

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

**EFFECTO DEL MANEJO DEL FOLLAJE Y LA TEMPERATURA
EN EL DESARROLLO VEGETATIVO, LA ACTIVIDAD
FOTOSINTÉTICA Y LA CALIDAD DEL MOSTO Y VINO EN LA
VARIEDAD CABERNET SAUVIGNON**

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Agrónomo
Mención: Fruticultura

ARTURO ALBERTO CALDERÓN ORELLANA

PROFESORES GUÍAS	CALIFICACIONES
Sr. Rodrigo Callejas R. Ing. Agr. Dr. sc. agr.	6,8
Sr. Claudio Pastenes V. Ing. Agr. Ph. D.	7,0
PROFESORES CONSEJEROS	
Sr. Rodrigo Infante E. Ing. Agr. Dr.	7,0
Sr. Alexis Vega M. Ing. Agr. Mg. Sc.	6,3
COLABORADOR	
Sr. Miguel D'Angelo C. Ing. Agr.	

Santiago, Chile. 2004

TABLA DE CONTENIDOS

	Páginas
RESUMEN	1
SUMMARY	2
INTRODUCCIÓN	3
MATERIALES Y MÉTODOS	4
Lugar de estudio y material vegetal	4
Evaluaciones	5
Seguimiento térmico de la fenología de la planta	5
Porcentaje de brotación	5
Crecimiento de los brotes principales y laterales y ubicados frente al racimo	5
Crecimiento de las hojas de los brotes principales y laterales	5
Area de la sección transversal del tronco	6
Crecimiento de las bayas	6
Fotosíntesis y conductancia estomática	6
Temperatura foliar y radiación incidente	6
Contenido de clorofila de la hoja	7
Determinación del efecto del manejo de canopia sobre algunas características de los racimos, del mosto y del vino	7
RESULTADOS	9
Acumulación de días grado durante la temporada de evaluaciones	9
Fenología de las plantas de vid	9
Porcentaje de brotación y coeficiente de fertilidad	11
Crecimiento de los brotes principales y laterales	11
Area foliar del brote principal	12
Crecimiento del área foliar del brote lateral	15
Dinámica de aparición de las hojas del brote lateral	16
Efectos del manejo de canopia sobre el crecimiento vegetativo de la planta	16
Area de sección transversal del tronco	17

Crecimiento de las bayas	17
Fotosíntesis de las hojas	18
Contenido de clorofila	21
Caracterización del microclima	21
Características de los racimos	23
Características del mosto y del vino	23
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	26
CONCLUSIÓN	31
LITERATURA CITADA	32

RESUMEN

Durante la temporada 2000/2001 se desarrolló una investigación dirigida a estudiar el efecto del manejo de la canopia sobre el crecimiento vegetativo, la fotosíntesis y algunas características físico-químicas del mosto y del vino en vides de la variedad Cabernet Sauvignon, en el Valle del Maipo. Adicionalmente, se asociaron los procesos de desarrollo de algunos órganos de la vid y ciertos eventos fenológicos con la acumulación de días grado. El ensayo quedó compuesto por cuatro repeticiones para el tratamiento 1: despunte a fines de primavera, y ocho repeticiones para el tratamiento 2: poda severa en enero. De acuerdo a los resultados, se concluyó que frente a una poda severa en enero, equivalente a un 25 % del área foliar del brote, no se modifica la tasa de asimilación de CO₂ de las hojas remanentes, ni el rendimiento de fruta de las plantas. Ambos tratamientos modificaron considerablemente el microclima de la canopia que resultaron en cambios en algunas características del mosto y del vino, tales como la acidez, la intensidad colorante y el contenido de antocianos.

Palabras claves: *Vitis vinifera* L., Manejo de Canopia, Fotosíntesis, Mosto y Vino.

SUMMARY

During 2000/2001 season an investigation was carried out in order to study the effect of canopy management on vegetative growth, photosynthesis and some physical-chemical characteristics of the must and wine of Cabernet Sauvignon vines, in the Maipo Valley. In addition, the developmental pattern and phenology of the vine were correlated to degree-days accumulation. The essay consisted of four replicates for treatment 1: shoot trimming at the end of spring, and eight replicates for treatment 2: drastic pruning at *veraison*. Based on the results, it was concluded that a drastic pruning in summer, corresponding to a removal of 25 % of shoot leaf area, the CO₂ assimilation rate of retained leaves is not affected, neither plant fruit production. Both canopy treatments altered the canopy microclimate resulting in changes in must and wine properties, such as acidity, colour intensity and anthocian content.

Keywords: *Vitis vinifera* L., Canopy management, Photosynthesis, Must and Wine.

INTRODUCCIÓN

El manejo de la canopia en la vid vinífera, involucra una serie de labores prácticas que consideran la modificación de la posición o de la cantidad de hojas, brotes y frutos en el espacio (Smart, 1992). Dichas labores se encuentran dirigidas a mejorar el microclima del viñedo y lograr el equilibrio entre una adecuada fructificación y un moderado crecimiento vegetativo (Smart, 1985; Koblet, 1987).

Una de las prácticas más comúnmente utilizadas por los viticultores es la chapoda o poda de verano. Esta consiste en la remoción de los ápices de crecimiento y de un número variable de hojas. La defoliación provocada por esta técnica reduce en mayor o menor grado el área foliar de la planta y, de esta manera, la disponibilidad de fotosintatos (Candolfi-Vasconcelos y Koblet, 1990). Junto a esto, la manipulación de la canopia de la vid altera considerablemente el microclima de los racimos, afectando la calidad de la fruta y la del vino (Morrison y Noble, 1990).

Si bien estas consideraciones han sido estudiadas en otras investigaciones, la magnitud de los efectos del manejo de la canopia sobre la calidad y rendimiento de las vides está fuertemente condicionada por las características edafoclimáticas propias de cada zona. Asimismo, debido a la diversidad de criterios utilizados en el manejo de la canopia, se necesita conocer el comportamiento fisiológico de la vid bajo distintas condiciones de manejo con el fin de poder establecer parámetros más claros, conducentes a mejorar la eficiencia del sistema productivo y obtener vinos de la mejor calidad posible. Así, el manejo del follaje de la vid podría ser más eficiente en la medida que se conozca, bajo nuestras condiciones agroclimáticas, el comportamiento fisiológico de las hojas durante su desarrollo y el impacto de este manejo sobre el microclima, la condición de la fruta, mosto y vino.

De acuerdo a los antecedentes presentados, los objetivos del estudio fueron:

- 1) Caracterizar y asociar el crecimiento de los brotes, hojas y bayas, así como su fenología con la acumulación de días grado en la temporada;
- 2) Caracterizar la actividad fotosintética de los brotes principales y sus hojas, y
- 3) Caracterizar los efectos de dos manejos de canopia sobre el crecimiento vegetativo, la actividad fotosintética, y algunas características físico-químicas de la fruta, el mosto y el vino en la variedad Cabernet Sauvignon.

MATERIALES Y MÉTODO

Lugar de estudio y material vegetal

El estudio se realizó durante la temporada 2001/2002, en un viñedo de la variedad Cabernet Sauvignon, de cuatro años, con riego por goteo y conducido en Guyot simple. Su orientación era norte-sur y se ubicaba en el fundo Casas Viejas de Chena, perteneciente a la Comuna de San Bernardo, Región Metropolitana.

Para la caracterización del crecimiento de los órganos, de la fenología y el comportamiento fotosintético de la vid, se utilizó un diseño completamente aleatorizado, con 12 repeticiones. Cada unidad experimental consistió en tres plantas, donde las mediciones se efectuaron en la planta central. Las evaluaciones en esta primera etapa comprendieron el período entre inicios de brotación y la aplicación del primer tratamiento.

A principios del mes de diciembre y conjuntamente con la finalización del período de crecimiento de las hojas y brotes principales, las plantas comenzaron a perder sus ápices en respuesta a un prolongado período de déficit hídrico, generado por el atraso en el inicio de la temporada de riego del predio. El 10 de diciembre y con posterioridad a este fenómeno, se efectuó el tratamiento 1, consistente en el despunte de los ápices remanentes, que eliminó 4 nudos de un total de 22 presentes en los brotes principales. El 15 de enero se presentó el estado fenológico de envero y en forma paralela se efectuó una poda severa de los brotes, tratamiento 2, que dejó a éstos alrededor de 20 cm por sobre la altura del último alambre de la espaldera y con un total de 12 nudos promedio por brote.

De esta forma, y a partir de la aplicación del primer tratamiento, se comenzó con la caracterización de los efectos del manejo de la canopia sobre las variables antes estudiadas, así también como de algunos parámetros físicos y químicos de la fruta, el mosto y el vino. El ensayo quedó compuesto por cuatro repeticiones para el tratamiento 1 y ocho repeticiones para el tratamiento 2. Al igual que en la primera etapa, cada unidad experimental consistió en tres plantas, y las evaluaciones se efectuaron en la planta central.

Evaluaciones

1. Seguimiento térmico de la fenología de la planta. Con el objetivo de asociar los eventos fenológicos de la planta con la acumulación de días grado, se relacionó la escala fenológica de Eichhorn y Lorenz, modificada por Coombe (1995), con los días grado acumulados. Para ello, a contar de junio del 2001 y hasta abril del 2002, se utilizó la información térmica registrada por la estación meteorológica del Centro de Investigación Regional La Platina, perteneciente al Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Chile. Para el cálculo de la sumatoria de los días grado se empleó la siguiente fórmula (Melgarejo, 1996):

$$\text{Sumatoria de Días Grado} = \Sigma (T^{\circ} \text{ media diaria} - T^{\circ} \text{ umbral considerada})$$

La temperatura umbral considerada fue de 10°C (Morris *et al.*, 1980; Oliveira, 1998). La evaluación de los estados fenológicos comenzó a inicio de la brotación y finalizó una vez alcanzada la madurez de cosecha. Para el análisis de los resultados, éstos se ajustaron a la ecuación monomolecular de Mitscherlich (Thornley y Johnson, 1990).

2. Porcentaje de brotación. Se contabilizó el número de yemas totales brotadas al inicio de la temporada y se registró el número de brotes que presentó cada planta, posteriormente se determinó el porcentaje de brotación por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de brotación} = (\text{N}^{\circ} \text{ de yemas brotadas} / \text{N}^{\circ} \text{ total de yemas}) \cdot 100$$

3. Crecimiento de los brotes principales y laterales ubicadas frente al racimo. Para cada exposición de la espaldera se eligió un brote principal y otro lateral por planta, ubicado junto al racimo, evaluando: a) fecha de brotación del brote principal y del lateral ubicado frente al racimo b) longitud del brote principal y del lateral ubicado frente al racimo cada 7 días. Los resultados de las evaluaciones de longitud de los brotes, principal y lateral, independiente a la exposición, fueron sometidos a un análisis de regresión. Para comparar el comportamiento de las variables entre los brotes de ambas exposiciones de la canopia se utilizó la prueba-*t*.

4. Crecimiento de las hojas de los brotes principales y laterales ubicado frente al racimo. En los mismos brotes destinados a las mediciones de longitud (brote principal y lateral ubicado frente al racimo), se evaluó el crecimiento de las hojas, considerando: a) fecha de aparición de las hojas, b) área foliar, mediante la medición del largo y ancho máximo de las hojas. El área foliar se calculó utilizando un método de estimación no destructivo para vid (Montero *et al.*, 2000).

$$\text{Área foliar} = \text{Ancho máximo} \cdot \text{Largo máximo} \cdot 0,588$$

Los resultados de las evaluaciones de área foliar de los brotes principales y laterales fueron sometidos al análisis de regresión, independiente a la exposición. Para comparar el comportamiento de las variables a ambos lados de la canopia se utilizó la prueba-*t*.

5. Área de sección transversal del tronco. Se estimó el área de sección transversal del tronco calculando la diferencia de perímetro en el mismo punto, marcado a inicio y término de temporada. A este valor se le calculó el radio y una vez estimado éste, se procedió a calcular el área de la sección transversal del tronco utilizando la fórmula del área de una circunferencia, ($\pi \cdot r^2$). Para comparar ambos tratamientos se utilizó la prueba *-t*.

6. Crecimiento de las bayas. Se eligieron 10 bayas al azar por planta y conjuntamente a las mediciones de crecimiento vegetativo se evaluaron sus diámetros, utilizando un pie de metro. El volumen de la baya se calculó asumiendo una forma esférica del fruto, para esto se utilizó la fórmula del volumen de una esfera ($4/3 \pi \cdot r^3$). Los resultados se relacionaron con la acumulación de días grado en la temporada.

7. Fotosíntesis y conductancia estomática. Se determinó la asimilación total, la tasa de asimilación de CO₂ y la conductancia estomática del agua en cada una de las hojas del brote principal, en cada exposición de la planta, mediante un analizador infrarrojo de gas (ADC, LCI, Inglaterra). Las mediciones se realizaron alrededor del mediodía solar, cuando las hojas recibían luz directa. Se efectuaron 4 determinaciones en la temporada durante los estados fenológicos de frutos cuajados el 16 de noviembre, bayas de 7 mm. (tamaño de una arveja) el 21 de diciembre, envero el 21 de enero y madurez de cosecha el 20 de marzo según la escala fenológica de Eichhorn y Lorenz, modificada por Coombe (1995). Con la finalidad de observar la actividad fotosintética a lo largo del brote se dividió a éste en 3 tercios equivalentes con igual número de hojas y se determinaron las tasas de asimilación y conductancia estomática respectivas. Asimismo y por medio del cálculo de la tasa de asimilación promedio, multiplicada por la superficie foliar de cada tercio de hojas, se estimó la asimilación total de los brotes principales. Para comparar la actividad fotosintética entre los tercios de hojas se utilizó el análisis de varianza. En aquellos casos en que los resultados presentaron diferencias significativas se empleó la prueba de rangos múltiples de Duncan. Para separar las medias entre ambos tratamientos éstos fueron sometidos a la prueba-*t*.

8. Temperatura foliar y radiación incidente. Junto a cada medición de asimilación fotosintética, se llevaron a cabo cuatro evaluaciones de temperatura foliar, mediante el uso de un termómetro infrarrojo (VWR, Taiwan) y una de radiación PAR en el estado fenológico de madurez de cosecha con un radiómetro puntual (LI-250, Li-Cor, USA). Se dividió a la canopia en 3 tercios de hojas y se evaluaron las variables temperatura foliar y radiación incidente de los distintos tercios. Para comparar la actividad fotosintética entre los tercios de hojas se utilizó un análisis de varianza. En aquellos

casos donde se encontraron diferencias significativas, se utilizó la prueba de rango múltiple de Duncan. Para comparar los resultados entre ambos tratamientos, éstos fueron sometidos a la prueba-*t*.

9. Contenido de clorofila de las hojas. Las determinaciones del contenido de clorofila se realizaron en el estado fenológico de bayas en madurez de cosecha. Se analizaron muestras foliares extraídas de todas las hojas presentes al momento de la evaluación, en ocho brotes, cuatro de cada tratamiento y exposición. Por cada hoja, se tomaron tres discos de 1,5 cm² y posteriormente se trasladaron a - 196° C en nitrógeno líquido hasta ser almacenadas dentro de una cámara de ultra baja temperatura a - 80° C.

Los discos se maceraron en morteros mantenidos previamente en hielo, con 500 µL de etanol 80%. El macerado resultante se traspasó a un tubo Eppendorf, se aforó con etanol 80% hasta completar 1,5 mL de solución y se centrifugó durante 3 minutos a 1200 g. Posteriormente se extrajo una alícuota de 1 mL de solución, la cual se diluyó con 2 mL de etanol al 80% y se leyó la absorbancia a 649 y 665 nm en un espectrofotómetro (UV-1601, Shimadzu, USA). El cálculo del contenido de clorofila se efectuó de acuerdo a Lichtenthaler y Wellburn (1983):

$$\text{Clorofila a } (\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}) = 13,96 A_{665} - 6,88 A_{649}$$

$$\text{Clorofila b } (\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}) = 24,96 A_{649} - 7,32 A_{665}$$

$$\text{Contenido de clorofila total } (\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}) = \text{Clorofila a} + \text{Clorofila b}$$

Para determinar las diferencias en el contenido de clorofila entre los tratamientos se utilizó la prueba -*t*.

10. Determinación del efecto del manejo de la canopia sobre algunas características físicas y químicas de los racimos, mosto y vino.

a) Características de los racimos. Se evaluaron algunas características físicas de los racimos por medio de la medición del tamaño de las bayas con un pie de metro, peso medio de 100 bayas, peso de racimos, incidencia de daños debido a plagas, enfermedades y daños por sol.

b) Características del mosto y del vino. Se efectuó una caracterización básica del mosto y del vino de los tratamientos. Estos incluyeron análisis de sólidos solubles para el mosto mediante el uso de un refractómetro con temperatura autocompensada (ATC-1E, Atago, Japón), mediciones de acidez por titulación con NaOH y de pH por medio de la utilización de un potenciómetro (pH 211, Hanna, Portugal). Adicionalmente, se efectuaron mediciones del contenido de compuestos fenólicos en el mosto y vino. Se midieron fenoles totales a través del índice DO 280 nm con un espectrofotómetro (Helios gamma, Unicam, Inglaterra). Para determinar los taninos totales se utilizó el método basado en la reacción de Bate-Smith (Bate-Smith, 1981) y se leyeron las absorbancias a 550 nm. Para la evaluación de antocianos totales se utilizó el método de

decoloración por bisulfito (García Barceló, 1990) y se leyeron las absorbancias a 520 nm. Se evaluó la intensidad colorante, para lo que se sumaron las densidades ópticas a 420 y 520 nm. Los resultados se analizaron estadísticamente por medio de la utilización de la prueba-*t*.

RESULTADOS

Acumulación de días grado a lo largo de la temporada de evaluaciones

La acumulación de días grado se registró a partir de julio, cuando las plantas estaban en receso invernal, y durante 274 días calendario (Cuadro 1). A partir de octubre la acumulación térmica se incrementó fuertemente y se alcanzó la tasa máxima de acumulación en enero, de 9,5 días grado \cdot día calendario⁻¹. La sumatoria térmica al final del período de evaluaciones fue de 1.473 días grados acumulados.

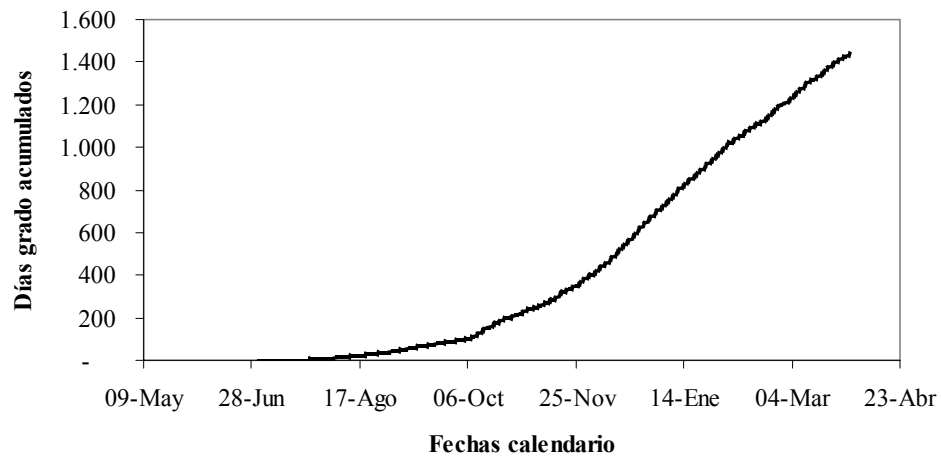


Figura 1. Acumulación de días grado durante la temporada de evaluaciones.

Fenología de las plantas de vid

La brotación se inició a fines de septiembre con 84,4 días grado, sin embargo, la aparición de los brotes se hizo evidente a comienzos de octubre cuando se acumulaban 99,4 días grado. La madurez de cosecha del ensayo se alcanzó con 1.363,9 días grado a mediados de marzo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Seguimiento fenológicos de vid, variedad Cabernet Sauvignon y su relación con la acumulación de días grado durante la temporada 2001/2002.

Nº	Estado fenológico	Fecha	Días grado
7	Primera hoja separada de la punta del brote	28/09/2001	84,4
9	2 a 3 hojas separadas; brotes de 2-4 cm de largo	05/10/2001	99,4
12	5 hojas separadas; brotes de 10 cm de largo; inflorescencia clara	11/10/2001	124,8
15	8 hojas separadas, rápido crecimiento de brotes; flores en grupos compactos	18/10/2001	167,01
17	12 hojas separadas; inflorescencia desarrollada; flores separadas	24/10/2001	196,7
19	Aproximadamente 16 hojas separadas; comienza floración (caída de primera caliptra floral)	01/11/2001	226,7
23	17-20 hojas separadas; 50% caída de caliptra floral, plena floración	08/11/2001	255,2
25	80% caída de caliptra floral	16/11/2001	295,0
27	Cuaja; bayas jóvenes en crecimiento (> 2 mm de diámetro), racimo en ángulo recto respecto al brote	24/11/2001	342,9
29	Bayas de 4 mm de diámetro; racimos tienden a inclinarse hacia abajo	29/11/2001	378,0
31	Bayas de 7 mm de diámetro (tamaño de arveja)	15/12/2001	510,0
35	Bayas comienzan a colorearse y a ensanchar: Envero	15/01/2002	829,6
38	Bayas en madurez de cosecha	20/03/2002	1.363,9

La Figura 2 muestra la relación gráfica entre los estados fenológicos y la acumulación de días grado señalada en el Cuadro 1.

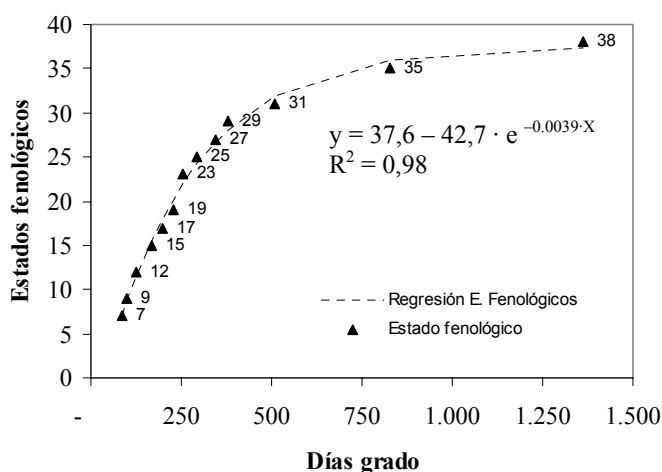


Figura 2. Relación entre la escala fenológica y la acumulación de días grado durante la temporada de evaluaciones. Cada punto corresponde al promedio de 12 mediciones.

Porcentaje de brotación

Se observó que las plantas presentaron porcentajes de brotación altos y uniformes, por sobre un 95 % (Cuadro 2).

Cuadro 2. Porcentaje de brotación evaluado al inicio de la temporada.

	Nº yemas en el cargador	Nº yemas brotadas	Porcentaje de brotación
Promedio	10,3	9,8	95,2
Error estándar	0,3	0,3	1,5

Los valores corresponden al promedio de 12 mediciones y el error estándar asociado a ellos.

Crecimiento de los brotes principales y laterales

El registro del crecimiento de los brotes principales se inició a comienzos de octubre, con una acumulación de 100 días grado. La máxima tasa de crecimiento correspondió a 0,46 cm día grado⁻¹, y ocurrió el 28 de octubre a los 207 días grado (Figura 3).

El crecimiento de los brotes comenzó a estabilizarse a fines de noviembre, cuando éstos alcanzaron 85 cm de longitud y se contabilizaban cerca de 340 días grado. No se

encontraron diferencias significativas en el crecimiento de los brotes para ambas exposiciones.

Los brotes laterales ubicados frente a los racimos comenzaron su ciclo de crecimiento el 24 de octubre con 200 días grado (Figura 3), 100 días grado después de iniciado el crecimiento del brote principal. La tasa máxima de crecimiento del brote se presentó con 262 días grado el 11 de noviembre y correspondió a 0,17 cm de longitud/día grado.

El brote lateral finalizó su período de crecimiento con 18 cm de longitud, el 24 de noviembre, con alrededor de 350 días grado. No se encontraron diferencias significativas al comparar el crecimiento de los brotes laterales en ambas exposiciones.

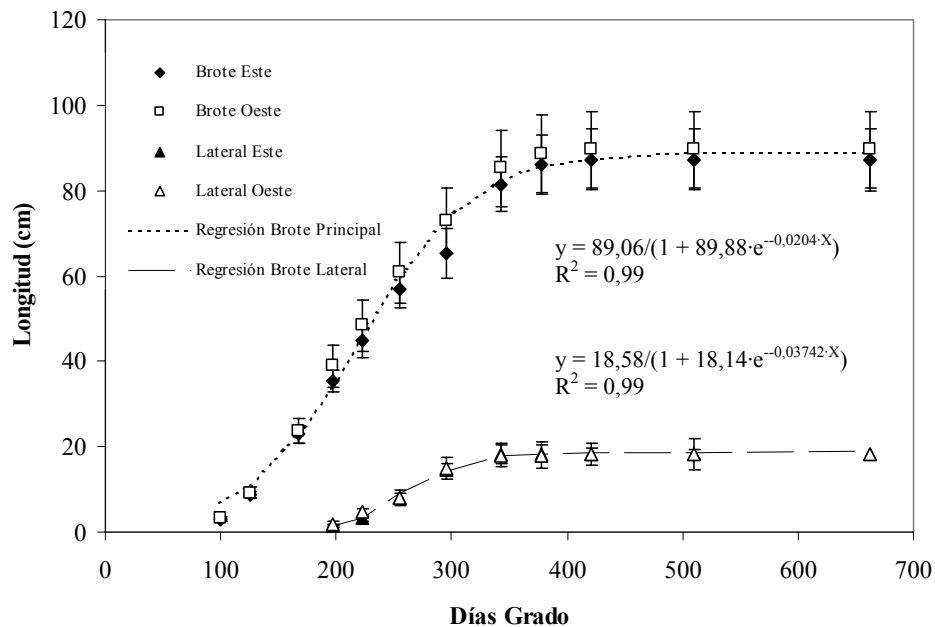


Figura 3. Relación entre el crecimiento de los brotes principales y laterales con la acumulación de días grado durante la temporada. Cada punto corresponde al promedio de 12 mediciones. Las barras representan el error estándar.

Area foliar del brote principal

El área foliar del brote principal (Figura 4), inició su crecimiento conjuntamente con el inicio de la brotación principal. El análisis estadístico no arrojó diferencias significativas para el crecimiento de las hojas entre los brotes de ambas exposiciones. La tasa máxima de crecimiento foliar, $5,2 \text{ cm}^2 \cdot \text{día grado}^{-1}$, se presentó el 6 de noviembre, alrededor de los 250 días grado, momento en que los brotes alcanzaban 60 cm de longitud (Figura 3) y $490,5 \text{ cm}^2$ de superficie foliar. Al igual que el crecimiento

de los brotes principales, el área foliar comenzó a estabilizarse a fines del mes de noviembre, sin embargo, el desarrollo de las hojas presentó un desfase de 40 días grados con respecto al crecimiento de los brotes, para acumular finalmente alrededor de 380 días grado.

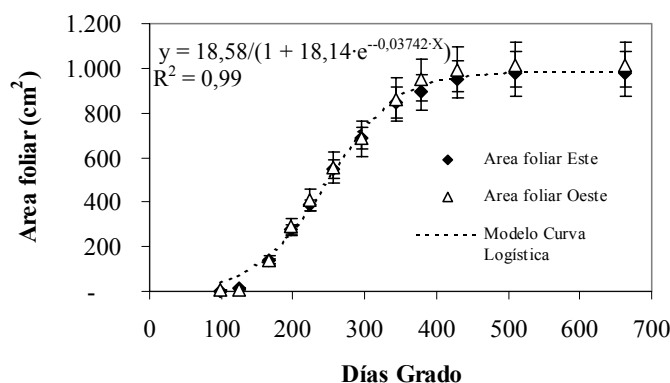


Figura 4. Relación entre el crecimiento del área foliar de los brotes principales y la acumulación de días grado durante la temporada de evaluaciones. Cada punto corresponde al promedio de 12 mediciones. Las barras sobre cada una representan el error estándar.

El registro de la aparición de las hojas de los brotes principales comprendió 243 días grado, que correspondieron al intervalo de tiempo entre el 5 de octubre y el 24 de noviembre del año 2001 (Cuadro 3). Durante las dos primeras semanas de octubre, los brotes desplegaron el 36,4 % de las hojas que mantendrían hasta el final de la temporada, a una tasa máxima promedio de 1 hoja cada 1,75 días calendario. A partir de la tercera semana de octubre y durante el mes de noviembre los brotes disminuyeron la velocidad de aparición de las hojas a 1 hoja cada 3,5 días calendario.

Cuadro 3. Distribución de la aparición de las hojas ubicadas en las exposiciones Este y Oeste de la planta y distribución porcentual de la superficie foliar, en el brote principal, durante la temporada.

Intervalos	Días Grado	Fechas	Hojas Este	% Este	Hojas Oeste	% Oeste
1	0 - 97	01 ago - 04 oct	0 a	0,0%	0 a	0,0%
2	99 - 167	05 oct - 18 oct	8 a	36,4%	8 a	36,4%
3	173 - 227	19 oct - 01 nov	4 a	18,2%	5 a	22,7%
4	232 - 288	02 nov - 15 nov	5 a	22,7%	5 a	22,7%
5	295 - 378	16 nov - 29 nov	4 a	18,2%	4 a	18,2%
6	387 - 490	30 nov - 13 dic	1 a	4,5%	0 a	0,0%
Total	243	oct-dic	22 a	100,0%	22 a	100,0%

Cada valor corresponde al promedio de 12 mediciones. Letras diferentes para cada intervalo y exposición Este-Oeste indican diferencias significativas según la prueba-*t* ($\alpha = 0,05$).

Al final del período de crecimiento vegetativo de las plantas, se contabilizaron 22 hojas en promedio para ambas exposiciones. Al dividir los brotes en 3 segmentos, compuestos de 7 nudos cada uno, se observó que la mayor superficie de hojas se ubicó en el primer y segundo segmento de los brotes principales, mientras que la menor proporción de área foliar se presentó en el tercer tramo, encontrándose diferencias significativas entre este último segmento y los otros dos (Figura 5).

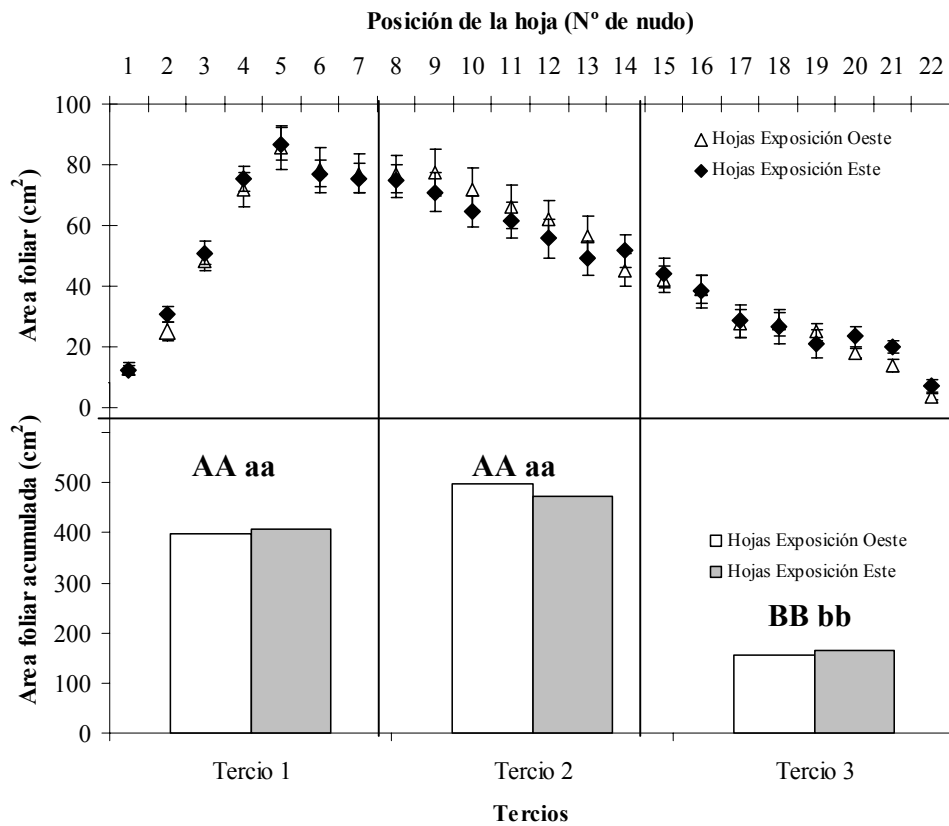


Figura 5. Distribución del área foliar de los brotes principales según la posición de las hojas en los nudos una vez finalizado el período de crecimiento de las hojas, previo al Tratamiento 1. Cada punto y barra corresponden al promedio de 12 mediciones. Las barras representan el error estándar asociado a éstas. Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre las exposiciones para un mismo tercio según prueba-*t* ($\alpha = 0,05$). Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas entre los tercios para cada exposición según Duncan ($P = 0,05$).

La Figura 6 muestra la relación existente entre el área foliar y la longitud de los brotes principales, muy similar para la condición de los lados Este y Oeste. El alto valor de R^2 indica una fuerte asociación entre ambas variables.

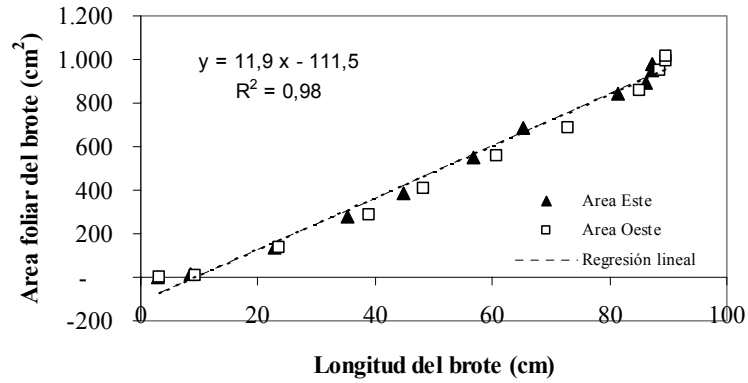


Figura 6. Relación entre el área foliar de los brotes principales y la longitud de éstos durante la temporada de evaluaciones. Cada punto corresponde al promedio de 12 mediciones.

Crecimiento del área foliar del brote lateral

Las hojas de los brotes laterales ubicados junto al racimo, iniciaron su período de crecimiento el 24 de octubre con 200 días grado (Figura 7), 20 días después de haber comenzado el crecimiento de los brotes principales y cuando éstos alcanzaron 40 cm de longitud (Figura 3) y 280 cm² de área foliar (Figura 4). La tasa máxima de crecimiento foliar, 0,3 cm² de hoja/día grado, se presentó a los 255 días grado, el 08 de noviembre, muy cercano a lo ocurrido en los brotes principales. No se encontraron diferencias significativas entre el crecimiento foliar de los brotes laterales de exposición Este y Oeste.

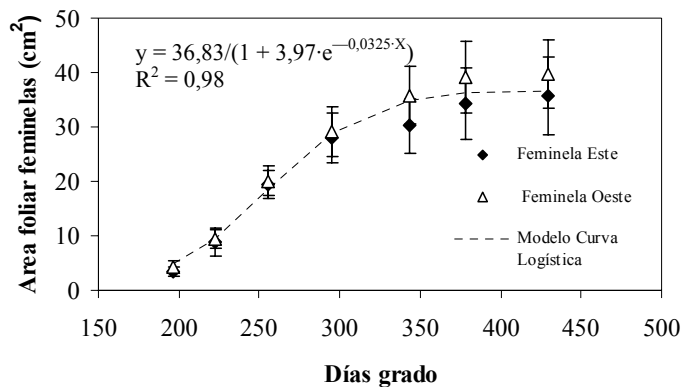


Figura 7. Relación entre el crecimiento del área foliar de los brotes laterales ubicados frente al racimo y la acumulación de días grado durante la temporada de evaluaciones. Cada punto corresponde al promedio de 12 mediciones. Las barras de error representan el error estándar asociado a éstas.

Las hojas del brote lateral, comenzaron a aparecer el 24 de octubre con 197 días grado y dejaron de hacerlo a mediados de diciembre, cuando la planta acumulaba 415 días grado. No se observaron diferencias significativas en la aparición de las hojas de los brotes laterales o feminelas en ambas exposiciones (Cuadro 4). A partir del 24 de octubre y hasta el 21 de noviembre los brotes laterales desplegaron sobre un 65 % del total de hojas presentes en ellos.

Cuadro 4. Distribución de la aparición de las hojas en las exposiciones Este y Oeste de la planta y distribución porcentual de la superficie foliar, en el brote lateral ubicado frente al racimo, durante la temporada.

Intervalo	Días Grado	Fechas	Hojas Este	% Este	Hojas Oeste	% Oeste
1	0-197	01 ago – 24 oct	2 a	18,2%	2 a	12,5%
2	200 - 252	25 oct - 07 nov	2 a	18,2%	3 a	18,8%
3	255 - 330	08 nov - 21 nov	4 a	36,4%	6 a	37,5%
4	336 - 420	22 nov - 05 dic	3 a	27,3%	5 a	31,3%
5	430 - 554	06 dic - 19 dic	0 a	0,0%	0 a	0,0%
Total	253	oct-dic	11 a	100,0%	16 a	100,0%

Cada valor corresponde al promedio de 12 mediciones. Letras diferentes indican diferencias significativas dentro de cada intervalo entre exposición Este y Oeste según la prueba-*t* ($\alpha = 0,05$).

Efectos del manejo de canopia sobre el crecimiento vegetativo de las plantas

A partir del establecimiento de ambos tratamientos, la longitud de los brotes principales y el área foliar de estos no mostraron aumentos significativos hasta el fin de la temporada. Aún así, algunas de las hojas del tercio apical de los brotes despuntados en diciembre, completaron su crecimiento durante las 2 primeras semanas de ese mes y alcanzaron su tamaño final adulto. Por otro lado, los brotes laterales ubicados frente al racimo no incrementaron su longitud, ni tampoco la superficie de sus hojas con posterioridad a la aplicación de los tratamientos (Cuadro 5).

Cuadro 5. Efecto del manejo de canopia sobre las variables del crecimiento vegetativo.

Tratamientos según exposición del brote	Número de nudos	Brote principal		Brote lateral	
		Longitud	Area foliar	Longitud	Area foliar
Variación porcentual de las variables con respecto al estado previo a la aplicación de los tratamientos (%)					
Tratamiento 1	17 A	-10,1 % A	-1,5 % A	0,0 % A	0,0 % A
Tratamiento 2	12 B	-29,7 % B	-25,0 % B	0,0 % A	0,0 % A

Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas entre tratamientos según la prueba-*t* ($\alpha = 0,05$).

Area de sección transversal de los troncos

Se evaluó el área de sección transversal de los troncos a inicios y fines de la temporada. Como se aprecia en el Cuadro 6, se encontraron diferencias significativas para el crecimiento de los troncos entre las plantas de ambos tratamientos. Así, las plantas del tratamiento 1 presentaron una mayor variación porcentual en esta variable que las plantas sometidas al tratamiento 2.

Cuadro 6. Area de sección transversal del tronco y variación a lo largo de la temporada de evaluaciones.

Tratamientos	Area de sección transversal del tronco		
	Inicio	Final	Crecimiento
			(cm ²)
Tratamiento 1	7,4 ± 0,3 a	10,1 ± 0,3 a	2,6 ± 0,2 b
Tratamiento 2	7,6 ± 0,6 a	9,3 ± 0,8 a	1,7 ± 0,1 a

Cada valor corresponde al promedio ± el error estándar asociado a ellos. Letras diferentes indican diferencias significativas mediante el uso de prueba-*t* ($\alpha = 0,05$)

Crecimiento de la baya

El crecimiento de la baya comenzó el 24 de noviembre con 343 días grado y finalizó los primeros días de marzo con alrededor de 1.200 días grado, para así alcanzar un diámetro promedio de 10,5 mm para ambos tratamientos. Como se observa en la Figura 8, el crecimiento de la baya presentó dos períodos de mayor crecimiento. El primero de ellos se inició en el estado fenológico de frutos cuajados y finalizó a mediados de diciembre cuando la planta acumulaba 580 días grado y las bayas presentaban cerca de 300 mm³. Con posterioridad a la primera etapa de crecimiento las bayas mantuvieron su tamaño sin mostrar variaciones por un período de 25 días. Una vez alcanzado el estado fenológico de envero, a los 830 días grado, las bayas reiniciaron su crecimiento, el cual se completó a inicios de marzo, y que promedió 650 mm³ de volumen por baya.

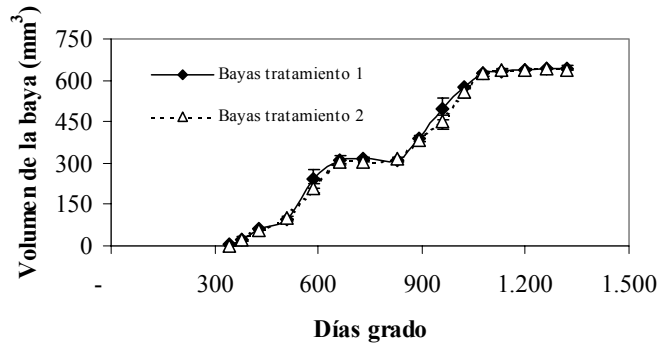


Figura 8. Relación entre el volumen de la baya y la acumulación de días grado. Cada punto corresponde al promedio de 12 repeticiones. Las barras de error representan el error estándar asociado a éstas.

Fotosíntesis de las hojas

En la primera medición se pudo distinguir con claridad la máxima actividad fotosintética de la temporada, la cual alcanzó una tasa promedio de $17,1 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Así, la mayor actividad fue realizada por las hojas de los segmentos basal y medio del brote, siendo sus valores significativamente superiores a los del tercio apical (Cuadro 7). Pese a que en esta medición las plantas aún no contaban con la superficie foliar definitiva (Figura 9), la asimilación total del brote alcanzó también el máximo de la temporada con un promedio de $1,69 \mu\text{mol CO}_2 \text{ s}^{-1}$ (Cuadro 9).

En la segunda medición, el 21 de diciembre, se registraron los menores valores de asimilación y conductancia estomática de la temporada (cuadros 7 y 8), con un promedio de $5,62 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ y $0,07 \text{ mm H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ respectivamente, lo que se tradujo en una disminución significativa de la actividad fotosintética de las hojas con relación a la evaluación anterior. Asimismo, la asimilación total del brote también registró el valor mínimo a lo largo del período de mediciones, con un promedio de $0,55 \mu\text{mol CO}_2 \text{ s}^{-1}$ (Cuadro 9), aún cuando la planta se encontraba próxima a alcanzar su máxima superficie foliar (Figura 9). A diferencia de lo visto en la evaluación de noviembre, en diciembre se observó una mayor actividad fotosintética en las hojas de los dos últimos tercios, encontrándose diferencias estadísticas con los valores de asimilación y conductancia estomática alcanzados en el tercio basal. Aunque a partir de esta fecha de evaluación las hojas del tercio apical del brote incrementaron paulatinamente su actividad fotosintética y consecuentemente los valores de asimilación total, este segmento se mantuvo hasta la última evaluación de madurez de cosecha como el tramo que proporcionalmente asimiló la menor cantidad de CO_2 (Cuadro 9).

Un mes después, el 21 de enero, los brotes presentaron incrementos significativos en sus tasas de asimilación y conductancia estomática (cuadros 7 y 8), para llegar a duplicar la cantidad total de CO₂ asimilado (Cuadro 9) y así registrar una actividad fotosintética en un 94 % superior a lo visto en diciembre. El segmento basal del brote continuó con una menor tasa asimilatoria en relación a los tercios medios y apicales, los cuales, nuevamente, mostraron tasas asimilatorias significativamente superiores.

Al alcanzar la madurez de cosecha se observaron aumentos significativos en la fotosíntesis de los tercios basales y medios en ambos tratamientos (Cuadro 7). Junto con esto, los valores de asimilación total de los brotes del tratamiento 1 resultaron ser significativamente mayores a los observados tanto en la medición de enero como en el tratamiento 2 (Cuadro 9). El tercio apical del brote no mostró incrementos significativos en su tasa promedio de asimilación al compararla con la medición anterior. Por otro lado, el tratamiento 2 no mostró diferencias significativas al momento de analizar las tasas de asimilación de sus tercios con respecto al tratamiento 1.

Asimismo, y para ambos tratamientos, se mantuvo la tendencia observada en las evaluaciones de bayas de 7 mm. (tamaño de arveja) y bayas en enero, hacia una tasa de asimilación promedio significativamente superior en los tercios medios del brote con relación a lo alcanzado en los tercios basales. De la misma forma, los dos tratamientos mostraron una asimilación total significativamente superior en su tramo medio.

Cuadro 7. Tasas de asimilación de los tercios de los brotes durante la temporada.

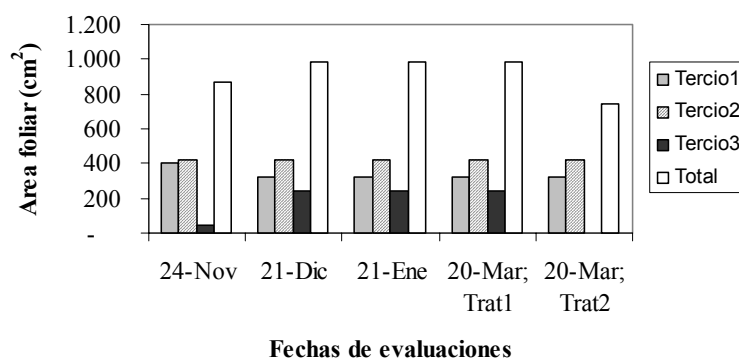
Tercios	Frutos cuajados 24 -Nov	Bayas tamaño de arveja 21-Dic	Bayas en enero 21-Ene	Madurez de cosecha 20- Mar Tratamiento 1	Madurez de cosecha 20- Mar Tratamiento 2
	Tasa de asimilación ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)				
Basal	21,2 \pm 1,2 aA	4,0 \pm 0,3 aB	8,00 \pm 0,5 aC	11,5 \pm 0,4 aD	11,6 \pm 0,3 aD
Medio	18,6 \pm 1,0 aA	6,2 \pm 0,3 bB	11,4 \pm 0,8 bC	14,0 \pm 0,3 bD	14,7 \pm 0,3 bD
Apical	11,5 \pm 0,6 bA	6,8 \pm 0,6 bB	13,0 \pm 0,9 bC	14,1 \pm 0,9 bC	-
Promedio	17,1 A	5,6 B	10,8 C	13,2 C	13,2 C

Cada valor corresponde al promedio de 6 mediciones \pm el error estándar asociado a ellos. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre tercios de un mismo brote según Duncan (P=0,05). Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas entre las distintas fechas de evaluación según Duncan (P=0,05).

Cuadro 8. Conductancia estomática de los tercios de los brotes durante la temporada.

Tercios	Frutos cuajados 24 –Nov	Bayas tamaño de arveja 21-Dic	Bayas en enero 21-Ene	Madurez de cosecha 20- Mar	Madurez de cosecha 20- Mar
				Tratamiento 1	Tratamiento 2
Conductancia estomática (mm H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)					
Basal	0,49 ± 0,05 aA	0,04 ± 0,01 aC	0,17 ± 0,02 aB	0,19 ± 0,02 aB	0,18 ± 0,02 aB
Medio	0,37 ± 0,04 bA	0,07 ± 0,01 bC	0,23 ± 0,02 bB	0,29 ± 0,04 abB	0,25 ± 0,04 abB
Apical	0,23 ± 0,02 cA	0,09 ± 0,01 bB	0,25 ± 0,02 bA	0,33 ± 0,04 bB	-
Promedio	0,36 A	0,07 B	0,21 A	0,27 A	0,22 A

Cada valor corresponde al promedio de 6 mediciones ± el error estándar. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre tercios de un mismo brote según Duncan (P=0,05). Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas entre las distintas fechas de evaluación según Duncan (P=0,05).

**Figura 9.** Area foliar de los tercios de hojas y de la planta completa al momento de evaluar la fotosíntesis de los brotes**Cuadro 9.** Asimilación total de los tercios de los brotes durante la temporada.

Tercios	Frutos cuajados 24 –Nov	Bayas tamaño de arveja 21-Dic	Bayas en enero 21-Ene	Madurez de cosecha 20- Mar	Madurez de cosecha 20- Mar
				Tratamiento 1	Tratamiento 2
Asimilación total del brote (μmol CO ₂ s ⁻¹)					
Basal	0,85 ± 0,05 bC	0,13 ± 0,01 aA	0,26 ± 0,01 aB	0,38 ± 0,01 aB	0,38 ± 0,01 aB
Medio	0,79 ± 0,04 bD	0,27 ± 0,01 bA	0,49 ± 0,03 bB	0,58 ± 0,01 bBC	0,61 ± 0,01 bC
Apical	0,06 ± 0,03 aA	0,17 ± 0,02 aB	0,31 ± 0,02 aC	0,34 ± 0,01 aC	-

Cada valor corresponde al promedio de 6 mediciones ± el error estándar. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre tercios de un mismo brote según Duncan (P=0,05). Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas entre las distintas fechas de evaluación según Duncan (P=0,05).

Contenido de clorofila

Las hojas del tratamiento 1 mostraron contenidos de clorofila *a* significativamente superiores respecto de las hojas del tratamiento 2, pero no de clorofila *b* (Cuadro 10). De igual modo, el contenido de clorofila total se presentó en mayores cantidades en las hojas de los brotes despuntados en el mes de diciembre. La relación clorofila *a/b* no presentó diferencias significativas entre los tratamientos.

Cuadro 10. Contenido de clorofila de los tratamientos, durante el período de madurez de cosecha.

Tratamientos	Clorofila <i>a</i>	Clorofila <i>b</i> mg·cm ⁻² de hoja	Clorofila total	Relación <i>a/b</i>
Tratamiento 1	1,43 ± 0,04 a	0,84 ± 0,05 a	2,21 ± 0,10 a	1,72 ± 0,05 a
Tratamiento 2	1,22 ± 0,08 b	0,69 ± 0,06 a	1,97 ± 0,08 b	1,80 ± 0,09 a

Cada valor corresponde al promedio de los tratamientos 1 y 2 respectivamente, ± el error estándar. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos según la prueba-*t* ($\alpha = 0,05$)

Caracterización del microclima

Al igual que en las mediciones de asimilación, se dividió la canopia en 3 tercios de hojas y se evaluó la temperatura de los distintos segmentos de ella. A medida que la temporada avanzaba, la temperatura de los tercios de la canopia se incrementó y alcanzó un valor promedio del brote máximo de 33,6° C, 1° C sobre la temperatura ambiental del predio (Cuadro 11).

En la primera medición de temperatura foliar se pudo distinguir con claridad el efecto de la posición de las hojas sobre la temperatura de la canopia. Así, las hojas ubicadas en el tercio apical del brote, que corresponden al sector más expuesto a la radiación directa, presentaron temperaturas significativamente superiores que la registrada en el segmento basal (Cuadro 11). El mismo efecto se advirtió en la segunda medición, el 21 de diciembre, donde la variación de la temperatura de las hojas entre tercios se hizo más evidente, encontrándose diferencias significativas al comparar los registros térmicos entre los tercios de la canopia.

Para la tercera medición, en el estado fenológico de envero, se observó nuevamente un incremento significativo de la temperatura foliar. Sin embargo, la planta no mostró cambios importantes de temperatura según la posición de las hojas en el brote (Cuadro 11).

Al comparar la temperatura foliar de los diferentes segmentos entre tratamientos no se encontraron diferencias significativas. Sin embargo, el comportamiento térmico de ambos tratamientos presentó variaciones estadísticas entre sí, encontrándose valores de

temperatura significativamente superiores, sobre los 3,8° C de diferencia, en las hojas del tratamiento 2 (Cuadro 11).

Cuadro 11. Efecto de la posición de las hojas sobre la temperatura de la canopia a lo largo de la temporada de evaluaciones.

Tercios	Frutos cuajados	Bayas tamaño de arveja	Bayas en envero	Madurez de cosecha	Madurez de cosecha
	16-Nov	21-Dic	21-Ene	20-Mar	20-Mar
				Tratamiento 1	Tratamiento 2
Temperatura (C°)					
Basal	21,1 ± 0,3 aA	32,1 ± 0,3 aB	28,8 ± 0,6 aC	26,7 ± 1,07 aA	30,7 ± 1,22 aB
Medio	22,2 ± 0,4 abA	33,5 ± 0,2 bB	27,5 ± 0,6 aC	26,5 ± 1,23 aA	30,3 ± 0,79 aB
Apical	23,6 ± 0,5 baA	35,1 ± 0,2 cbB	27,8 ± 0,7 aC	26,3 ± 1,03 a	-
Promedio	22,6 A	33,6 B	28,0 C	26,5 A	30,5 B

Cada valor corresponde al promedio de 4 mediciones ± el error estándar asociado a ellos. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre los tercios según Duncan (P=0,05). Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas entre las distintas fechas de medición según Duncan (P=0,05).

Por otro lado, la luminosidad de la canopia mostró diferencias significativas según la cercanía a la base de los brotes (Cuadro 12). De acuerdo a los resultados obtenidos, en ambos tratamientos se observaron altos niveles de luminosidad en el segmento más externo de la canopia y se registraron diferencias estadísticas en la luminosidad presente entre los distintos tercios de hojas. Asimismo, se registró una luminosidad promedio mayor en la canopia del tratamiento 2, siendo significativamente superiores los valores de luz alcanzados por los segmentos basales y medios del tratamiento 2 (Cuadro 12).

Cuadro 12. Efecto de la posición de las hojas y los tratamientos sobre la PAR al interior de la canopia, durante el período de madurez de cosecha.

Tercios	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Ambiente
		PAR ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	
Basal	281,8 ± 121,8 aA	713,7 ± 81,7 aB	1963,5
Medio	609,2 ± 67,6 baA	1.304,6 ± 64,3 bbB	
Apical	933,4 ± 87,04 c	-	

Cada valor corresponde al promedio de 4 mediciones ± el error estándar asociado a ellos. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre los tercios según Duncan (P=0,05). Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas entre tratamientos según Duncan (P=0,05).

Características de los racimos

Las plantas no presentaron diferencias significativas en el número de racimos, ni en el peso de éstos en ambos tratamientos. El rendimiento de las plantas tampoco mostró variaciones significativas entre los distintos manejos de canopia (Cuadro 13). No se observaron síntomas de enfermedades, ni tampoco daños de las bayas producidos por el sol.

Cuadro 13. Calidad de los racimos cosechados de los tratamientos.

Tratamientos	Rendimiento por planta (Kg)	Número de racimos	Peso del racimo (g)	Diámetro de las bayas (mm)	Peso de 10 bayas (g)
Tratamiento 1	1,66 ± 0,24 a	23 ± 1,8 a	73,1 ± 10,0 a	10,3 ± 0,2 a	8,2 ± 0,3 a
Tratamiento 2	1,70 ± 0,16 a	25 ± 0,9 a	68,5 ± 7,3 a	10,0 ± 0,3 a	7,6 ± 0,5 a

Cada valor corresponde al promedio de ambos tratamientos ± el error estándar asociado a ellos. Letras diferentes indican diferencias significativas mediante el uso de prueba-*t* ($\alpha = 0,05$).

Características del mosto y del vino

El Cuadro 14 muestra el efecto del manejo de la canopia sobre algunos parámetros de la calidad del mosto. En ambos tratamientos, se observaron niveles elevados de sólidos solubles, no se encontraron diferencias significativas. Por otro lado, el pH no mostró variaciones estadísticas entre los 2 manejos de follaje. Esta situación no se repitió al momento de analizar la acidez total de los distintos mostos, siendo el mosto del tratamiento 2 significativamente más ácido.

Cuadro 14. Efecto del manejo de la canopia sobre algunos parámetros de la calidad del mosto entre los tratamientos

Tratamientos	Sólidos solubles (° Brix)	pH	Acidez Total (g H ₂ SO ₄ ·L ⁻¹)
Tratamiento 1	25,4 ± 0,2 a	4,1 ± 0,1 a	1,23 ± 0,06 a
Tratamiento 2	25,2 ± 0,3 a	4,1 ± 0,1 a	1,50 ± 0,08 b

Cada valor corresponde al promedio de ambos tratamientos ± el error estándar asociado a ellos. Letras diferentes indican diferencias significativas mediante el uso de prueba-*t* ($\alpha = 0,05$).

Se evaluó el contenido de algunos compuestos fenólicos del mosto, tales como fenoles totales, taninos y antocianos, y se hallaron diferencias significativas en la concentración de éstos elementos entre ambos tratamientos. Al evaluar la intensidad colorante y la absorbancia a 420 nm resultó que ambos parámetros registraron valores significativamente superiores en el tratamiento 2 (Cuadro 15).

Cuadro 15. Efecto del manejo de la canopia sobre algunos parámetros de la calidad del mosto entre los tratamientos

Tratamientos	Fenoles totales (mg ác. gálico·L ⁻¹)	Intensidad colorante	Absorbancia a 420 nm	Taninos (g·L ⁻¹)	Antocianos (mg malv.·L ⁻¹)
Tratamiento 1	116,9 ± 0,04 a	1,58 ± 0,15 a	0,61 ± 0,09 a	5,08 ± 0,53 a	150,0 ± 10,4 a
Tratamiento 2	123,0 ± 0,09 a	2,38 ± 0,10 b	1,00 ± 0,04 b	7,08 ± 0,85 a	125,2 ± 8,4 a

Cada valor corresponde al promedio de ambos tratamientos ± el error estándar asociado a ellos. Letras diferentes indican diferencias significativas mediante el uso de prueba-*t* ($\alpha = 0,05$).

En los análisis básicos de calidad del vino, solamente se observaron diferencias significativas en el contenido de antocianos y nivel de acidez total. En este sentido, se mantuvo la tendencia observada en el análisis del mosto, al encontrar niveles de acidez significativamente mayores en el vino del tratamiento 2 (Cuadro 16).

Cuadro 16 Efecto del manejo de la canopia sobre algunos parámetros de la calidad del vino entre los tratamientos.

Tratamientos	pH	Acidez total (g H ₂ SO ₄ ·L ⁻¹)	Fenoles Totales (mg ác. gálico·L ⁻¹)
Tratamiento 1	4,0 ± 0,1 a	2,96 ± 0,04 a	162,8 ± 5,6 a
Tratamiento 2	4,0 ± 0,1 a	3,19 ± 0,09 b	154,9 ± 6,5 a

Cada valor corresponde al promedio de ambos tratamientos ± el error estándar asociado a ellos. Letras diferentes indican diferencias significativas mediante el uso de prueba-*t* ($\alpha = 0,05$).

El contenido de compuestos antociánicos encontrados en el vino del tratamiento 1 resultó ser significativamente superior a lo visto en el tratamiento 2 (Cuadro 17). Sin embargo, en el mosto no se encontraron diferencias en el contenido de antocianos entre ambos tratamientos. La absorbancia leída a 420 nm (que guarda relación con el contenido de flavonoles y ácidos fenólicos) no mostró diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 17).

Cuadro 17 Efecto del manejo de la canopia sobre algunos parámetros de la calidad del vino entre los tratamientos.

Tratamientos	Absorbancia a 420 nm	Intensidad colorante	Taninos (g·L ⁻¹)	Antocianos (mg malvidina·L ⁻¹)
Tratamiento 1	0,51 ± 0,05 a	1,69 ± 0,5 a	2,51 ± 0,18 a	314,7 ± 31,4 a
Tratamiento 2	0,56 ± 0,03 a	1,48 ± 1,8 a	2,08 ± 0,14 a	175,8 ± 23,7 b

Cada valor corresponde al promedio de ambos tratamientos ± el error estándar asociado a ellos. Letras diferentes indican diferencias significativas mediante el uso de prueba-*t* ($\alpha = 0,05$).

DISCUSION DE RESULTADOS

Los eventos fenológicos evaluados en este estudio se ajustaron a un modelo de tipo exponencial (Figura 2) cuyo alto coeficiente de determinación (R^2) permitiría comparar la fenología de esta variedad y así utilizar los días grado como un indicador del tiempo fisiológico del viñedo a través de las temporadas (Christensen, 1969). Estos resultados concuerdan con los obtenidos a nivel nacional por Ortega-Farías *et al.* (2002), en la validación de modelos predictivos de la fenología en las variedades de uva vinífera Cabernet Sauvignon y Chardonnay, quienes encontraron también un alto nivel de ajuste de los modelos propuestos, utilizando el mismo tipo de ecuación, con respecto a los estados fenológicos vistos en las plantas (Cuadro 1).

El crecimiento de los brotes y hojas principales se inició a principios de octubre, con alrededor de 100 días grado. A partir de ese momento la tasa de elongación del brote principal y de sus hojas se incrementó rápidamente, lo que permitió que se lograra desarrollar su estructura final a principios de la temporada. Asimismo, durante el período comprendido entre fines de octubre e inicios de noviembre (con una acumulación térmica entre 250 y 290 días grado) las plantas alcanzaron la máxima tasa de crecimiento vegetativo y, paralelamente, comenzaron con la floración y la brotación lateral (figuras 2, 3, 4 y 7). Estudios previos, han encontrado que la tasa máxima de crecimiento vegetativo en vid vinífera se encuentra próxima al estado fenológico de floración, señalando así que las condiciones locales pueden alterar la fecha de aparición de los estados fenológicos (Matthews *et al.*, 1987; Wermelinger y Koblet, 1990).

El desarrollo foliar en el brote principal mostró un patrón similar al observado en la elongación del mismo. Dicho comportamiento se hace evidente al comparar ambos ciclos de crecimiento (figuras 3 y 4). Así, el alto grado de similitud observado entre estas dos variables (Figura 6) sugiere que la medida de la longitud del brote, en plantas normales y sanas, puede ser utilizada como una herramienta práctica para determinar el área foliar y consecuentemente, permitiría disponer de un mejor índice para la aplicación de labores propias del manejo de la canopia y en la validación de modelos predictivos del crecimiento (Araujo *et al.*, 1995).

Durante la cuaja de los frutos se observaron las mayores tasas de asimilación y asimilación total de CO_2 de la temporada (cuadros 7 y 9) posiblemente debido a la presencia de una mayor proporción de hojas fisiológicamente maduras en los tercios basal y medio del brote (Cuadro 3), con tasas asimilatorias significativamente superiores a las alcanzadas por las hojas más jóvenes y en pleno crecimiento del tercio apical (Cuadro 7). Es sabido que las hojas de la vid, y de otras especies vegetales, presentan la máxima actividad fotosintética entre 30 y 35 días después de su aparición

en el brote, momento en que éstas alcanzan su tamaño final adulto (Kriedemann, 1968) (evento que ocurrió alrededor de los 340 días grado).

Si bien la actividad fotosintética es función de una serie de factores ambientales, ésta también depende de la magnitud y de la naturaleza de los órganos demandantes (Evans, 1996). En esta etapa, los fotosintatos producidos por las hojas basales y medias del brote son destinados mayoritariamente al desarrollo de las bayas, mientras que las hojas apicales utilizan la producción de su fotosíntesis para completar el crecimiento vegetativo del brote y de su propia área foliar (Balcar y Hernández, 1988). En consecuencia, la actividad fotosintética de los segmentos basal y medio se habría visto estimulada por la demanda de fotoasimilados destinados al crecimiento y desarrollo de las bayas, pues se sabe que la presencia de frutos estimula la fotosíntesis en la vid (Iacono *et al.*, 1995).

Un mes después, cuando las bayas presentaban 7 a 8 mm de diámetro (Cuadro 5), se registró el menor valor en la fotosíntesis de la temporada (cuadros 7 y 9). Es sabido que condiciones de déficit hídrico inducen un cierre estomático y disminuyen no sólo la difusión de CO₂ desde el aire hasta los sitios de carboxilación en los cloroplastos, sino también la salida de vapor de agua desde la hoja. En este sentido, la baja tasa de asimilación de CO₂ de las plantas (Cuadro 7) y las altas temperaturas foliares, similares o superiores a la del aire (Cuadro 11) estarían indicando una condición de déficit hídrico del vegetal que coincidió con el atraso de la temporada de riego. Eso sí, se debe considerar que el cierre estomático no sólo puede estar determinado por una baja disponibilidad hídrica en el suelo. Estudios previos han señalado que el cierre de los estomas respondería al efecto del ácido abscísico proveniente de las raíces (Düring, 1988; Gómez del Campo *et al.*, 2002), o bien por la simple deshidratación de las células oclusivas (Schultz *et al.*, 1999). Esto también puede ocurrir por una condición transitoria de alto gradiente del potencial hídrico entre la hoja y el aire, típico de medio día en climas calurosos y secos.

En el presente estudio, es posible que, además del cierre de los estomas que se hizo evidente al observar los bajos valores de conductancia estomática (Cuadro 8), las temperaturas foliares hayan determinado una baja en la capacidad asimilatoria de las hojas. En este sentido, las altas temperaturas foliares afectan a la fotosíntesis, producto de la alteración en la estructura de los cloroplastos (Berry y Björkman, 1980) e inhibición del sistema de activación de la enzima Rubisco (Hall y Keys, 1983; Brooks y Facqhuar, 1985). Asimismo, se sabe que las altas temperaturas foliares provocan aumentos en la fotorrespiración y en consecuencia una disminución de la actividad fotosintética (Kriedemann y Smart, 1971; Düring, 1988).

A diferencia de la evaluación de noviembre, las hojas del primer y segundo tercio del brote perdieron importancia fotosintética con relación al tercio apical. Esto indicaría que alrededor de 50 días desde su aparición (Cuadro 3) las hojas más próximas a la

base del brote disminuyeron su aptitud fotosintética con relación a lo observado en las hojas del tercio apical, que con una edad promedio cercana a los 30 días calendario ya habrían alcanzado una madurez fisiológica suficiente para incrementar su potencial fotosintético (Kriedemann 1968; Kriedemann *et al.*, 1970). Evans, (1996) sugiere que las disminuciones en los valores de asimilación vistas en las hojas, con posterioridad a haber alcanzado su tamaño final adulto, responderían a la caída progresiva de los niveles de nitrógeno en la planta y el efecto detrimental que ésta tiene sobre la enzima Rubisco.

Durante el envero, se observó un aumento de la actividad fotosintética y de la conductancia estomática con respecto a la medición anterior (cuadros 7, 8 y 9). Esta situación se explicaría en parte, por el término del período de déficit hídrico y se habría visto reflejada en una temperatura foliar varios grados por debajo de la temperatura ambiental (Cuadro 11). Adicionalmente, estudios previos en uva de mesa señalan incrementos de las tasas de asimilación de las hojas durante la fase III de desarrollo de la baya (Pinto, 2001), posiblemente debido a la alta demanda de carbohidratos y la disminución de la concentración de sacarosa en las células fotosintéticas (Stitt, 1990). Similar a lo visto en la evaluación de diciembre, las hojas basales presentaron menores tasas de asimilación que los otros 2 segmentos, situación que se mantuvo hasta la última medición en madurez de cosecha (Cuadro 7).

Contrario a lo observado en múltiples investigaciones que señalan que frente a una remoción parcial del follaje, como los son el deshoje o el despunte, se produce un aumento en la eficiencia asimilatoria de las hojas remanentes (Wareing *et al.*, 1968; Candolfi-Vasconcelos y Koblet, 1991; Poni y Giachino, 2000), en el presente ensayo no se observaron diferencias estadísticas en la fotosíntesis, ni en la conductancia estomática de las hojas al momento de comparar ambos tratamientos (Cuadro 7 y 8).

Para las condiciones en que se realizó el estudio, ambos tratamientos resultaron ser buenas herramientas en el control del crecimiento vegetativo pues después de su aplicación no se observaron incrementos significativos en el área foliar, ni en la longitud de los brotes (Cuadro 6). Es sabido que en vides sometidas a períodos de déficit hídrico durante su ciclo de crecimiento, una sola labor de despunte, como la realizada a principios de diciembre, ha resultado ser altamente efectiva en el control del vigor de las plantas (Smart, 1995). Esto se debe a que la restricción impuesta por el déficit hídrico, que en este caso se habría originado en el atraso de la temporada de riego del predio, sobre procesos como la división y elongación celular, disminuyen la actividad del meristema terminal, afectan el tamaño de las hojas y aceleran la senescencia de las hojas basales (Gomez del Campo *et al.*, 2002). Al respecto, Matthews *et al.*, (1987) obtuvieron diferencias de hasta un 25 % en la longitud final de los brotes al comparar plantas sometidas a restricciones hídricas y plantas regadas en forma normal.

La remoción del tercio apical del tratamiento 2 disminuyó de forma considerable la superficie foliar de la planta (Cuadro 5) y tal vez limitó la fuente de fotoasimilados a los órganos de la vid. Sin embargo, estas modificaciones no alteraron el crecimiento de las bayas, el peso final de los racimos o la calidad de los mismos (Cuadro 13).

Al analizar el crecimiento del área de sección transversal de los troncos, se observó una medida significativamente menor en las plantas de tratamiento 2 (Cuadro 6). Es sabido que los racimos son los primeros y más importantes órganos al momento de evaluar el consumo de fotoasimilados pues tienen la ventaja de encontrarse más cerca de las hojas que otros órganos demandantes y, de esta manera, sus necesidades son satisfechas antes que el resto de los órganos (Candolfi-Vasconcelos y Koblet, 1990).

A la luz de los resultados se puede inferir que la superficie foliar en ambos tratamientos habría sido suficiente para sostener el crecimiento reproductivo de la planta, tanto por cercanía a la fuente como por cantidad de fotosintatos producidos. Sin embargo, esto no se habría repetido al momento de evaluar el efecto que la mayor defoliación del tratamiento 2 habría significado sobre el crecimiento del tronco y, consecuentemente, sobre la acumulación de reservas (Cuadro 6).

Es sabido, que el contenido de clorofila de las hojas está directamente correlacionado con diversos factores, tales como el suministro y la disponibilidad de nitrógeno en las plantas, el estado de vitalidad o senescencia y la intensidad lumínica a las cuales están expuestas las hojas. La menor concentración de pigmentos de clorofila observadas en las hojas del tratamiento 2 (Cuadro 10), respondería a la acción detrimental de las altas intensidades lumínicas sobre el fotosistema II, aún cuando la relación clorofila *a/b* (indicadora de la relación entre los complejos fotosistemas II/I), no presentó diferencias estadísticas. La exposición de las hojas de la vid y de las demás plantas superiores a altas intensidades lumínicas afecta el fotosistema II como consecuencia de la absorción de un exceso de energía, disminuyendo la actividad del complejo y aumentando la tasa de degradación de la proteína D₁ (Silvestroni *et al.*, 1993; Bertamini y Nedunchezian, 2004). Asimismo, la menor concentración de clorofila observada en las plantas más fuertemente defoliadas, tratamiento 2, se contrapone con una serie de estudios previos que han encontrado incrementos en los niveles de clorofila a medida que se aumenta el grado de defoliación (Candolfi-Vasconcelos y Koblet, 1991).

El análisis del mosto no mostró diferencias en la concentración de sólidos solubles entre los tratamientos (Cuadro 14), sin embargo, se pudo observar que la chapoda realizada en enero afectó la intensidad colorante (Cuadro 15), lo que se puede deber al aumento en los taninos y, adicionalmente, podría relacionarse con un aumento en los flavonoles y ácidos fenólicos que aportan a la componente amarilla del color (Absorbancia a 420 nm significativamente superior en el tratamiento 2) (Zoecklein *et al.*, 2000).

Al analizar el vino se observó que los fenoles totales no se ven alterados, pero sí las distintas familias de compuestos fenólicos. De igual forma, se vio que la chapoda en envero disminuyó significativamente el contenido de antocianos y posiblemente de taninos (Cuadro 17). El menor nivel de compuestos antociánicos en el vino del tratamiento 2 respondería a la acción de las altas temperaturas de la canopia sobre la disminución de la síntesis de los mismos o el aumento de la degradación de los compuestos antociánicos (Haeselgrove *et al.*, 2000).

Las diferencias en la concentración de este tipo de compuestos, antocianos y taninos, indicarían que pudiesen existir otros grupos de elementos de elevada concentración en el vino del tratamiento 2 que permitirían igualar el contenido de fenoles totales con el tratamiento 1. Se presume que estos pudiesen ser flavonoles y ácidos fenólicos.

La acidez de un mosto o vino responde mayoritariamente a los ácidos tartáricos, sus sales y en menor grado al ácido málico. Canopias sombreadas inducen en la baya un menor contenido de ácido tartárico que plantas con un follaje más abierto (Smart, 1985; Rojas-Lara y Morrison, 1989; Gladstones, 1992, citado por Haeselgrove, 2000). El hecho de que no existan diferencias significativas en la variable pH, pero sí en cuanto a la acidez de titulación, con valores mayores en el tratamiento 2 (Cuadro 16), implicaría que las muestras de este tratamiento presentan en solución una concentración de protones (H^+) igual al tratamiento 1, pero una mayor proporción de ácidos salificados, es decir unidos a cationes como K^+ y Ca^{+2} . Esto en la práctica significaría un mayor tiempo de estabilización tartárica de los vino que asegure su estabilidad una vez embotellados (Zoecklein *et al.*, 2000).

CONCLUSIONES

1. Los modelos matemáticos propuestos, tanto para crecimiento de hojas y brotes como para fenología, poseen altos coeficientes de determinación.
2. Los modelos desarrollados en función de la acumulación de días grado pueden ser utilizados como una herramienta para la predicción y seguimiento de la fenología y el crecimiento de las hojas y brotes de la vid.
3. El alto coeficiente de determinación encontrado entre las variables área foliar del brote principal y longitud del mismo permiten estimar, mediante la evaluación de la longitud del brote, la superficie foliar de la canopia y así utilizar este parámetro como un indicador confiable en las labores de manejo de la canopia.
4. El despunte del ápice a fines de primavera, con posterioridad a un período de déficit hídrico, resulta ser un método efectivo para controlar el crecimiento vegetativo de la vid.
5. La poda fuerte en enero controla eficientemente el desarrollo vegetativo de los brotes, con posterioridad a un período de déficit hídrico.
6. La poda fuerte en enero disminuye significativamente la cantidad total de CO₂ asimilado cuando se compara con un despunte a fines de primavera.
7. La eliminación del tercio apical de los brotes correspondiente a un 25 % de la superficie foliar principal no se traduce en alteraciones de importancia en las tasas asimilatorias de las hojas remanentes.
8. La eliminación del tercio apical de los brotes no afecta el rendimiento de la planta, ni tampoco modifica la concentración de sólidos solubles en la baya.
9. La eliminación del tercio apical de los brotes determina importantes cambios en el microclima de la planta, lo que afecta algunas características del mosto y del vino, como son la concentración de antocianos, la intensidad colorante y la acidez total.

Debido al manejo realizado en el huerto durante el período experimental, también se pudo concluir:

10. La aplicación de un período de déficit hídrico disminuye considerablemente la capacidad de las hojas para asimilar CO₂.

LITERATURA CITADA

- ARAUJO, F., WILLIAMS, L. and MATTHEWS, M. 1995. A comparative study of young "Thompson Seedless" grapevines (*Vitis vinifera* L.) under drip and furrow irrigation. II. Growth, water use efficiency and nitrogen partitioning. *Scientia Horticulturae* 60: 251-265.
- BALCAR, J. y HERNANDEZ, J. 1988. Translocación de fotosintatos en sarmientos de la vid durante el período vegetativo. *Vitis* 27: 13-20.
- BERRY, J. y BJÖRKMAN, O. 1980. Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 31: 491-453.
- BERTAMINI, M. and NEDUNCHEZHIAN, N. 2004. Photoinhibition and recovery of photosynthesis in leaves of *Vitis berlandieri* and *Vitis rupestris*. *Journal of Plant Physiology.* 161(2): 203-210.
- BROOKS, A. and FAEQUHAR, G. 1985. Effects of temperature on the CO₂/O₂ specificity of ribulose 1,5 – biphosphate carboxylase/ oxygenase and the rate of respiration in the light. *Planta.* 165: 397-406.
- CANDOLFI-VASCONCELOS, M. and KOBLET, W. 1990. Yield, fruit quality, bud fertility and starch reserves of the wood as a function of leaf removal in *Vitis vinifera*-Evidence of compensation and stress recovering. *Vitis*, 29: 199-221.
- CANDOLFI-VASCONCELOS, M. and KOBLET, W. 1991. Influence of partial defoliation on gas exchange parameters and chlorophyll content of field-grown grapevines-mechanisms and limitations of the compensation capacity. *Vitis*, 30: 129-141.
- CHRISTENSEN, P. 1969. Seasonal changes and distribution of nutritional elements in Thompson Seedless grapevie. *Amer. J.Enol. Vitcult.* 20: 176-190.
- COOMBE, B.G. 1995. Growth stages of the grapevine. *Australian Journal of Grape and Wine Research.* 1:100-110.
- DURING, H. 1988. CO₂ Assimilation and photorespiration of grapevine leaves: responses to light and drought. *Vitis*, 27:199-208.
- DÜRING, H. 1990. Stomatal adaptation of grapevine leaves to water stress. *Vitis Special Issue:* 366-370.

EVANS, L. 1996. Crop, evolution, adaptation and yield. Cambridge University Press, Cambridge, Londres. 500 p.

GOMEZ DEL CAMPO, M., RUIZ, C. y LISSARRGUE, J. 2002. Effects of water stress on leaf area development, photosynthesis, and productivity in Chardonnay and Airén grapevines. American Journal of Enology and Viticulture. 53(2): 138-143.

HAESSELGROVE, L., BOTTING, D., VAN HEESWIJCK, R., HOJ, P., DRY, P.R., FORD, C. and 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 (2):141-149.

HALL, N. y KEYS, A. 1983. Temperature dependence of the enzymic carboxylation and oxygenation of Ribulose 1,5 biphosphate in relation to effects of temperature on photosynthesis. Plant physiology. 72: 945-948.

IACONO, F., BERTAMINI, M., SCIENZA, A. and COOMBE, B.G. 1995. Differential effects of canopy manipulation and shading of *Vitis vinifera* L. Cv. Cabernet Sauvignon. Leaf gas exchange, photosynthetic electron transport rate and sugar accumulation in berries. Vitis, 34 (4): 201-206.

KOBLET, W. 1987. Effectiveness of shoot topping and leaf removal as a means of improving quality. Acta Horticulturae. 206: 141-156.

KRIEDEMANN, P.E., 1968. Photosynthesis in vine leaves as function of light intensity, temperature, and leaf age. Vitis, 7:213-220.

KRIEDEMANN, P.E., KLIEWER, W.M. and HARRIS, J.M. 1970. Leaf age and photosynthesis in *Vitis vinifera* L. Vitis, 9: 97-104.

KRIEDEMANN, P.E. and SMART, R.E. 1971. Effects of irradiance, temperature, and leaf water potential on photosynthesis of vines leaves. Photosynthetica, 5(1): 6-15

LICHTENTHALER, H. and WELLBUR, A. 1983. Determination of total carotenoids and chlorophyll *a* and *b* of leaf extract in different solvents. Biochem. Society Transactions. 603: 591-592.

MATTHEWS, M., ANDERSON, M. and SCHULTZ, H. 1987. Responses to early and late season water deficits. Vitis. 26: 147-160.

MELGAREJO, P. 1996. El frío invernal, factor limitante para el cultivo frutal. A. Madrid Vicente Ediciones, Madrid, España. 170 p.

- MONTERO, F.J., DE JUAN, J.A., CUESTA, A., and BRASA, A. 2000. Nondestructive methods to estimate leaf area in *Vitis vinifera* L. HortScience 35(4):696-698.
- MORRIS, J., CAWTHON, D., SPAYD, S., MAY, R. and BRYAN, D. 1980. Prediction of Concord grape maturation and sources of error. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 105:313-318.
- MORRISON, J. and NOBLE, A. 1990. The effects of leaf and cluster shading on the composition of Cabernet Sauvignon grapes and fruit and wine sensory properties. American Journal of Enology and Viticulture. 41 (3): 193-199.
- OLIVEIRA, M. 1998. Calculation of budbreak and flowering base temperatures for *Vitis vinifera* cv. Touriga Francesa in the Douro Region of Portugal. Am. J. Enol. Vitic. 49:74-78.
- ORTEGA-FARIAS, S., LOZANO, P., MORENO, Y. y LEON, L. 2002. Desarrollo de modelos predictivos de la fenología y evolución de madurez en vid para vino cv. Cabernet Sauvignon y Chardonnay. Agricultura Técnica. 62 (1): 27-37.
- PONI, S. and GIACHINO, E. 2000. Growth, photosynthesis and cropping of potted grapevines (*Vitis vinifera* L. Cv. Cabernet Sauvignon) in relation to shoot trimming. Australian Journal of Grape and Wine Research. 6: 216-226.
- ROJAS-LARA, B. and MORRISON, J. 1989. Differential effects of shading fruit or foliage on the development and composition of grape berries. Vitis 28: 199-208.
- SILVESTRONI, O., PONI, S., INTRIERI, C and FONTANA, M. 1993. Effects of light regimes on chlorophyll concentration and gas exchange in *Vitis vinifera* L, Vitic. Enol. Sci.,48: 96-100.
- SMART, R. 1974. Aspects of water relations of the grapevine (*Vitis vinifera*). American Journal of Enology and Viticulture 25(2): 84-91.
- SMART, R. 1985. Principles of grapevine canopy microclimate manipulation with implications for yield and quality. A review. 36(3): 230-239.
- SMART R.E. 1992. Canopy Management. 85-103 In: B.G. Coombe and P.R. Dry. Viticulture, Volume 2 Practices. Winetitles. Adelaide, Australia. 376 p.
- STITT, M. 1990. The flux of carbon between the chloroplast and the cytoplasm. In: Plant physiology, biochemistry and molecular biology, pp. 319-340. Ed. Denis DT, Turpin, DH. Londres.

THORNLEY, J, and JOHNSON, I. 1990. Plant and crop modelling. Oxford University Press, New York, USA. 669 p.

WAREING, P., KHALIFA, M and TREHARNE, K. 1968. Rate-limiting processes in photosynthesis at saturating light intensities. *Nature* 220: 453-457.

WERMELINGER, B. and KOBLET, W. 1990. Seasonal growth and nitrogen distribution in grapevines leaves, shoots and grapes. *Vitis* 29: 15-26.

ZOECKLEIN, B., FUGEISANG, K., GUMP, B. y NURY, F. 2000. Análisis y producción de vino. Editorial Acribia, Zaragoza. 613 p.