 a	24,8 a	27,1 a	24,1 ab	25,6 a	27,9 a	21,7 ab	22,0 ab	22,3 ab
Túnel	24,2 a	24,7 a	28,7 a	24,8 a	26,9 a	23,8 a	25,4 a	27,7 a	21,4 a	21,9 a	22,1 ab
Malla unida	25,0 b	25,3 b	29,5 b	25,2 b	27,6 b	24,6 b	26,5 b	28,5 b	21,8 b	22,5 b	22,7 b
Valor p	0,0025	0,0288	0,0079	0,0153	0,007	0,0089	0,0004	0,007	0,0217	0,0205	0,0342
MDS	0,4772	0,6136	0,5805	0,3164	0,5151	0,5953	0,5369	0,5437	0,3178	0,5454	0,6188

### 3.2.2.3. Temperatura mínima diaria

La temperatura mínima diaria no presentó diferencias estadísticamente significativas a lo largo del periodo de monitoreo (Figura 22).

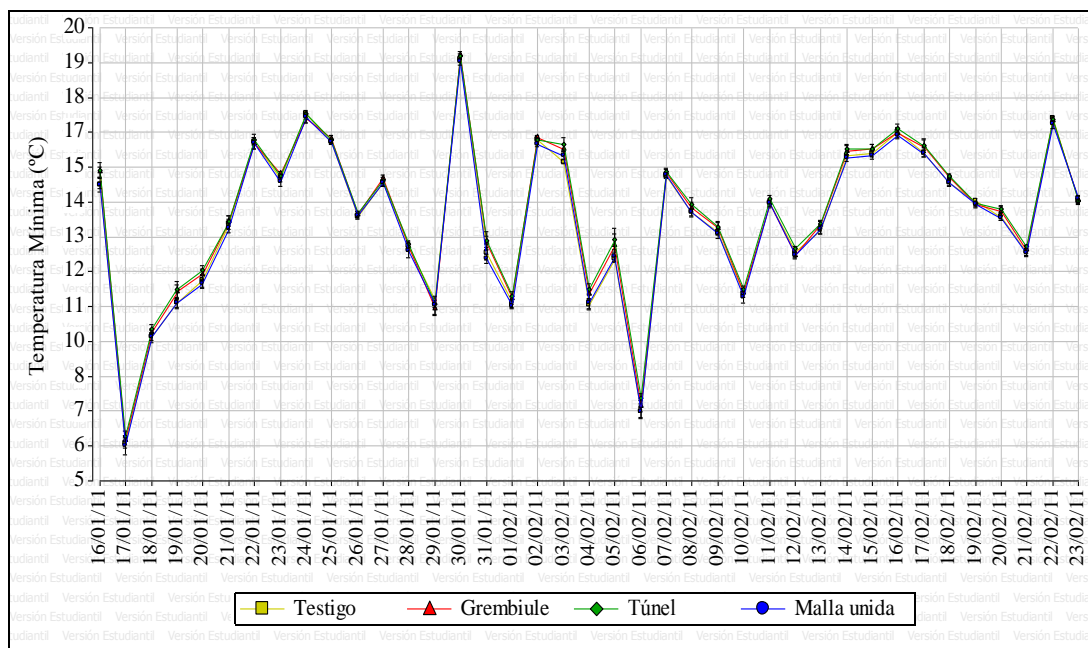


Figura 22: Comportamiento de la temperatura (°C) media diaria registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot, en el interior de la canopia, desde el 16-01-2011 hasta el 24-02-2011. Las barras indican error estándar. Figure 22: Behavior of average temperature (°C) daily recorded in the different treatments cv. Merlot, inside the canopy, from on 01-16-2011 up on 02-24-2011. Bars show standard error.

### 3.2.2.4. Humedad relativa máxima diaria

En el periodo de monitoreo de humedad relativa, las máximas diarias se comportaron muy parecido entre tratamientos, sin diferencias significativas para las fechas monitoreadas. En general se observó mayor fluctuación diaria al comienzo, e incremento general hacia el final del periodo monitoreado (Figura 23).

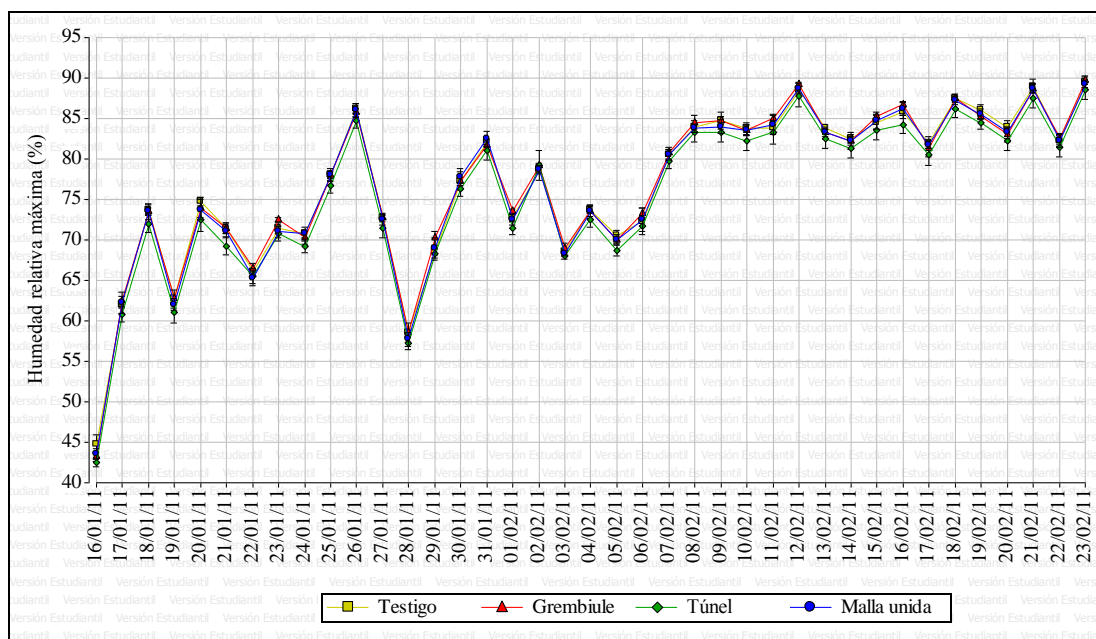


Figura 23: Comportamiento de la humedad relativa (%) media diaria registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot, en el interior de la canopia, desde el 16-01-2011 hasta el 24-02-2011. Las barras indican error estándar. Figure 23: Behavior of maximum relative humidity (%) daily recorded in the different treatments cv. Merlot, inside the canopy, from on 01-16-2011 up on 02-24-2011. Bars show standard error.

### 3.2.2.5. Humedad relativa media diaria

En la figura 24 se ha representado el comportamiento de la humedad relativa media diaria. Aunque gráficamente se observa similitud en el comportamiento, el análisis estadístico mostró diferencias significativas para algunas de las fechas monitoreadas (Tabla 10). En general, el tratamiento Gr presentó la mayor humedad relativa media diaria, con diferencias significativas respecto al tratamiento Mu para la mayoría de las fechas. De todos modos presentó un comportamiento parecido a los tratamientos Tu y Te, aunque se diferenció significativamente de este último en una oportunidad.

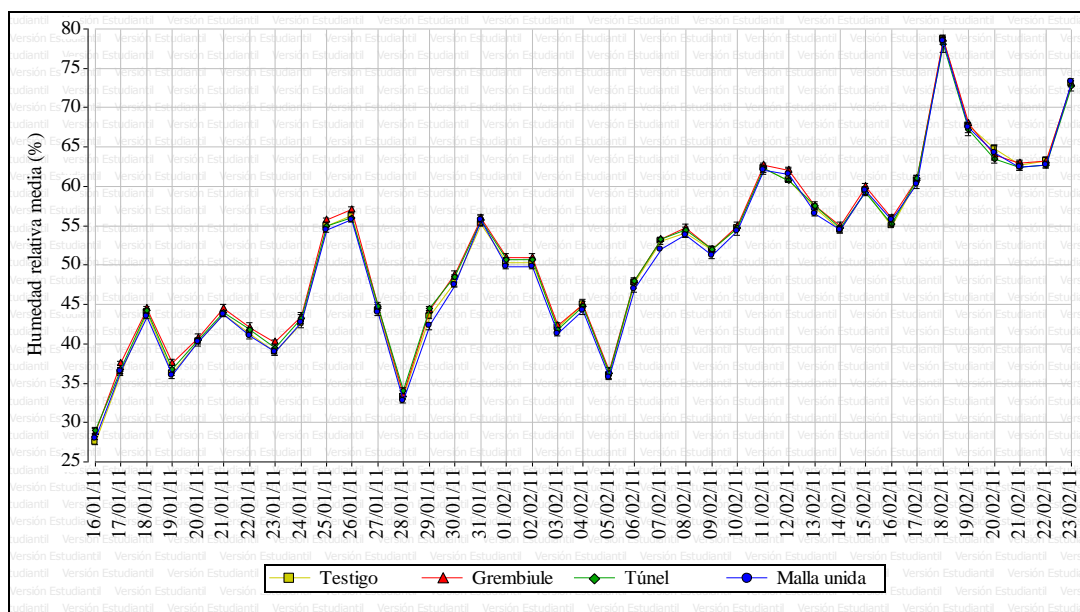


Figura 24: Comportamiento de la humedad relativa media diaria (%) registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot, en el interior de canopia, desde el 16-01-2011 hasta el 24-02-2011. Las barras indican error estándar. Figure 24: Behavior of daily average relative humidity (%) recorded in the different treatments cv. Merlot, inside the canopy, from on 01-16-2011 up on 02-24-2011. Bars show standard error.

Tabla 10: Fechas en las que se registró diferencias significativas en la humedad relativa media diaria (%) registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot, en el interior de la canopia. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Table 10: Dates on which there was significant difference in average daily relative humidity (%) recorded in the different treatments cv. Merlot, inside the canopy. Means with common letter are not significantly different (Tukey  $\leq 0.05$ ).

Tratamiento	16/01	17/01	25/01	26/01	29/01	01/02	02/02	07/02
Testigo	27,5 a	36,3 a	55,0 ab	56,3 ab	43,5 ab	50,3 ab	50,3 ab	53,0 ab
Grembiule	28,8 ab	37,5 b	55,8 b	57,0 b	44,3 b	51,0 b	51,0 b	53,3 b
Túnel	29,0 b	36,8 ab	55,0 ab	56,0 ab	44,5 b	50,8 ab	50,8 ab	53,3 b
Malla unida	28,0 ab	36,5 ab	54,5 a	55,8 a	42,3 a	49,8 a	49,8 a	52,0 a
Valor p	0,0357	0,0346	0,0535	0,0346	0,0022	0,0507	0,0507	0,0195
MDS	1,4532	1,1338	1,1736	1,3377	1,4213	1,2494	1,2494	1,1338



### 3.2.2.6. Humedad relativa mínima diaria

La evolución de la humedad relativa mínima diaria se encuentra representada en la figura 25. Se produjo un incremento en los valores desde el inicio hacia el final del periodo monitoreado, con un máximo coincidente con precipitaciones. La humedad mínima diaria en los tratamientos Gr y Tu presentó un comportamiento similar al testigo; además, el tratamiento Mu presentó los menores valores de humedad mínima diaria, en contraste con el tratamiento Tu del que se diferenció significativamente (Tabla 11).

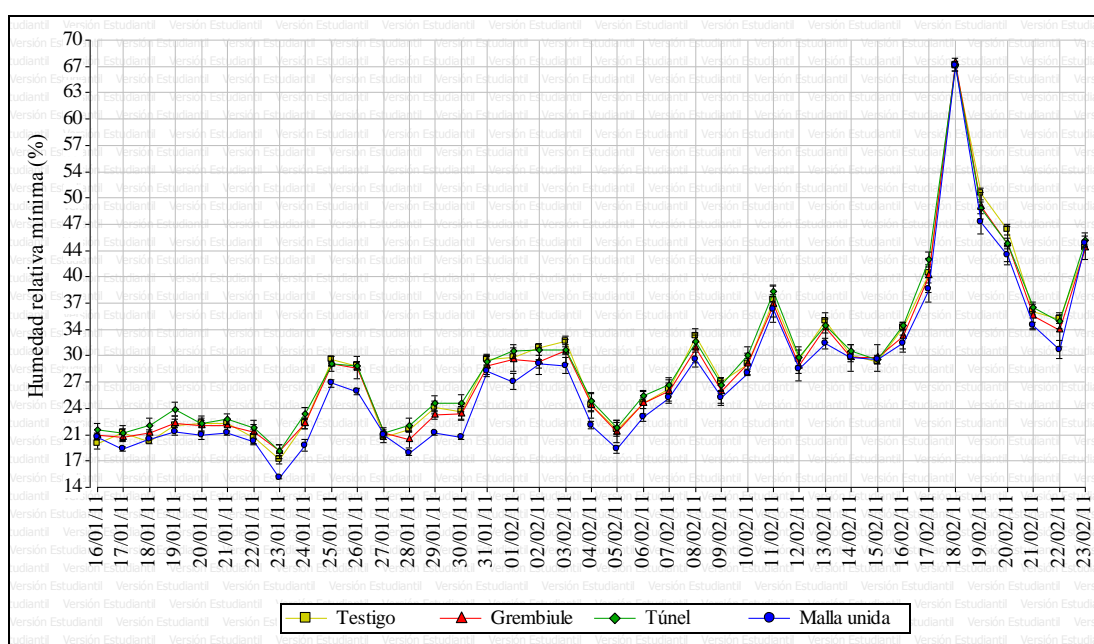


Figura 25: Comportamiento de la humedad relativa mínima diaria (%) registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot, en el interior de canopia, desde el 16-01-2011 hasta el 24-02-2011. Las barras indican error estándar. Figure 25: Behavior of daily minimum relative humidity (%) recorded in the different treatments cv. Merlot, inside the canopy from, on 01-16-2011 up on 02-24-2011. Bars show standard error.



Tabla 11: Fechas en las que se registró diferencias significativas en la humedad relativa mínima diaria (%) registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot, en el interior de la canopia. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Table 11: Dates on which there was significant difference in minimum daily relative humidity (%) recorded in the different treatments cv. Merlot, inside the canopy. Means with common letter are not significantly different (Tukey  $\leq 0.05$ ).

Tratamiento	23/01	24/01	25/01	28/01	29/01	30/01
Testigo	17,5 ab	22,0 ab	30,0 b	21,3 b	24,0 b	23,5 ab
Grebiule	18,5 b	22,0 ab	29,5 b	20,0 ab	23,0 ab	23,3 ab
Túnel	18,5 b	23,3 b	29,5 b	21,8 b	24,5 b	24,5 b
Malla unida	15,3 a	19,3 a	27,0 a	18,3 a	20,8 a	20,3 a
Valor p	0,0158	0,0141	0,0131	0,02	0,0092	0,0201
DMS	2,8263	3,0603	2,4241	2,9843	2,8263	3,5076

### 3.2.3. Caracterización de la temperatura por sumatoria

Durante el día 27-01-2011 se observó un comportamiento térmico particular del tratamiento Mu, ya que presentó una sumatoria de temperatura mayor respecto a los tratamientos Gr y Tu, y el Te presentó un comportamiento intermedio. La sumatoria de temperatura para el periodo monitoreado (16-01-2011 al 24-02-2011), mostró un comportamiento parecido al observado el 27-01-2011; aunque los tratamientos Mu y Tu se comportaron diferentes entre sí (más cálido y más fresco respectivamente) y los tratamientos Gr y Te presentaron un comportamiento intermedio (Tabla 12).

Tabla 12: Sumatoria de temperatura registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot, en interior de la canopia. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Table 12: Sum of temperature in the different treatments cv. Merlot, inside the canopy. Means with common letter are not significantly different (Tukey  $p \leq 0.05$ ).

Tratamiento	27/01/2011	Periodo de monitoreo
Testigo	655,73 ab	22099,5 ab
Grebiule	650,13 a	22074,5 ab
Túnel	645,78 a	21984,5 a
Malla unida	662,5 b	22374,5 b
Valor p	0,0077	0,0435
MDS	12,005	368,33

### 3.2.4. Radiación

Los tres sistemas de instalación de protección antigranizo con malla plástica disminuyeron significativamente el PPFd (flujo de fotones fotosintéticamente activos) respecto al tratamiento Te (sin protección antigranizo) para las dos fechas monitoreadas (26-01-2011 y 05-03-2011). En la cara este de la canopia, la media del PPFd y porcentaje de PPFd incidente (PPFd % E) fueron mayores en el tratamiento Te, el que se diferenció significativamente del resto de los tratamientos. Le siguió la media del tratamiento Mu, el cual se diferenció significativamente de los tratamientos Gr y Tu en la primera fecha y del tratamiento Tu en la segunda fecha (Tabla 13).

Tabla 13: Flujo de fotones fotosintéticamente activos (PPFd) medidos en las caras este y oeste de la canopia y en el centro de la misma ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ). Valores medios y porcentuales registrados en los distintos tratamientos cv. Merlot, días 26-01-2011 y 05-03-2011. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Table 13 Photosynthetically active photon flux: measured in the east and west sides of the canopy and in the middle of it ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ). Mean values and percentage recorded in the different treatments cv. Merlot, 01-26-2011 and 05-03-2011. Means with common letter are not significantly different (Tukey  $p \leq 0.05$ ).

Fecha	Tratamiento	PPFd de Referencia	ESTE		OESTE		CENTRO		
			Media PPFd	PPFd % E	Media PPFd	PPFd % O	Media PPFd	PPFd % C	
26-01-2011 (11:00 a 12:30 h)	Testigo	2141,3	2111,1	98,6 c	1680,5	78,5 c	146,9	6,9 a	
	Grembiule	1817,3	1409,5	77,5 a	972,9	53,1 a	86,3	4,6 a	
	Túnel	1844,3	1438,3	78,1 a	1033,9	56,6 ab	85,1	4,5 a	
	Malla unida	1968,1	1602,1	81,5 b	1276,3	65,0 b	127,1	6,5 a	
	Valor <i>p</i>			<0,0001		<0,0001		0,0296	
	MDS			2,48009		10,30690		2,54316	
05-03-2011 (9:00 a 10:30 h)	Testigo	1154,1	1129,8	97,8 c	64,4	5,6 b	41,8	3,7 b	
	Grembiule	1267,7	985,7	77,8 ab	60,4	4,8 a	36,3	2,9 a	
	Túnel	1261,4	957,3	75,8 a	60,3	4,8 a	36,9	2,9 a	
	Malla unida	1234,1	988,8	80,1 b	61,7	5,0 a	39,0	3,2 ab	
	Valor <i>p</i>			<0,0001		0,0003		0,0088	
	MDS			3,76754		0,42533		0,61060	

En la cara oeste de la canopia la media del PPFD y el porcentaje de PPFD incidente (PPFD % O) mostraron un comportamiento entre tratamientos parecido al observado en la cara este, para la primera fecha, aunque el PPFD % O y la media del PPFD fueron menores; y para la segunda fecha la media del PPFD y el PPFD % O incidentes bajo los tratamientos con protección antigranizo presentaron valores similares entre sí, pero menores que los observados en el tratamiento Te.

Al analizar la media del PPFD y el porcentaje de PPFD incidente en el centro de la canopia (PPFD % C), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la primera fecha monitoreada, aunque sí para la segunda; en los tratamientos Tu y Gr se registró menores valores de PPFD respecto al Te.

### **3.2.5. *Velocidad del Viento***

Para las dos fechas en que se midió velocidad del viento, se comprueba una reducción de la velocidad máxima y de la velocidad media de los tratamientos de protección antigranizo con malla plástica respecto al Te (sin protección). En la primera fecha (03-02-2011), la media de los registros de velocidad del viento, tanto para la variable velocidad máxima como la velocidad media, fue mayor en el tratamiento Te con diferencias significativas. Le siguió el tratamiento Mu que se diferenció significativamente de los tratamientos Gr y Tu, quienes se comportaron muy parecidos sin diferencias estadísticamente significativas entre sí (Tabla 14). En la segunda fecha (17-02-2011), el análisis de la velocidad máxima presentó un comportamiento parecido al de la primera fecha; pero al observar la velocidad media, los tratamientos Mu y Te se comportaron de modo similar, registrando mayores valores que los tratamientos Gr y Tu.

En la primera fecha (03-02-2011), se observa que los sistemas de instalación de protección antigranizo redujeron tanto la velocidad máxima como la velocidad media entre el 25 y 55%, dependiendo del sistema de instalación. En cambio, para la segunda fecha (17-02-2011), si bien las protecciones con malla plástica antigranizo redujeron la velocidad del viento respecto al Te, el porcentaje de reducción fue menor, rondando entre el 16 y 44% la velocidad máxima y entre el 13 y 47% la velocidad media, dependiendo del sistema de instalación.

Tabla 14: Velocidad del viento ( $\text{m s}^{-1}$ ), máxima y media registradas en los distintos tratamientos cv. Merlot, los días 03-02-2011 y 17-02-2011. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Table 14: Wind speed ( $\text{m s}^{-1}$ ), maximum and average recorded in the different treatments cv. Merlot, on 02-03-2011 and 17-02-2011. Means with common letter are not significantly different (Tukey  $p \leq 0.05$ ).

Tratamiento	Día 03-02-2011		Día 17-02-2011	
	Velocidad máxima	Velocidad media	Velocidad máxima	Velocidad media
Testigo	1,43 c	0,58 c	1,41 c	0,66 b
Grembiule	0,65 a	0,30 a	0,94 a	0,41 a
Túnel	0,69 a	0,25 a	0,80 a	0,35 a
Malla unida	1,03 b	0,44 b	1,19 b	0,58 b
Valor $p$	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
MDS	0,16988	0,10904	0,19396	0,11125

### 3.3. VARIABLES FISIOLÓGICAS Y VEGETATIVAS

#### 3.3.1. Fotosíntesis

La actividad fotosintética presentó algunas diferencias, las que variaron en función del momento del día y fecha en que se realizaron las mediciones (Figuras 26 y 27). La media de los tratamientos Gr y Tu presentaron valores mayores con diferencias significativas respecto al tratamiento Te en horas de la mañana para las dos fechas registradas ( $p = 0,01$  y MDS = 5,35336; y  $p = 0,0056$  y MDS = 3,08101 respectivamente). Al mediodía, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos, aunque la media de los registros correspondientes a la primera fecha, fueron más altos que los registros de la segunda para todos los tratamientos, excepto Gr.

Respecto a los registros de la tarde, en la primer fecha la media del tratamiento Mu fue mayor con diferencias significativas respecto a los tratamientos Gr y Tu ( $p = 0,0125$  y MDS = 3,27448). Para la segunda fecha monitoreada el comportamiento fue diferente, ya que los tratamientos con protección presentaron mayor fotosíntesis neta, con diferencias estadísticamente significativas respecto al Te ( $p = 0,0049$  y MDS = 2,09446).

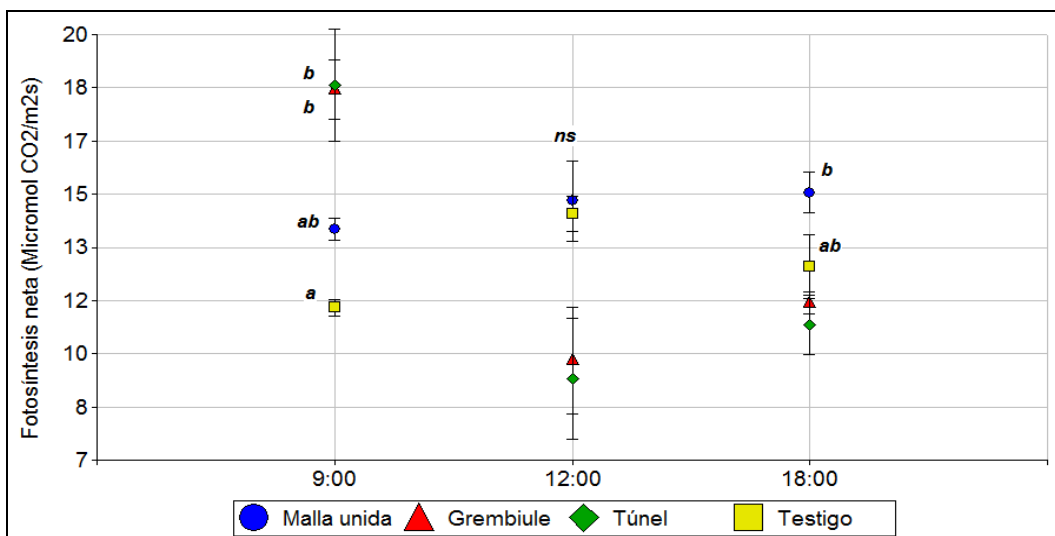


Figura 26: Comportamiento de la variable fotosíntesis neta ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot durante el día 27-01-2011. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes, *ns* = no significativo (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Las barras indican error estándar. Figure 26: Performance of the variable net photosynthesis ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), registered in the different treatments cv. Merlot daytime 01-27-2011. Means with common letter are not significantly different, *ns* = not significant (Tukey  $p \leq 0.05$ ). Bars show standard error.

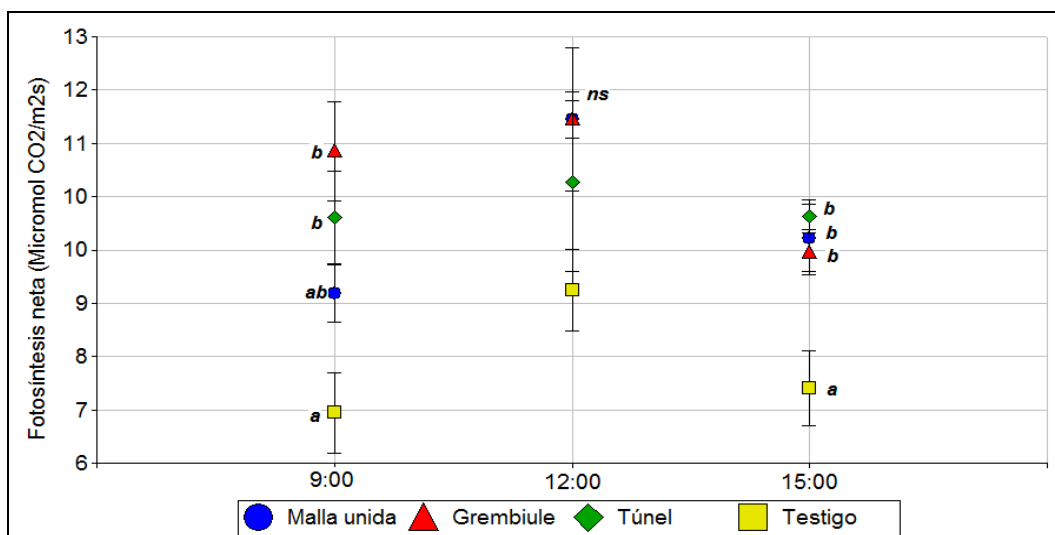


Figura 27: Comportamiento de la variable fotosíntesis neta ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot durante el día 09-03-2011. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes, *ns* = no significativo (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Las barras indican error estándar. Figure 27: Performance of the variable net photosynthesis ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), registered in the different treatments cv. Merlot daytime 03-09-2011. Means with common letter are not significantly different, *ns* = not significant (Tukey  $p \leq 0.05$ ). Bars show standard error.

### 3.3.2. Conductancia estomática

La conductancia estomática, no presentó diferencias significativas entre tratamientos para ninguna de las fechas y horarios monitoreados (Tabla 15).

Tabla 15: Media de los valores registrados de la variable Conductancia Estomática ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), en los distintos tratamientos cv. Merlot durante los días 27-01-2011 y 09-03-2011. Table 15: Average of the recorded values of the variable stomatal conductance ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), in the different treatments cv. Merlot in the days 01-27-2011 and 03-09-2011.

Tratamiento	Día 27-01-2011			Día 09-03-2011		
	Media 09:00	Media 12:00	Media 18:00	Media 09:00	Media 12:00	Media 15:00
Testigo	550,0	196,5	128,8	419,5	154,3	84,3
Grempiule	301,7	185,0	109,0	451,0	225,3	153,0
Túnel	382,7	116,5	84,8	415,5	216,5	127,0
Malla unida	376,7	194,0	120,8	586,3	189,5	100,5
Valor <i>p</i>	0,2142	0,6945	0,1709	0,6680	0,4954	0,1453
MDS	324,7	204,8	57,2	462,1	145,9	86,2

### 3.3.3. Transpiración

La transpiración no presentó diferencias significativas entre tratamientos para ninguna de las fechas y horarios monitoreados (Tabla 16).

Tabla 16: Media de los valores registrados de la variable Transpiración ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), en los distintos tratamientos cv. Merlot durante los días 27-01-2011 y 09-03-2011. Table 16: Average of the recorded values of the variable transpiration ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), in the different treatments cv. Merlot in the days 01-27-2011 and 03-09-2011.

Tratamiento	Día 27-01-2011			Día 09-03-2011		
	Media 09:00	Media 12:00	Media 18:00	Media 09:00	Media 12:00	Media 15:00
Testigo	10,31	6,98	5,93	5,51	3,42	3,26
Grempiule	6,38	5,71	4,79	6,08	4,75	4,98
Túnel	7,18	4,50	3,91	5,69	4,51	4,14
Malla unida	7,27	6,67	5,29	7,33	5,09	3,77
Valor <i>p</i>	0,0940	0,2267	0,0741	0,5543	0,3126	0,1602
MDS	4,11	3,63	2,08	4,03	2,64	2,11

### 3.3.4. Potencial hídrico foliar

Para las dos fechas en que se realizó monitoreo diario de potencial hídrico foliar (Figuras 28 y 29), en preamanecer no hubo diferencias significativas entre los tratamientos, en cambio sí se presentaron diferencias estadísticamente significativas en el resto de los horarios monitoreados. En general, los tratamientos Tu y Gr se comportaron de modo similar y presentaron los mayores valores de potencial hídrico foliar a lo largo de todo el día, en contraste a lo observado en los tratamientos Mu y Te.

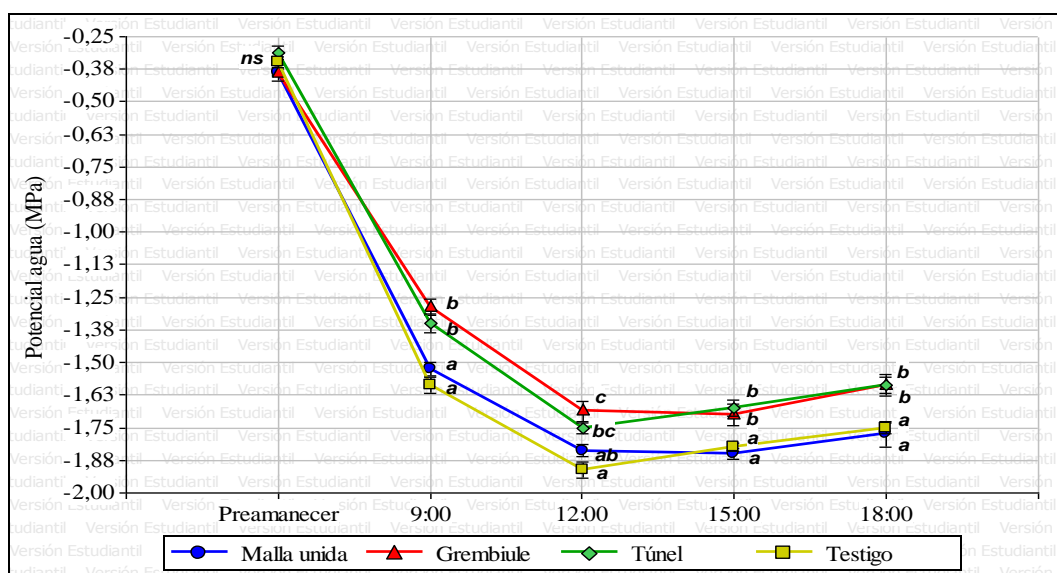


Figura 28: Evolución diaria del potencial hídrico foliar (MPa) registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot, correspondiente a día 27-01-2011. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes, *ns* = no significativo (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Las barras indican error estándar. Figure 28: Daily evolution of leaf water potential (MPa) recorded in the different treatments cv. Merlot, for day 01-27-2011. Means with common letter are not significantly different, *ns* = not significant (Tukey  $p \leq 0.05$ ). Bars show standar error.

En el monitoreo de las 9:00 h, los tratamientos Gr y Tu presentaron mayores potenciales que los tratamientos Mu y Te con diferencias significativas para las dos fechas monitoreadas; a las 12:00, en la primera fecha, se observó que el tratamiento Gr presentó mayor potencial hídrico con diferencias estadísticamente significativas respecto a los tratamientos Te y Mu, le siguió el tratamiento Tu con diferencias

significativas respecto al Te; en cambio para la segunda fecha se observó que el comportamiento hídrico entre tratamientos fue similar al de la hora 9:00.

A las 15:00 y a las 18:00 horas, el monitoreo de la primera fecha presentó un comportamiento parecido entre sí y similar al observado a la hora 9:00, pero distinto al observado en la segunda fecha monitoreada; en este último caso el tratamiento Tu presentó mayor potencial hídrico foliar, con diferencias estadísticamente significativas respecto a los tratamientos Mu y Te, y el tratamiento Gr presentó valores intermedios (Anexo I).

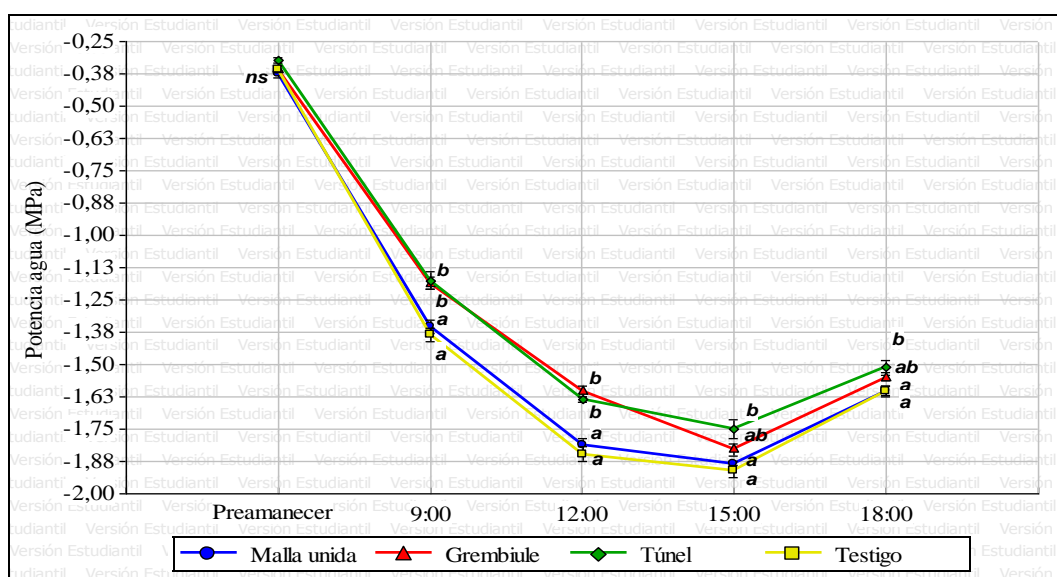


Figura 29: Evolución diaria del potencial hídrico foliar (MPa) registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot, correspondiente a día 09-03-2011. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes, *ns* = no significativo (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Las barras indican error estándar. Figure 29: Daily evolution of leaf water potential (MPa) recorded in the different treatments cv. Merlot, for day 03-09-2011. Means with common letter are not significantly different, *ns* = not significant (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Bars show standar error.

### 3.3.5. Poda

Los sistemas de instalación de protecciones antigranizo con malla plástica no afectaron el crecimiento del año medido mediante el peso de poda, aunque se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos con protección antigranizo ( $p = 0,0017$ ;  $MDS = 0,091$ ). Los tratamientos Gr y Mu presentaron los mayores valores de peso del material de poda (Kg/planta), verificándose diferencias significativas respecto al sistema de instalación en Tu (Figura 30). La longitud del



material extraído por poda, no mostró diferencias significativas entre tratamiento ( $p = 0,1776$ ).

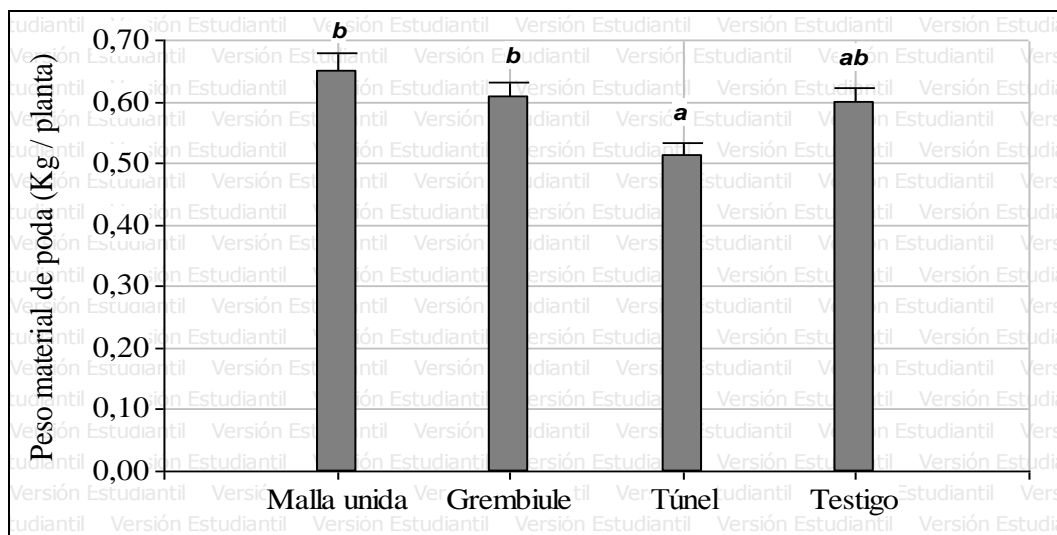


Figura 30: Peso del material extraído por poda (Kg/planta) en los distintos tratamientos cv. Merlot. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Las barras indican error estándar. Figure 32: Weight of material extracted by pruning (Kg / plant) in the different treatments cv. Merlot. Means with common letter are not significantly different (Tukey  $p \leq 0.05$ ). Bars show standard error.

### 3.4. CARACTERIZACIÓN DE LA COSECHA

#### 3.4.1. Rendimiento y componentes

No se observaron diferencias en el rendimiento (Kg uva / planta) entre tratamientos con protección antigranizo respecto al Te ( $p = 0,2751$ ; MDS = 0,74), ni tampoco hubo diferencias significativas ( $p = 0,1604$ ; MDS = 4,9) en el número de racimos por planta (Figura 30). Los tratamientos Mu y Te presentaron mayor peso de baya que el Tu ( $p = 0,0003$ ; MDS = 0,073), mientras que el tratamiento Gr tuvo un peso de baya intermedio y no se diferenció significativamente del resto de los tratamientos.(Figura 31). No hubo diferencias entre tratamientos en el número de bayas por racimo ( $p = 0,9770$ ; MDS = 41,6). Las diferencias encontradas en el peso de baya, estuvieron asociadas positivamente, en mayor medida con el peso del material extraído en la poda (poda/planta) y en menor medida con la transpiración y la conductancia estomática (Anexo VI).

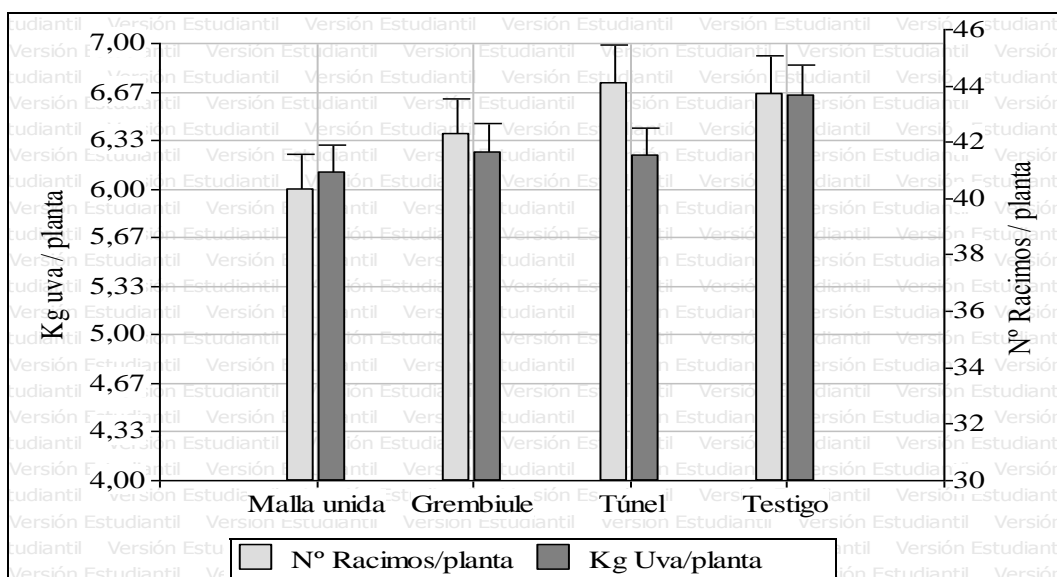


Figura 31: Media de las variables número de racimos por planta y peso de la uva cosechada por planta (Kg) en cada tratamiento cv. Merlot. Las barras indican error estándar. Figure 30: Average variable number of clusters per plant and weight of the grapes harvested per plant (Kg) in each treatment cv. Merlot. Bars show standard error.

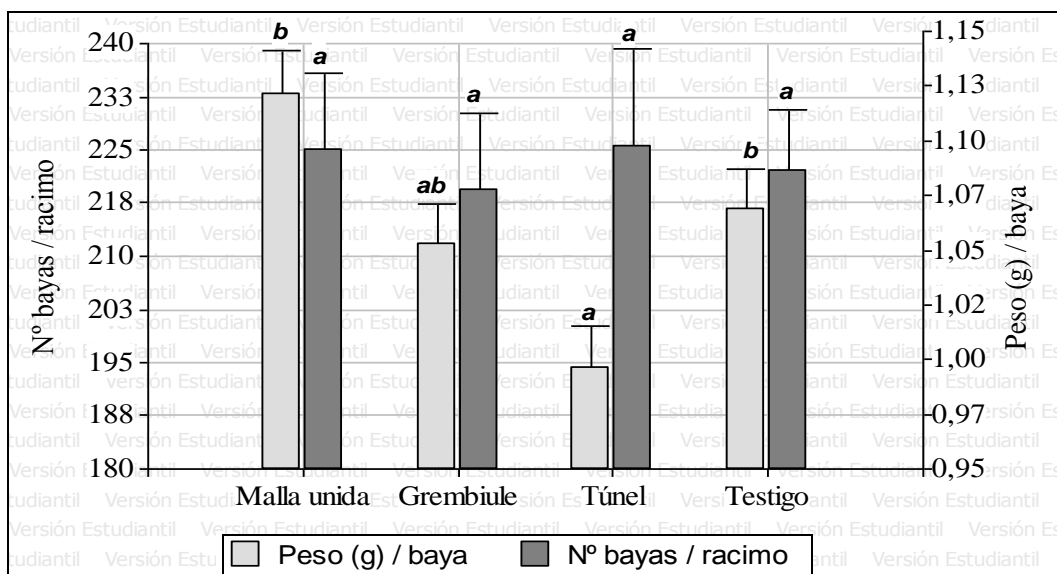


Figura 32: Media del peso de baya (g) y número de bayas por racimo registrados en los distintos tratamientos cv. Merlot. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Las barras indican error estándar. Figure 31: Average berry weight (g) and number of berries per cluster recorded in the different treatments cv. Merlot. Means with common letter are not significantly different (Tukey  $p \leq 0.05$ ). Bars show standard error.

### 3.4.2. Composición de bayas

#### 3.4.2.1. Evolución de sólidos solubles (° brix)

La evolución del nivel de sólidos solubles en baya se muestra en la figura 33. El análisis de datos no mostró diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, en ninguna de las fechas en que se realizó muestreo.

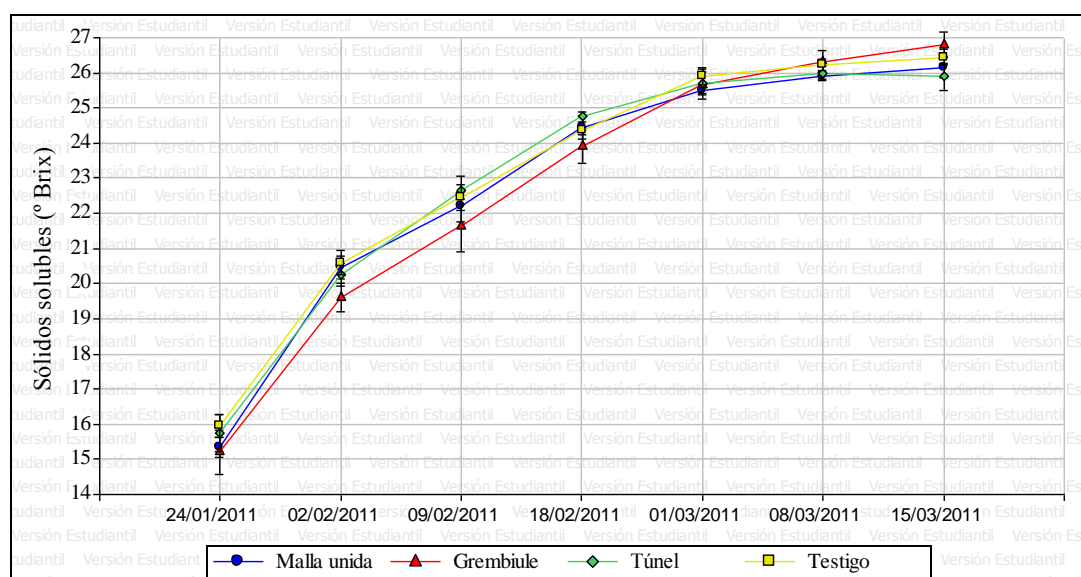


Figura 33: Evolución de sólidos solubles (Brix) registrados, en los distintos tratamientos cv. Merlot, desde 24-01-2011 hasta 15-03-2011. Las barras indican error estándar. Figure 33: Evolution of soluble solids (Brix) recorded, in the different treatments cv. Merlot, from 01-24-2011 to 15-03-2011. Bars show standard error.

#### 3.4.2.2. Evolución de pH

La evolución del pH, no mostró diferencias significativas entre tratamientos para ninguna de las fechas de muestreo (Figura 34).

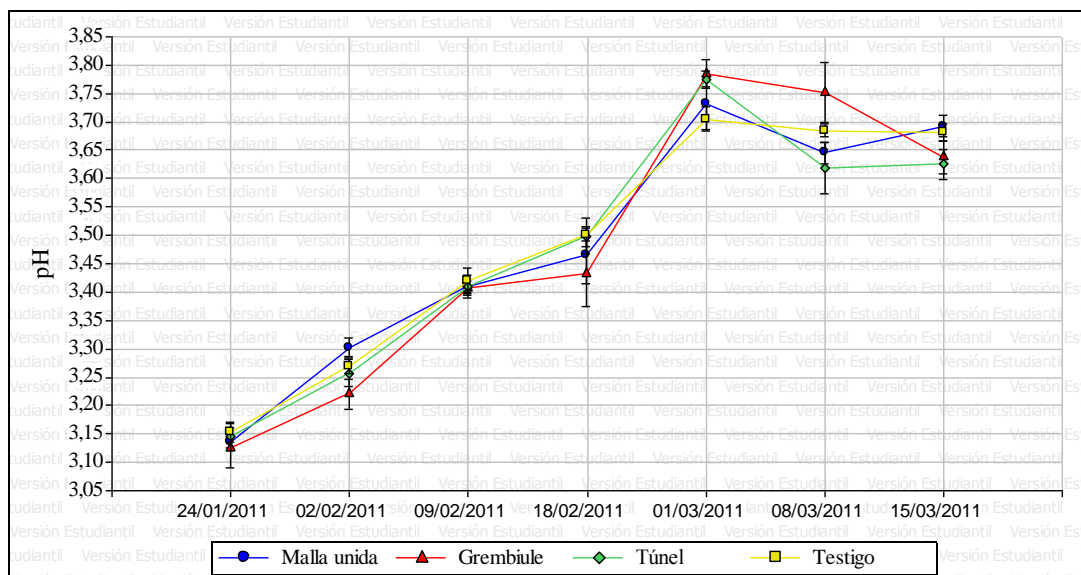


Figura 34: Evolución del pH registrado, en los distintos tratamientos cv. Merlot, desde 24-01-2011 hasta 15-03-2011. Las barras indican error estándar. Figure 34: Evolution of pH recorded, in the different treatments cv. Merlot, from 01-24-2011 to 03-15-2011. Bars show standard error.

### 3.4.2.3. Evolución de acidez total (g/L ácido tartárico)

La evolución de la acidez total no mostró diferencias significativas entre tratamientos para ninguna de las fechas de muestreo (Figura 35).

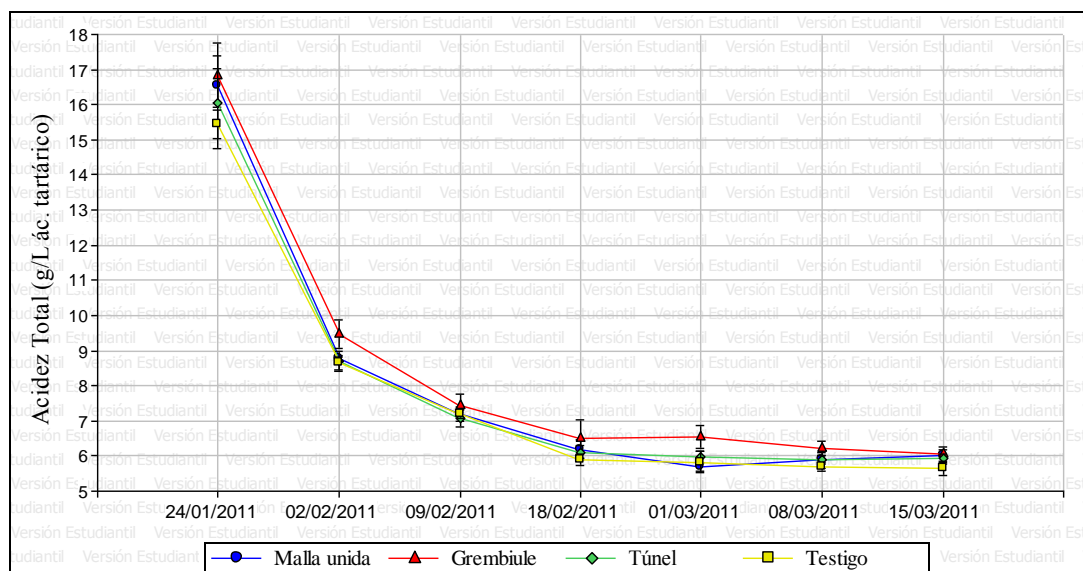


Figura 35: Evolución de la acidez total (g/L de ácido tartárico) registrada, en los distintos tratamientos cv. Merlot, desde 24-01-2011 hasta 15-03-2011. Las barras indican error estándar. Figure 35: Evolution of the total acidity (g / L tartaric acid) recorded, in the different treatments cv. Merlot, from 01-24-2011 to 03-15-2011. Bars show standard error.

### 3.4.2.4. Índice de polifenoles totales (IPT) y antocianos totales

El nivel de IPT medido en los distintos tratamientos no mostró diferencias. En cambio se observaron diferencias significativas en el contenido de antocianos totales; siendo mayor el nivel en el tratamiento Gr respecto a los tratamientos Te y Mu y el tratamiento Tu, presentó valores intermedios (Tabla 17). El contenido de antocianos totales estuvo asociado negativamente con la velocidad del viento y el porcentaje de PPFD incidente en la canopia (Anexo IV).

Tabla 17: Antocianos totales e IPT a cosecha, registrados en los distintos tratamientos cv. Merlot. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Table 17: Total Anthocyanins and IPT to harvest, recorded in the different treatments cv. Merlot. Means with common letter are not significantly different (Tukey  $p \leq 0.05$ ).

Tratamiento	Antocianos totales (mg/Kg de baya)	IPT
Testigo	1468,39 a	88,39 a
Grembiule	1636,66 b	92,22 a
Túnel	1579,67 ab	87,26 a
Malla unida	1487,39 a	90,91 a
Valor $p$	0,0142	0,1207
MDS	143,5	6,18

## 3.5. ANÁLISIS COMPLEMENTARIO

### 3.5.1. Coeficientes de Correlación

La tabla 18 muestra los coeficientes de correlación entre variables (Correlación de Pearson) monitoreadas el día 27-01-2011, acompañados por la correspondiente probabilidad de correlación nula. Las correlaciones significativas al 5 % o mayores fueron: Fotosíntesis neta del mediodía positivamente con temperatura media y PPFd mediodía, y negativamente con humedad relativa media; y potencial hídrico foliar del mediodía negativamente con temperatura media y PPFd mediodía, y positivamente con humedad relativa media; y finalmente fotosíntesis neta del mediodía estuvo correlacionada negativamente con potencial hídrico foliar del mediodía.

Tabla 18: Coeficientes de correlación entre variables monitoreadas el 27-01-2011, cv. Merlot (Correlación Pearson). Table 18: Correlation coefficients between variables monitored on 01-27-2011, cv. Merlot (Pearson Correlation).

Variables	Temperatura media °C	Humedad relativa media %	Fotosíntesis neta mediodía ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	Potencial hídrico foliar mediodía (MPa)	Transpiración mediodía ( $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	Conductancia estomática mediodía ( $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	PPFD mediodía ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )
Temperatura media (°C)	1						
Humedad relativa media (%)	-0,84 (0,00004)	1					
Fotosíntesis neta mediodía ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	0,55 (0,03)	-0,64 (0,01)	1				
Potencial hídrico foliar mediodía (MPa)	-0,61 (0,01)	0,69 (0,0033)	-0,52 (0,04)	1			
Transpiración mediodía ( $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	0,37 (0,16)	-0,21 (0,16)	0,49 (0,05)	-0,30 (0,26)	1		
Conductancia estomática mediodía ( $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	0,21 (0,43)	-0,03 (0,43)	0,42 (0,10)	-0,15 (0,58)	0,97 ( $<0,00001$ )	1	
PPFD mediodía ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	0,55 (0,03)	-0,57 (0,03)	0,60 (0,01)	-0,59 (0,02)	0,44 (0,09)	0,29 (0,27)	1

### 3.5.2. Análisis de senderos

#### 3.5.2.1. Potencial hídrico foliar del mediodía

La correlación entre potencial hídrico foliar del mediodía y la humedad relativa media fue significativa ( $r = 0,46$ ;  $p = 0,0033$ ;  $r$  total = 0,69), al igual que las correlaciones entre el potencial hídrico foliar del mediodía y cada una de las restantes variables (Tabla 19). La correlación entre potencial hídrico foliar del mediodía y la temperatura media fue significativa ( $r$  total = -0,61,  $p = 0,0114$ ), al igual que las correlaciones entre potencial hídrico foliar del mediodía y fotosíntesis neta del mediodía ( $r$  total = -0,52 y  $p = 0,0371$ ) y entre potencial hídrico foliar del mediodía y PPFD del mediodía ( $r$  total = -0,59 y  $p = 0,0156$ ); pero en todos los casos estuvieron influenciadas por la correlación entre potencial hídrico foliar del mediodía y la humedad relativa media ( $r = -0,39$ ;  $r = -0,29$  y  $r = -0,26$  respectivamente).

Tabla 19: Coeficientes de sendero, variable dependiente: Potencial hídrico foliar del mediodía. Table 19: Coefficient of path, dependent variable: midday leaf water potential.

Efecto	Vía	Coeficientes	<i>p</i> -valor
Temperatura media	Directa	-0,05	
Temperatura media	Humedad relativa media	-0,39	
Temperatura media	Fot. neta mediodía	-0,02	
Temperatura media	PPFD mediodía	-0,15	
<i>r total</i>		-0,61	0,0114
Humedad relativa media	Directa	0,46	
Humedad relativa media	Temperatura media	0,05	
Humedad relativa media	Fot. neta mediodía	0,02	
Humedad relativa media	PPFD mediodía	0,16	
<i>r total</i>		0,69	0,0033
Fot. neta mediodía	Directa	-0,04	
Fot. neta mediodía	Temperatura media	-0,03	
Fot. neta mediodía	Humedad relativa media	-0,29	
Fot. neta mediodía	PPFD mediodía	-0,17	
<i>r total</i>		-0,52	0,0371
PPFD mediodía	Directa	-0,28	
PPFD mediodía	Temperatura media	-0,03	
PPFD mediodía	Humedad relativa media	-0,26	
PPFD mediodía	Fot. neta mediodía	-0,02	
<i>r total</i>		-0,59	0,0156

### 3.5.2.2. Fotosíntesis neta del mediodía

La correlación entre fotosíntesis neta del mediodía y la humedad relativa media fue significativa ( $r = -0,45$ ;  $p = 0,0078$ ), al igual que las correlaciones entre el fotosíntesis neta del mediodía y cada una de las restantes variables (Tabla 20). La correlación entre fotosíntesis neta del mediodía y la temperatura media fue significativa ( $r \text{ total} = 0,55$ ,  $p = 0,0272$ ), al igual que las correlaciones entre fotosíntesis neta del mediodía y potencial hídrico foliar del mediodía ( $r \text{ total} = -0,52$  y  $p = 0,0371$ ) y entre fotosíntesis neta del mediodía y PPFD del mediodía ( $r \text{ total} = 0,60$  y  $p = 0,0147$ ); pero en todos los casos estuvieron influenciadas por la correlación entre fotosíntesis neta del mediodía y la humedad relativa media ( $r = 0,38$ ;  $r = -0,31$  y  $r = 0,26$  respectivamente).

Tabla 20: Coeficientes de sendero, variable dependiente: Fotosíntesis neta del mediodía. Table 20: Coefficients of path, dependent variable: net photosynthesis midday.

<b>Efecto</b>	<b>Vía</b>	<b>Coeficientes</b>	<b>p-valor</b>
Temperatura media	Directa	-0,04	
Temperatura media	Humedad relativa media	0,38	
Temperatura media	PPFD mediodía	0,18	
Temperatura media	Pot. hídrico foliar mediodía	0,02	
<i>r total</i>		<i>0,55</i>	<i>0,0272</i>
Humedad relativa media	Directa	-0,45	
Humedad relativa media	Temperatura media	0,03	
Humedad relativa media	PPFD mediodía	-0,19	
Humedad relativa media	Pot. hídrico foliar mediodía	-0,03	
<i>r total</i>		<i>-0,64</i>	<i>0,0078</i>
PPFD mediodía	Directa	0,34	
PPFD mediodía	Temperatura media	-0,02	
PPFD mediodía	Humedad relativa media	0,26	
PPFD mediodía	Pot. hídrico foliar mediodía	0,02	
<i>r total</i>		<i>0,60</i>	<i>0,0147</i>
Pot. hídrico foliar mediodía	Directa	-0,04	
Pot. hídrico foliar mediodía	Temperatura media	0,03	
Pot. hídrico foliar mediodía	Humedad relativa media	-0,31	
Pot. hídrico foliar mediodía	PPFD mediodía	-0,20	
<i>r total</i>		<i>-0,52</i>	<i>0,0371</i>



#### 4. DISCUSIÓN

El análisis de las condiciones microclimáticas generadas por los diferentes sistemas de instalación de malla plástica antigranizo y la evaluación del efecto de los mismos sobre variables agronómicas y de composición de bayas de vid, permitieron aceptar las hipótesis planteadas en el presente ensayo. Los diferentes sistemas de instalación no se comportaron de la misma forma. El sistema de instalación malla unida (Mu) provocó la menor modificación del microclima (temperatura, humedad relativa, luz y viento), con respecto al testigo sin malla (Te). Además, las variables vegetativas y fisiológicas medidas en plantas protegidas con este sistema también se comportaron de modo parecido en varias oportunidades y presentaron similar expresión vegetativa con el Te. En cambio los tratamientos grembiule (Gr) y túnel (Tu) provocaron una mayor diferencia en el microclima y las plantas protegidas bajo estos sistemas de instalación presentaron un mejor estado hídrico que las protegidas bajo los sistemas Te y Mu.

Se observó que la protección de los cultivos con malla plástica antigranizo modificó las condiciones microclimáticas de la canopia de las plantas, tal como lo mencionan Osaer (1997) y Rana *et al.* (2004), aunque en el presente ensayo, la respuesta de los diferentes sistemas de instalación de malla antigranizo sobre el comportamiento microclimático fue distinto. Los sistemas de protección con malla instalados en Gr y Tu disminuyeron la temperatura (°C) e incrementaron la humedad relativa (%), lo que coincide con lo mencionado por Osaer (1997), Garnaud (1998), Rana *et al.* (2004) e Iglesias *et al.* (2006); pero el sistema de instalación Mu tuvo un comportamiento similar al Te para varios registros y en algunos momentos presentó los mayores valores de temperatura (similar a lo observado por Ebert y Casierra, 2000) y los menores valores de humedad relativa. Esto no se esperaba, dado que la protección con malla disminuye la radiación y de este modo no se hubiera incrementado tanto la temperatura. El comportamiento de la temperatura observado en los sistemas Gr y Tu, es un aspecto de interés, ya que la malla podría mitigar el efecto del incremento de la temperatura por cambio climático y el posible daño en frutos expuestos (Blanke, 2008).

El incremento de la humedad relativa media y mínima bajo los sistemas de instalación Gr y Tu para algunos registros, coincidió con lo mencionado por Iglesias *et al.* (2006), aunque no hubo una disminución de las temperaturas máximas diarias

en los tratamientos con malla respecto al Te como así tampoco hubo incremento de las temperaturas mínimas registradas. El tratamiento Mu provocó incremento de las temperaturas máximas respecto al Te para algunas fechas analizadas. En este sistema de instalación, la malla estuvo dispuesta de modo similar al sistema de doble vertiente (o a dos aguas) y al ser mayor la superficie cubierta, hubo mayor interferencia en el intercambio de masa de aire con la atmósfera circundante.

En condiciones de nubosidad se observó que el comportamiento de la temperatura y humedad relativa fue parecido entre tratamientos, similar a lo observado por Solomakhin y Blanke (2010 b) y Lakatos *et al.* (2011); de igual modo, las diferencias de máximas, medias y mínimas diarias observadas entre tratamientos, fueron más frecuentes en enero que en febrero (desarrollo y madurez de la uva), debido a las mayores temperaturas registradas en ese mes (Solomakhin y Blanke, 2010 b; Lakatos *et al.*, 2011). Este comportamiento puede resultar de interés en zonas más frescas o de mayor número de días con nubosidad, pues en estas condiciones la protección de viñedos con malla antigranizo instalada en sistema grembiule o las variantes probadas en este ensayo, provocarán pocas diferencias en las máximas, medias y mínimas de temperatura y humedad relativa en el interior de la canopia; aunque podría afectarse la fotosíntesis (Ebert y Casierra, 2000).

La malla antigranizo disminuyó el flujo de fotones fotosintéticamente activo (PPFD) incidente en la canopia. La reducción respecto a la radiación de referencia (directa) provocada por los sistemas de instalación de malla antigranizo, coincide con lo publicado por varios autores (Guida *et al.*, 1997; Rana *et al.*, 2004; Del Monte *et al.*, 2006; Iglesias *et al.*, 2006; Amarante *et al.*, 2007; Amarante *et al.*, 2009). Teniendo en cuenta el Índice de saturación lumínica ( $I_s$ ), para las mediciones de PPFD incidente realizadas el 26-01-2011 (entre las 11:00 y 12:30 h), los valores medidos por debajo de la malla, longitudinalmente a la hilera en ambas caras de la canopia (este y oeste), se encontraban dentro del rango necesario para alcanzar una fotosíntesis máxima en la primera capa de hojas; en cambio para la segunda fecha de monitoreo (05-03-2011), dado el horario (entre las 09:00 y 10:30 h), únicamente se registraron niveles de PPFD incidente superiores al  $I_s$  en la cara este de la canopia (Zufferey y Murisier, 2000; Keller, 2010). Esto se debe en parte a lo encontrado por Del Monte *et al.* (2006), quienes mencionan que la radiación incidente es función de la posición de la tela antigranizo y el momento de determinación a lo largo del día;

razón por la que el PPFDF incidentes no se comportó de igual modo bajo los distintos sistemas de instalación, en las fechas (momento del año) y horarios monitoreados.

Todos los métodos de instalación evaluados redujeron la velocidad del viento. La mayor reducción de la velocidad del viento respecto al Te la produjeron los sistemas de instalación Tu y Gr, y la menor el Mu. La reducción máxima de la velocidad del viento encontrado en el presente ensayo (44 al 55%) coincide con lo publicado por Di Césare (1997) y Middleton S. y McWaters A. (2002). En zonas donde la incidencia de viento es alta, podría considerarse la utilización de malla plástica antigranizo para reducir los efectos negativos sobre las plantas, como disminución de la fotosíntesis por cierre estomático (Campbell-Clause, 1998) y el daño en frutos (Garnaud, 1998); y en regiones donde la incidencia de viento es mayor, podría reducirse el efecto negativo sobre el crecimiento de brotes, el área foliar y el rendimiento en variedades sensibles (Carey *et al.*, 2007). Además, la reducción en la velocidad del viento (por efecto de la malla antigranizo) debe considerarse en los modelos de predicción de enfermedades fúngicas por influir en la dispersión atmosférica de esporas (Rodríguez Rajo *et al.*, 2002).

El estado hídrico de la planta fue afectado en diferente forma por los métodos de instalación. Para la mayoría de las determinaciones de potencial hídrico foliar, el sistema de instalación Mu se comportó muy parecido al testigo; en cambio los sistemas de instalación Gr y Tu presentaron un potencial hídrico foliar mayor al Te (menos negativo). Esto se puede relacionar con los resultados mencionados por Crété *et al.* (2001), quienes han reportado una disminución del suministro de agua de riego (sin causar estrés hídrico) asociado al uso de la malla antigranizo. En los sistemas de instalación Gr y Tu, la canopia de las plantas estuvieron restringidas por la disposición de la malla, con menor movimiento de aire y mayor humedad relativa, lo que pudo favorecer la formación de una capa límite de mayor espesor y menor pérdida de agua por evapotranspiración (Salisbury y Ross, 1994). Este aspecto es de considerable interés en zonas de riego con escasez de agua ya que podría ser considerado como herramienta complementaria en las estrategias de riego que apunten a reducir el consumo de agua (Avenant, 1994 y Smita, 2007). Además, en las dos oportunidades en que se realizó monitoreo del potencial hídrico foliar, el comportamiento diurno fue diferente bajo los sistemas de protección Gr y Tu respecto al Te, a pesar de no observarse diferencias entre tratamientos en el monitoreo de preamanecer. Esto muestra que el potencial hídrico preamanecer no

sería un buen indicador del estado hídrico del sistema suelo-planta (Van Zyl, 1987; Williams L. y Araujo F., 2002).

Para las fechas en que se realizó monitoreo de conductancia estomática y transpiración no se observaron diferencias estadísticamente significativas, a pesar de una variación mayor a 1m/s de la velocidad del viento en tratamientos con protección respecto al Te (Hagen y Skidmore, 1974).

Los tratamientos Gr y Tu por la mañana presentaron mayor actividad fotosintética respecto al tratamiento Te y en la medición realizada al mediodía no se observaron diferencias entre tratamientos. Este comportamiento fotosintético fue diferente al mencionado por algunos autores (Avenant, 1994; Amarante *et al.*, 2007; Blanke, 2008; Amarante *et al.*, 2009); además el comportamiento observado en horas de la tarde fue diferente en cada fecha, lo que puede explicarse por el horario y época del año en que se realizó la medición; en la primera fecha los tratamientos con protección no se diferenciaron del Te, en cambio en la segunda fecha la tasa fotosintética bajo los tratamientos con protección, fue significativamente mayor, lo cual podría estar relacionado a la mayor concentración de clorofila observada bajo malla (Avenant, 1994 y Amarante *et al.*, 2007).

La composición de la baya resultó afectada en una de las variables medidas. El IPT no mostró diferencias entre las distintas protecciones antigranizo ni respecto al Te, aunque los mayores contenidos de antocianos totales observados en el tratamiento Gr respecto a los tratamientos Mu y Te, podría deberse a una mayor biosíntesis, a la menor degradación oxidativa, o a una combinación de ambos factores (Haselgrove *et al.*, 2000; Spayd *et al.*, 2002; Downey *et al.*, 2004; Peña, 2005), determinado por el menor incremento de la temperatura, tal como fue observado en el Gr.

En coincidencia con Peano *et al.*, (2003), no hubo reducción significativa de sólidos solubles totales (Brix) a cosecha en los tratamientos con protección como lo mencionan Guida *et al.* (1997) e Iglesias *et al.* (2006); y a pesar de las diferencias en cuanto a las condiciones térmicas (Spayd *et al.*, 2002 y Downey *et al.*, 2004) provocadas por los sistemas de instalación Gr y Tu en contraste con Mu y Te, tampoco se observaron diferencias significativas en la evolución del pH y la acidez total en bayas.

Los tratamientos con protección antigranizo no disminuyeron el rendimiento (Kg uva / planta) respecto al testigo, lo que coincide con lo mencionado por Guida *et*

*al.* (1997), aunque Amarante *et al.*, (2007) y Blanke (2008) mencionan disminución del rendimiento y Avenant (1994) observó incremento del mismo por efecto de la malla antigranizo. El peso de baya bajo el sistema Tu fue menor, a pesar de la reducción térmica registrada en éste tratamiento (Spayd *et al.*, 2002; Downey *et al.*, 2004). Estas observaciones se basaron en una temporada de ensayo (un año), lo que posiblemente no sea suficiente para determinar la influencia de los sistemas de instalación con malla antigranizo sobre el cultivo; la formación y diferenciación de yemas es un proceso influenciado por la luz y requiere más de un temporada para completarse (Sánchez y Dokoozlian, 2005).

El método de instalación afectó el crecimiento vegetativo medido a través del peso de poda. Bajo el sistema Tu, el peso del material extraído fue menor respecto a los tratamientos Gr y Mu, aunque en ninguno de los sistemas de instalación el peso del material extraído por poda se diferenció del Te (en coincidencia con Guida *et al.*, 1997). Esto puede estar relacionado al efecto barrera causado por la malla instalada en túnel, lo que dio lugar al curvado de los brotes, disminución de la conductividad hidráulica y finalmente, reducción del crecimiento radial y longitudinal de los mismos (Schubert *et al.*, 1995; Schubert *et al.*, 1999).

En el análisis de correlación se observó, por un lado, que bajos valores de potencial hídrico foliar estuvieron asociados con bajos valores de humedad relativa y alto PPF<sub>D</sub> incidente en la canopia (Düring, 1982), lo que estuvo relacionado a las condiciones de mayor luminosidad y menor humedad relativa generadas por el sistema de instalación Mu y el testigo, respecto a los sistemas Gr y Tu (tratamientos en los que el comportamiento del potencial hídrico foliar fue mejor). Por otro lado, incrementos en la temperatura media y en el PPF<sub>D</sub>, se asociaron con incrementos de la fotosíntesis neta, relacionando este comportamiento a lo observado por Zufferey *et al.*, (2000).

## 5. CONCLUSIONES

- Los sistemas de instalación de malla antigranizo probadas en el presente ensayo modificaron las condiciones microclimáticas, aunque los distintos sistemas de instalación no se comportaron de igual modo:
  - Los microclimas de los sistemas de instalación Grembiule (Gr) y Túnel (Tu), se caracterizaron por una mayor humedad relativa y menor temperatura que los Mu y Te. El Mu presentó valores similares a las del Te.
  - Todos los sistemas de instalación disminuyeron el PPF<sub>D</sub> (flujo de fotones fotosintéticamente activos), pero los porcentajes de PPF<sub>D</sub> incidente en la canopia fueron diferentes entre los sistemas de protección, observándose una reducción respecto al Te:
    - La reducción fue variable, según fecha y momento del día en que se realizó el monitoreo.
    - La mayor reducción en el PPF<sub>D</sub> incidentes se observó en los sistemas Gr y Tu, y la menor en el sistema Mu
  - La velocidad del viento en la canopia se redujo en los tratamientos con protección por efecto barrera de la malla antigranizo. El grado de reducción dependió del sistema de instalación, y en el presente ensayo el sistema Mu provocó el menor efecto.
- El microclima generado por las protecciones antigranizo afectó algunas variables fisiológicas:
  - Las plantas protegidas con los sistema Gr y Tu presentaron mayor potencial hídrico foliar que aquellas con Mu y Te
  - El potencial hídrico foliar en las plantas protegidas con el sistema Mu fue similar al Te.
  - La actividad fotosintética, en general, fue mayor bajo las protecciones antigranizo con malla plástica:
    - En los monitoreos de la mañana, en plantas protegidas con los sistemas de instalación Gr y Tu.

- En los monitoreos de la tarde, en plantas protegidas con el sistema Mu en el primer monitoreo y con los tres sistemas de instalación en el segundo monitoreo.
- Los sistemas de instalación no influyeron sobre el rendimiento, aunque bajo el sistema Tu se manifestó menor peso de baya.
- La variable de composición de baya que se vio influenciada por el efecto de la protección antigranizo fue la concentración de antocianos totales. El Gr presentó los valores más altos.

En viñedos conducidos en espaldero, protegidos con malla plástica antigranizo, las alteraciones del microclima dependerán del sistema de instalación empleado, lo que a su vez influirá en algunas variables del comportamiento de las plantas y en algunas características de la producción. De todos modos, se ha evaluado sólo una temporada de ensayo por lo que sería importante continuar con observaciones un mayor número de años para determinar el efecto de los sistemas de instalación de malla antigranizo sobre algunas variables como rendimiento, componentes del rendimiento y crecimiento vegetativo.

#### *PRINCIPALES APORTES*

La información generada es útil y novedosa para mejorar las decisiones al momento de elegir un sistema de instalación de malla antigranizo. De todos modos, debido al mejor estado hídrico de las plantas bajo los sistemas de instalación Gr y Tu, sería interesante profundizar en la temática de relaciones hídricas de los principales cultivares de vid protegidos con malla plástica antigranizo. También sería importante complementar este estudio con microvinificaciones, dado el interés en conocer el efecto de la malla antigranizo en la calidad enológica de las principales variedades de la región. Además, sería importante evaluar la influencia de los sistemas de instalación sobre el comportamiento de otras variables, tal como temperatura del suelo, el desempeño de coberturas vegetales y la evolución de la materia orgánica y dinámica de microorganismos en el suelo.

El sistema de instalación de malla antigranizo a elegir va a depender de las herramientas y maquinarias de labranzas y el costo de instalación de cada uno. El grembiule es el sistema de instalación más restrictivo en cuanto a la expresión vegetativa; recomendable su utilización para la protección de variedades tintas dado

que bajo este sistema se vio favorecida la acumulación de antocianos totales. La variante Túnel ofreció un comportamiento muy parecido al Grempiule (aspectos microclimáticos y fisiológicos), pero presentó un mayor costo inicial de instalación (principalmente por los arcos metálicos y la malla de 3 m de ancho). Finalmente, el sistema Malla unida, ofreció condiciones microclimáticas similares a las observadas en el testigo (sin protección con malla antigranizo) y el costo de instalación fue menor que en Grempiule. Sin embargo se requeriría mano de obra adicional para el acople y desacople, de las uniones flexibles en el interfilar, para las labores (desmalezado, aplicación de herbicida y tratamientos fitosanitarios), por lo que el costo operativo puede ser mayor.



## 6. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- ALTURRIA, L. 2007. La inversión en malla antigranizo. Revista Bolsa de Comercio de Mendoza, 487: 12-13. [en línea] [[http://www.bolsamza.com.ar/revista/2007/marzo\\_07.pdf](http://www.bolsamza.com.ar/revista/2007/marzo_07.pdf)] [Consulta: 16 enero, 2009]
- AMARANTE, C.V.T., STEFFENS C.A., MIQUELOTO A. ZANARDI O. Z, Y SANTOS H.P. 2009. Disponibilidade de luz em macieiras 'Fuji' cobertas com telas antigranizo e seus efeitos sobre a fotossíntese, o rendimento e a qualidade dos frutos. Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal - SP. 31:3, 664-670.
- AMARANTE C.V.T., STEFFENS C., MOTA C. Y SANTOS H.P. 2007. Radiação, fotossíntese, rendimento e qualidade de frutos em macieiras 'Royal Gala' cobertas com telas antigranizo. Pesq. agropec. bras., Brasília. 42:7, 925-931.
- ARJONA C., RODRÍGUEZ M. Y PODESTÁ L., 2002. La tela antigranizo en la maduración de ciruelas japonesas. Rev. FCA UNCuyo. Tomo XXXIV. (1): 99-108.
- AVENANT J.H., 1994. The effect of hail netting on the performance of table grapes in the summer rainfall regions of South Africa. International Symposium on Table Grape Production. Anaheim, California. 227-229
- BERGQVIST, J.; DOKOOZLIAN, N. Y EBISUDA, N., 2001. Sunlight exposure and temperatures effects on berry growth and composition of Cabernet Sauvignon and Grenache in the San Joaquin Valley of California. Am. J. Enol. Vitic. 52(1): 1-7.
- BLANKE, M.M., 2008. Perspectives of fruit research and apple orchard management in Germany in a changing climate. Acta Hort. (ISHS) 772:441-446
- CABRAL D., WORLOCK A., GUDIÑO J., FUENTES C., 1999. Protección de Frutales y Viñedos contra el granizo. Guía práctica para la construcción de estructuras. Publicación INTA.
- CAMPBELL-CLAUSE, J.M., 1998. Stomatal response of grapevines to wind. Australian Journal of Experimental Agriculture 38: 77-82
- CAREY, V.A., PIENAAR, W. Y ARCHER, E., 2007. Efecto del viento en el funcionamiento de la vid en Stellenbosch, Sudáfrica. Rev. Enología 3 – Año 4. julio – Agosto.
- CATANIA C. Y AVAGNINA S., 2007. Curso superior de degustación de vinos. EEA Mendoza, INTA. [en línea] [<http://inta.gob.ar/documentos/curso-de-degustacion-de-vinos>] [Consulta: 20 de mayo, 2012].

- CRÉTÉ, X., REGNARD J.L., FERRE G. Y TRONEL C., 2001. Effects secondaires et conséquences sur la conduite du verger. *L'arboriculture fruitière*. 553: 51-55.
- DEL MONTE, R., ULIARTE, E., AMBROGETTI, A., GALAT, E. Y PRIETO, J., 2006. Sistemas de conducción de múltiple prestación cultural (SAMPc). Influencia de la arquitectura y de la tela antigranizo sobre el microclima lumínico. *Rev. Enología* 6 – Año III. Noviembre – Diciembre.
- DACC. (Dirección de Agricultura y Contingencias Climáticas), 1999-2010. Estadísticas de la Gestión del Riesgo Agrícola. [en línea] [<http://www.contingencias.mendoza.gov.ar>] [Consulta: 1 de noviembre, 2010]
- DACC. (Dirección de Agricultura y Contingencias Climáticas), 2011. Datos del RUT-RENSPA MENDOZA - Evolución de Superficie Total Cultivada Registrada a Nivel Departamental. [<http://www.contingencias.mendoza.gov.ar>] [Consulta: 18 de mayo, 2011].
- D.E.I.E. (Dirección de Estadísticas e Investigaciones Económicas), 2008. Información económica sobre la base del CNA 2002. [en línea] [<http://www.deie.mendoza.gov.ar>] [Consulta: 23 septiembre, 2008]
- D.E.I.E. (Dirección de Estadísticas e Investigaciones Económicas). 2009 Informe Económico 2009, Producto Bruto Geográfico Sector Agropecuario. [en línea] [<http://www.deie.mendoza.gov.ar/publicaciones/informeeconomico2009/Sector%20Agropecuario.pdf>] [Consulta: 21 septiembre, 2011]
- DI CÉSARE L.U., 1997. Conducción y manejo de durazneros, ciruelos y perales bajo malla antigranizo. Simposio de Protección Antigranizo, San Rafael, Argentina.
- DI RIENZO J.A., CASANOVES F., BALZARINI M.G., GONZALEZ L., TABLADA M., ROBLEDO C.W. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- DOWNEY M., HARVEY J., ROBINSON S. (2004). The effect of bunch shading on berry development and flavonoid accumulation in Shiraz grapes. *Aust. J. Grape Wine Res.* 10:55-73.
- DOWNEY M., DOKOOZLIAN N., KRSTIC M. (2006). Cultural Practice and Environmental Impacts on the Flavonoid Composition of Grapes and Wine: A Review of Recent Research. *Am. J. Enol. Vitic.* 57:257-268.
- DÜRING H. Y LOVEYS B.R., 1982. Diurnal Changes in water relations and abscisic acid in field grown *Vitis vinifera* cvs. I. Leaf water potential components and leaf conductance under humid temperature and semiarid conditions. *Vitis* 21: 223-232.

- EBERT G. Y CASIERRA F., 2000. Verringert die Einnetzung grundsätzlich die Assimilationsleistung von Apfelbäumen?. *Erwerbsobstbau* 42:12-14.
- GARNAUD J.C., 1998. Las malla antigranizo en frutales. *Rev. Horticultura Internacional* 19: 19-23.
- GONDA I., VASZILY B., BARTHA A., SOLTÉSZ M., SZABÓ Z. Y NYÉKI J., 2011. Effect of hail protecting nets on the quality of apples. *International Journal of Horticultural Science* 17:77-80.
- GONZÁLEZ G, NAZRALA J., BELTRÁN M., NAVARRO A., BORBÓN L., SENATRA L., ALBORNOZ L., HIDALGO A., LÓPEZ M., GEZ M., MERCADO L., POETTA S. Y ALBERTO M., 2009. Caracterización de uvas para vinificar en diferentes regiones de Mendoza (Argentina). *Rev. FCA UNCuyo*. Tomo XLI (1):165-175.
- GONZÁLEZ LOYARTE, M., MENENTI, M. Y DIBLASI, A., 2009. Mapa bioclimático para travesías de Mendoza (Argentina) basado en la fenología foliar. *Rev. FCA UNCuyo*. Tomo XLI. (1): 105-122.
- GUIDA G., OJEDA H., CATANIA C., CHAAB J., VILA H., NAZRALA J., CASTRO O., Y GARCÍA L., 1997. Ensayo sobre comportamiento de la vid bajo red antigranizo. Simposio de Protección Antigranizo, San Rafael, Argentina.
- HAGEN L.J. Y SKIDMORE E.L., 1974. Reducing turbulent transfer to increase water-use efficiency. *Agricultural Meteorology* 14: 153-168
- HASELGROVE, L.; BOTTING, D.; VAN HEESWIJCK, R.; HOJ, P.B.; DRY, C. FORD, C. E ILAND, P.G., 2000. Canopy microclimate and berry composition: the effect of bunch exposure on the phenolic composition of *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz grape berries. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 6: 141-149.
- IGLESIAS, I. AND ALEGRE, S., 2006. The effect of anti-hail nets on fruit protection, radiation, temperature, quality and profitability of 'Mondial Gala' apples. *Journal of Applied Horticulture*, 8 (2): 91-100
- I.N.V. (Instituto Nacional de Vitivinicultura), 2010. Registro de viñedos y superficie. [en línea]. Base de datos congelada al cierre de la cosecha 2010. [[http://www.inv.gov.ar/PDF/Estadisticas/RegistroVinedos/REGISTRO\\_VINEDOS2009\\_JULIO.pdf](http://www.inv.gov.ar/PDF/Estadisticas/RegistroVinedos/REGISTRO_VINEDOS2009_JULIO.pdf)] [Consulta: 21 septiembre, 2011]
- I.N.V. (Instituto Nacional de Vitivinicultura), 2011. Viñedos con Tela Antigranizo, Provincia de Mendoza (Datos al 2009). Exp. S93-0007765/2010.
- KELLER M., 2010. The Science of grapevines. Anatomy and Physiology, 1° Ed. Academic Press, Elsevier. Massachusset, EEUU. 377 p.

- KLIEWER, M. Y LIDDER, L., 1968. Influence of cluster exposure to the sun on the composition of Thompson seedless fruit. *Am. J. Enol. Vitic.* 19: 175-184.
- KLIEWER, W.M., 1977. Influence of temperature, solar radiation, and nitrogen on coloration and composition of Emperor grapes. *Am. J. Enol. Vitic.* 28(2): 96-103.
- LAKATOS L., GONDA I., SOLTÉSZ M., SZABÓ Z., SZÉL J. Y NYÉKI J., 2011. Effect of excessive weather on the micro-climate of apple plantations under the hail protection nets. *International Journal of Horticultural Science* 17:81-85.
- LEGUIZAMÓN, G., GONZÁLEZ LEÓN, A. Y SUÑIDO, R., 2005. Antocianinas en uva (*Vitis vinifera* L.) y su relación con el color. *Rev. Fitotec. Mex.* 28 (4): 359-368.
- MIDDLETON, S Y MCWATERS, A., 2002. Hail Netting of Apple Orchards – Australian Experience. *The compact fruit tree. Volumen 35 (2):* 51-55.
- MINISTERIO DEL INTERIOR, 2011. Datos generales de provincias. [en línea] Información actualizada al 5 de diciembre de 2011. [[http://www.mininterior.gov.ar/provincias/mapasituacion/Mendoza\\_DG.xls](http://www.mininterior.gov.ar/provincias/mapasituacion/Mendoza_DG.xls)] [Consulta: 06 enero, 2012]
- OJEDA, H. 2007. Compuestos fenólicos de la uva. *Rev. Enología* 4 – Año IV. Setiembre – Octubre
- OJER M. PODESTÁ L., ARJONA C. Y GIL F. 2002. Durazneros bajo tela antigranizo. Efecto sobre rendimiento et al.oración de piel. *Rev. FCA UNCuyo. Tomo XXXIV. (1):*17-23.
- ORTIZ MALDONADO, 1991. *Adversidades Agrometeorológicas de Mendoza.* Ed. Centro de Bodegueros.
- OSAER, A, 1997. Incidence agronomique des filets paragrele. Expériences francaises. Simposio de Protección Antigranizo, San Rafael, Argentina.
- PACHECO, D., PUGLIESE, B. Y VITA, F., 2009. Efecto de la malla antigranizo sobre parámetros de calidad en la cv. Flame Seedless (*Vitis vinifera*, L.). XXXII Congreso Argentino de Horticultura, Salta, Argentina.
- PEANO, C.; GIACALONE, G.; CHIABRANDO, V., 2003. Le reti antigrandine e l'impatto sulla qualita'. *Italus Hortus* 10 (3): 10-13.
- PEÑA, A. 2005. Informe Técnico: Factores que regulan el color. I parte. [en línea] Grupo de Investigaciones Enológicas, Universidad de Chile (1):12-14 [<http://www.gie.uchile.cl/publicaciones/index.html>], [Consulta: 16 enero, 2009]

- PODESTÁ L., ARJONA C., OJER M. Y GIL F. 2002. Durazneros bajo tela antigranizo. Efecto sobre la madurez y calidad. Rev. FCA UNCuyo. Tomo XXXIV. (1):1-8.
- PRICE, S.F.; BREEN, P.J.; VALLADAO, M. Y WATSON, B.T., 1995. Cluster sun exposure and quercetin in Pinot Noir grapes and wine. Am. J. Enol. Vitic. 46(2): 187-194.
- RANA, G.; KATERJI, N.; INTRONA, M. Y HAMMAMI, A., 2004. Microclimate and plant water relationship of the "overhead" table grape vineyard managed with three different covering techniques. Scientia Horticulturae 102: 105-120.
- REYNIER, A. 2005. Manual de viticultura. 497 p. Ed Mundi-Prensa. Madrid, España.
- RIOU V., ASSELIN C., 1996. Potentiel polyphénolique disponible du raisin. Estimation rapide par extraction partielle à chaud. Progrès Agricole et Viticole 113(18): 382-384
- RODRÍGUEZ M., PODESTÁ L. Y ARJONA C. 2002. Ciruelas japonesas bajo tela antigranizo. Efecto sobre la calidad. Rev. FCA UNCuyo. Tomo XXXIV. (1): 9-16.
- RODRÍGUEZ RAJO F.J., SEIJO COELLO M.C. Y JATO RODRÍGUEZ M.V., 2002. Estudio de los niveles de los principales fitopatógenos para la optimización de cosechas de *Vitis vinifera* en Valdeoras, Ourense. Rev. Botánica Complutenses 26: 121-135.
- SALISBURY, F.B. Y ROSS, C.W. 1994. Fisiología Vegetal. Grupo Edit. Iberoamérica S.A. Mexico D.F. 759 p
- SÁNCHEZ L.A. Y DOKOOZLIAN N.K., 2005. Bud microclimate and fruitfulness in *Vitis vinifera* L. Am. J. Enol. Vitic. 56(4): 319-329.
- SCHOLANDER, P.F., HAMMEL, H.T.; BRADSTREET, E.D., HEMMINGSEN, E.A. (1965). Sap pressure in vascular plants. Science, 148:339-346
- SCHUBERT A., RESTAGNO V., NOVELLO V. Y PETERLUNGER E., 1995. Effects of shoot orientation on growth, net photosynthesis and hydraulic conductivity of *Vitis vinifera* cv. Cortese. Am. J. Enol. Vitic. 46 (3): 324-328.
- SCHUBERT A., LOVISOLO C. Y PETERLUNGER E., 1999. Shoot orientation affects vessel size, shoot hydraulic conductivity and shoot growth rate in *Vitis vinifera* L. Plant, cell and Environment 22: 197-204.
- SMART, R., 1985. Principles of grapevine canopy management microclimate manipulation with implications for yield and quality. A review. Am. J. Enol. Vitic. 36: 230-239.

- SMART, R. Y SINCLAIR, T., 1976. Solar heating of grape berries and other spherical fruits. *Agric. Meteorol.*, 17:241-259.
- SMART, R.; SMITH, S. Y WINCHESTER, R., 1988. Light quality and quantity effects on fruit ripening for Cabemet Sauvignon. *Am. J. Enol. Vitic.* 39: 250-258.
- SMITA, A., 2007. Apple tree and fruit responses to shade netting. Thesis presented in partial fulfillment of the requirements for the degree Master of Science in Agriculture at the University of Stellenbosch.
- SOLOMAKHIN A. Y BLANKE M., 2008. Coloured hailnet alter Light transmissión, spectra and phytochrome, as well as vegetative growth, leaf chlorophyll and photosynthesis and reduce flower induction of apple. *Plant Growth Regul* 56: 211-218.
- SOLOMAKHIN A. Y BLANKE M., 2010 a. Can coloured hailnets improve taste (sugar, sugar:acid ratio), consumer appeal (colouration) an nutritional value (anthocyanin, vitamin C) of apple fruit?. *LWT - Food Science and Tecnology* 43:1277-1284.
- SOLOMAKHIN A. Y BLANKE M., 2010 b. The microclimate under colored hailnet affects leaf and fruit temperature, leaf anatomy, vegetativa and reproductive growth as well as fruit coloration in apple. *Ann Appl Biol* 156: 121-136.
- 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.* 53:3, 171-182.
- VAN ZYL J.L., 1987. Diurnal variation in grapevine water stress as a function of changing soil water status and meteorological conditions. *S.Afr.J.Enol. Vitic.* Vol 8 (2): 45-52
- WILLIAMS L.E. Y ARAUJO F.J., 2002. Correlations among predawn leaf, midday leaf, and midday stem water potetial and their correlations with other measures of soil and plant water status in *Vitis vinifera*. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 127 (3): 448-454
- ZUFFEREY V., Y MURISIER, F. Y SCHULTZ H.R., 2000. A model analysis of photosyntetic response of *Vitis vinifera* L. cvs Riesling and Chasselas leaves in the field: I. Interaction of age, light and temperature. *Vitis* 39(1): 19-26.

## 7. ANEXO

7.1. **Anexo I:** Potencial hídrico foliar (MPa) registrados en los distintos tratamientos cv. Merlot, correspondiente a los monitoreos realizados los días 27-01-2011 y 09-03-2011. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Average values of leaf water potential (MPa) recorded in the different treatments cv. Merlot, corresponding to the monitoring conducted on 01-27-2011 and 03-09-2011. Means with common letter are not significantly different (Tukey  $p \leq 0.05$ ).

Fecha	Tratamiento	Pre - amanecer		9:00		12:00		15:00		18:00	
27-01-2011	Testigo	-0,35	a	-1,59	a	-1,91	a	-1,83	a	-1,75	a
	Grebiule	-0,39	a	-1,29	b	-1,69	c	-1,7	b	-1,59	b
	Túnel	-0,31	a	-1,35	b	-1,75	bc	-1,68	b	-1,59	b
	Malla unida	-0,39	a	-1,53	a	-1,84	ab	-1,85	a	-1,78	a
	Valor <i>p</i>	0,1173		<0,0001		0,0008		0,0019		0,0044	
	<i>DMS</i>	0,09702		0,13034		0,12216		0,12121		0,15600	
09-03-2011	Testigo	-0,36	a	-1,39	a	-1,85	a	-1,91	a	-1,61	a
	Grebiule	-0,36	a	-1,19	b	-1,61	b	-1,83	ab	-1,55	ab
	Túnel	-0,32	a	-1,32	b	-1,64	b	-1,75	b	-1,51	b
	Malla unida	-0,38	a	-1,36	a	-1,82	a	-1,89	a	-1,6	a
	Valor <i>p</i>	0,0595		0,0001		<0,0001		0,0031		0,0134	
	<i>DMS</i>	0,05318		0,11435		0,10101		0,10593		0,08143	

7.2. **Anexo II:** Coeficientes de Correlación (Pearson) y probabilidad de correlación nula, cv. Merlot. Correlation coefficients (Pearson) and probability of no correlation, cv. Merlot

Variables	SumaT°C/h	SumaHR%/h	Temperatura media °C	Humedad relativa media %	Velocidad maxima media del viento (m/s)	Velocidad media del viento (m/s)	Porcentaje radiación incidente cara E (enero)	Porcentaje radiación incidente cara E (marzo)	PAR mediodía (µmol m-2s-1)	Transpiración mediodía (mmol m-2s-1)	Conductanca estomática mediodía (mmol m-2s-1)	Fotosíntesis neta mediodía (µmol CO2 m-2 s-1)	Potencial hídrico foliar mediodía (MPa)	Número de racimos por planta	Peso de uva por planta (Kg)	Número de Bayas por racimo	Peso de baya (g)	° Brix	Acidez total (g/L ac. Tartárico)	pH	AntocianosTotales (mg/Kg baya)	IPT	Poda por planta (Kg)
	Probabilidad de correlación nula																						
SumaT°C/h	1	0,06	0,00	0,03	0,42	0,29	0,90	0,89	0,80	0,15	0,24	0,03	0,24	0,50	0,73	0,78	0,31	0,88	0,67	0,60	0,21	0,76	0,15
SumaHR%/h	-0,48	1	0,09	0,00	0,84	0,45	0,98	0,96	0,66	0,24	0,18	0,43	0,47	0,61	0,91	0,07	0,16	0,32	0,23	0,39	0,54	0,88	0,46
Temperatura media °C	0,99	-0,44	1	0,04	0,35	0,26	0,89	0,87	0,95	0,11	0,18	0,03	0,24	0,43	0,71	0,81	0,16	0,85	0,77	0,43	0,17	0,77	0,09
Humedad relativa media %	-0,55	0,89	-0,51	1	0,24	0,12	0,40	0,47	0,86	0,75	0,51	0,20	0,07	0,91	0,79	0,15	0,29	0,39	0,07	0,18	0,20	0,72	0,80
Velocidad maxima media del viento (m/s)	0,22	-0,06	0,25	-0,31	1	0,00	0,00	0,00	0,18	0,38	0,51	0,11	0,00	0,98	0,16	0,90	0,06	0,96	0,29	0,05	0,00	0,77	0,39
Velocidad media del viento (m/s)	0,28	-0,20	0,30	-0,40	0,96	1	0,00	0,00	0,18	0,70	0,82	0,14	0,00	0,83	0,09	0,83	0,14	0,87	0,23	0,04	0,01	0,99	0,44
Porcentaje radiación incidente cara E (enero)	-0,03	0,01	-0,04	-0,23	0,83	0,80	1	0,00	0,02	0,82	0,95	0,67	0,00	0,57	0,18	0,77	0,52	0,72	0,09	0,17	0,02	0,40	0,64
Porcentaje radiación incidente cara E (marzo)	-0,04	0,01	-0,04	-0,19	0,84	0,81	0,96	1	0,03	0,98	0,80	0,53	0,00	0,62	0,10	0,75	0,41	0,50	0,11	0,16	0,05	0,42	0,64
PAR mediodía (µmol m-2s-1)	0,07	0,12	0,02	-0,05	0,35	0,35	0,58	0,54	1	0,45	0,55	0,18	0,02	0,44	0,69	0,58	0,63	0,65	0,15	0,85	0,48	0,43	0,57
Transpiración mediodía (mmol m-2s-1)	0,37	0,31	0,41	0,09	0,24	0,11	0,06	0,01	0,20	1	0,00	0,09	0,33	0,09	0,35	0,12	0,04	0,96	0,52	0,64	0,56	0,25	0,09
Conductanca estomática mediodía (mmol m-2s-1)	0,31	0,35	0,36	0,18	0,18	0,06	-0,02	-0,07	0,16	0,95	1	0,06	0,60	0,10	0,50	0,10	0,05	0,81	0,28	0,80	0,96	0,21	0,14
Fotosíntesis neta mediodía (µmol CO2 m-2 s-1)	0,55	-0,21	0,54	-0,34	0,42	0,39	0,12	0,17	0,35	0,44	0,47	1	0,02	0,11	0,75	0,23	0,35	0,55	0,44	0,31	0,71	0,37	0,61
Potencial hídrico foliar mediodía (MPa)	-0,31	0,20	-0,31	0,46	-0,79	-0,72	-0,72	-0,72	-0,57	-0,26	-0,14	-0,57	1	0,21	0,64	0,60	0,28	0,82	0,18	0,07	0,09	0,96	0,30
Número de racimos por planta	-0,18	-0,14	-0,21	-0,03	-0,01	0,06	0,15	0,14	-0,21	-0,44	-0,42	-0,41	0,33	1	0,00	0,65	0,43	0,87	0,16	0,26	0,54	0,31	0,01
Peso de uva por planta (Kg)	-0,10	-0,03	-0,10	0,07	0,37	0,44	0,35	0,42	-0,11	-0,25	-0,18	-0,09	0,13	0,75	1	0,51	0,60	0,83	0,48	0,93	0,20	0,58	0,23
Número de Bayas por racimo	0,08	-0,46	0,06	-0,37	0,03	0,06	-0,08	0,09	-0,15	-0,41	-0,43	0,32	-0,14	0,12	0,18	1	0,73	0,40	0,03	0,12	0,96	0,74	0,52
Peso de baya (g)	0,27	0,37	0,36	0,28	0,48	0,38	0,17	0,22	-0,13	0,53	0,50	0,25	-0,29	-0,21	0,14	-0,09	1	0,15	0,42	0,12	0,29	0,42	0,02
° Brix	0,04	0,26	0,05	0,23	0,01	0,04	0,10	0,18	0,12	-0,01	0,07	0,16	-0,06	-0,05	0,06	0,22	0,38	1	0,54	0,42	0,20	0,56	0,21
Acidez total (g/L ac. Tartárico)	-0,11	0,32	-0,08	0,46	-0,28	-0,32	-0,44	-0,42	-0,38	0,18	0,29	-0,21	0,35	-0,37	-0,19	-0,53	0,22	-0,17	1	0,19	0,21	0,57	0,40
pH	0,14	-0,23	0,21	-0,35	0,50	0,51	0,36	0,37	0,05	0,13	0,07	0,27	-0,46	-0,30	-0,02	0,40	0,41	0,22	-0,35	1	0,08	0,68	0,03
AntocianosTotales (mg/Kg baya)	-0,33	0,16	-0,36	0,34	-0,68	-0,66	-0,57	-0,50	-0,19	-0,16	-0,01	-0,10	0,44	-0,16	-0,34	0,01	-0,28	0,34	0,33	-0,45	1	0,42	0,25
IPT	0,08	0,04	0,08	0,10	-0,08	0,00	-0,22	-0,22	0,21	0,31	0,33	0,24	0,01	-0,27	-0,15	-0,09	0,21	0,16	0,16	0,11	0,21	1	0,51
Poda por planta (Kg)	0,38	0,20	0,44	0,07	0,23	0,21	0,13	0,13	0,15	0,44	0,38	0,14	-0,28	-0,62	-0,32	-0,17	0,59	0,33	0,22	0,55	-0,31	0,18	1



7.3. **Anexo III:** Coeficientes de sendero (potencial hídrico foliar del mediodía).  
Coefficients of path (midday leaf water potential)

Efecto	Vía	Coeficientes	p-valor
Vel Max media	Directa	-0,79	
Vel Max media	Vel media	0,48	
Vel Max media	PPFD mediodía	-0,05	
Vel Max media	Fot. neta mediodía	-0,14	
Vel Max media	% PPFD Enero (E)	-0,27	
Vel Max media	% PPFD Marzo (E)	-0,02	
<i>r total</i>		-0,79	0,0002
Vel media	Directa	0,50	
Vel media	Vel Max media	-0,76	
Vel media	PPFD mediodía	-0,05	
Vel media	Fot. neta mediodía	-0,13	
Vel media	% PPFD Enero (E)	-0,26	
Vel media	% PPFD Marzo (E)	-0,02	
<i>r total</i>		-0,72	0,0016
PPFD mediodía	Directa	-0,14	
PPFD mediodía	Vel Max media	-0,28	
PPFD mediodía	Vel media	0,17	
PPFD mediodía	Fot. neta mediodía	-0,12	
PPFD mediodía	% PPFD Enero (E)	-0,19	
PPFD mediodía	% PPFD Marzo (E)	-0,01	
<i>r total</i>		-0,57	0,0225
Fot. neta mediodía	Directa	-0,34	
Fot. neta mediodía	Vel Max media	-0,33	
Fot. neta mediodía	Vel media	0,19	
Fot. neta mediodía	PPFD mediodía	-0,05	
Fot. neta mediodía	% PPFD Enero (E)	-0,04	
Fot. neta mediodía	% PPFD Marzo (E)	-0,004	
<i>r total</i>		-0,57	0,022
% PPFD Enero (E)	Directa	-0,33	
% PPFD Enero (E)	Vel Max media	-0,66	
% PPFD Enero (E)	Vel media	0,40	
% PPFD Enero (E)	PPFD mediodía	-0,08	
% PPFD Enero (E)	Fot. neta mediodía	-0,04	
% PPFD Enero (E)	% PPFD Marzo (E)	-0,02	
<i>r total</i>		-0,72	0,0015
% PPFD Marzo (E)	Directa	-0,02	
% PPFD Marzo (E)	Vel Max media	-0,66	
% PPFD Marzo (E)	Vel media	0,41	
% PPFD Marzo (E)	PPFD mediodía	-0,08	
% PPFD Marzo (E)	Fot. neta mediodía	-0,06	
% PPFD Marzo (E)	% PPFD Enero (E)	-0,31	
<i>r total</i>		-0,72	0,0015

La correlación entre potencial hídrico foliar del mediodía y la velocidad del viento (velocidad máxima media y velocidad media) fue significativa, aunque en el segundo caso ( $r$  total = -0,72,  $p$  = 0,0016) estuvo casi completamente determinada por la correlación entre potencial hídrico foliar del mediodía y velocidad máxima media del viento ( $r$  = -0,76). Las correlaciones entre potencial hídrico foliar y el porcentaje de radiación fotosintéticamente activa incidente en la cara “este” de la canopia para los meses de enero y marzo (% PPFD enero E y % PPFD marzo E respectivamente) fueron significativas ( $r$  total = -0,72 y  $p$  = 0,0015 en ambos casos), pero estuvieron completamente determinadas por la correlación entre el potencial hídrico foliar del

mediodía y velocidad máxima media del viento. La correlación entre potencial hídrico foliar del mediodía con cada una de las restantes variables (fotosíntesis neta mediodía y PPFd mediodía), también fue significativa ( $r$  total = -0,57,  $p$  = 0,022 y  $r$  total = -0,57,  $p$  = 0,0225 respectivamente), aunque la influencia de la velocidad máxima media del viento fue menor.

#### 7.4. Anexo IV: Coeficientes de sendero (antocianos totales). Coefficients of path (total anthocyanins)

Efecto	Vía	Coeficientes	$p$ -valor
Vel Max media	Directa	-0,70	
Vel Max media	Vel media	-0,11	
Vel Max media	% PPFd Enero (E)	-0,75	
Vel Max media	% PPFd Marzo (E)	0,88	
<i>r total</i>		-0,68	0,0036
Vel media	Directa	-0,12	
Vel media	Vel Max media	-0,67	
Vel media	% PPFd Enero (E)	-0,73	
Vel media	% PPFd Marzo (E)	0,86	
<i>r total</i>		-0,66	0,0052
% PPFd Enero (E)	Directa	-0,91	
% PPFd Enero (E)	Vel Max media	-0,58	
% PPFd Enero (E)	Vel media	-0,10	
% PPFd Enero (E)	% PPFd Marzo (E)	1,01	
<i>r total</i>		-0,57	0,021
% PPFd Marzo (E)	Directa	1,05	
% PPFd Marzo (E)	Vel Max media	-0,58	
% PPFd Marzo (E)	Vel media	-0,10	
% PPFd Marzo (E)	% PPFd Enero (E)	-0,88	
<i>r total</i>		-0,50	0,0487

La correlación entre antocianos totales y la velocidad del viento (velocidad máxima media y velocidad media) fue significativa, aunque en el primer caso ( $r$  total = -0,68 y  $p$  = 0,0036) se vio influenciado por la correlación entre antocianos totales y el % PPFd enero E, y entre antocianos totales y % PPFd marzo E ( $r$  = -0,75 y  $r$  = 0,88 respectivamente); y en el segundo caso ( $r$  total = -0,66;  $p$  = 0,0052) estuvo casi completamente determinada por la correlación entre antocianos totales y el resto de las variables (velocidad máxima media del viento  $r$  = -0,67; % PPFd enero E  $r$  = -0,73 y % PPFd marzo E  $r$  = 0,86). Las correlaciones entre antocianos totales y % de PPFd enero E, y entre antocianos totales y % PPFd marzo E, fueron significativas ( $r$  total = -0,57 y  $p$  = 0,021; y  $r$  total = 0,50 y  $p$  = 0,022 respectivamente), aunque estuvieron influenciadas entre sí y por la correlación entre antocianos totales y la velocidad máxima media del viento.

7.5. **Anexo V:** Coeficientes de sendero (fotosíntesis neta del mediodía). Coefficients of path (net photosynthesis midday)

Efecto	Vía	Coeficientes	p-valor
Suma Temperatura/hora	Directa	0,49	
Suma Temperatura/hora	Temperatura media	-0,08	
Suma Temperatura/hora	Pot. hídrico foliar mediodía	0,14	
<i>r total</i>		0,55	0,0284
Temperatura media	Directa	-0,08	
Temperatura media	Suma Temperatura/hora	0,48	
Temperatura media	Pot. hídrico foliar mediodía	0,14	
<i>r total</i>		0,54	0,03
Pot. hídrico foliar mediodía	Directa	-0,44	
Pot. hídrico foliar mediodía	Suma Temperatura/hora	-0,15	
Pot. hídrico foliar mediodía	Temperatura media	0,02	
<i>r total</i>		-0,57	0,022

La correlación entre fotosíntesis neta del mediodía y la suma de temperatura/hora fue significativa, al igual que entre fotosíntesis neta del mediodía y temperatura media; no obstante en este último caso estuvo determinada por la primer correlación ( $r = 0,48$ ). En contraste la correlación entre fotosíntesis neta del mediodía y potencial hídrico foliar del mediodía ( $r \text{ total} = -0,57$ ;  $p = 0,022$ ), estuvo menos influenciado por la correlación entre fotosíntesis neta mediodía y suma de temperatura ( $r = -0,15$ ).

7.6. **Anexo VI:** Coeficientes de sendero (peso de baya). Coefficients of path (weight of berry)

Efecto	Vía	Coeficientes	p-valor
Poda/planta	Directa	0,46	
Poda/planta	Transpiración	0,07	
Poda/planta	Cond. estomática mediodía	0,06	
<i>r total</i>		0,59	0,0151
Transpiración mediodía	Directa	0,17	
Transpiración mediodía	Poda/planta	0,2	
Transpiración mediodía	Cond. estomática mediodía	0,16	
<i>r total</i>		0,53	0,0353
Cond. estomática mediodía	Directa	0,17	
Cond. estomática mediodía	Poda/planta	0,18	
Cond. estomática mediodía	Transpiración	0,16	
<i>r total</i>		0,50	0,0469

La correlación entre peso de baya y la poda/planta (peso del material extraído por poda) fue significativa ( $r \text{ total} = -0,59$  y  $p = 0,0151$ ), y no estuvo influenciada por la correlación entre el peso de baya y cada una de las restantes variables (transpiración del mediodía y conductancia estomática del mediodía).