



Influencia del manejo del suelo y las coberturas vegetales en el microclima de la canopia de la vid, la composición de la uva y el vino ¹

Influence of the management of the soil and covers in the canopy microclimate of vine, grape and wine composition

Jorge José B. Nazrala ²

Originales

Recepción: 06/02/2008

Aceptación: 16/04/2008

RESUMEN

Para determinar la influencia del manejo del suelo sobre la composición de la uva y el vino se estableció un experimento en un viñedo de Cabernet Sauvignon conducido en doble cordón de pitones en espladero alto. Se aplicaron tres tratamientos: TR-suelo sin maleza; CVP-cobertura de suelo espontánea y control del desarrollo vegetativo por desbrozado y CA-cobertura de flora espontánea y control del desarrollo vegetativo con aplicación de herbicida de contacto desecante. En la uva se determinó el contenido de azúcar, acidez total, pH y la composición fenólica (índice de polifenoles totales (IPT), grado de polimerización, flavonoles, flavan-3-oles, antocianos y proantocianidoles). Se elaboraron vinos que fueron evaluados físico-química y sensorialmente por jueces expertos.

CVP tuvo el mayor contenido de antocianos y TR el de flavonoles, flavan-3-oles, proantocianidoles, IPT y grado de polimerización; CA presentó valores intermedios. Los vinos del tratamiento TR tuvieron mayor contenido de alcohol y menor de acidez total, con el color rojo (DO_{520}) más bajo y una intensidad colorante más pequeña. Los vinos de CA y TR resultaron más amargos, más astringentes y más ásperos, y los de CVP tuvieron mayor carácter varietal.

ABSTRACT

To study the effects of soil management on grape and wine composition, an experiment was established in a spur pruned Cabernet Sauvignon vineyard pruned to two cordons in a VSP trellis system. Three soil management treatments were applied: Control: soil without weeds (TR); Cover of flora spontaneous and control of the vegetative development by mowing (CVP); Cover of flora spontaneous and control the vegetative development with application of desiccant contact herbicide (CA). Sugar contain, total acidity, pH and phenolic composition (total polyphenol index -TPI-, polymerisation degree -PD-, flavonols, flavan-3-ols, anthocyanins and proanthocyanidols) were measured. Wines were elaborated and evaluated by physic, chemist and sensorial analysis (panel of expert).

CVP had the biggest contains of anthocyanins. TR showed the most important level of flavonols, flavan-3-oles, proanthocyanidols, TPI and PD. CA offered intermediates values. The wines of TR had bigger contain of alcohol and smaller of total acidity than the others. At the same time this wines showed the little red color level. The wines of CA and TR were bitterer than the others and more astringent and harsh. The CVP wines have more varietal characters.

- 1 Extracto de la segunda parte de la tesis con la cual el autor obtuvo el Título de Master of Science de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo y la École Nationale Supérieure d'Agronomie de Montpellier, Francia. El tribunal examinador lo integraron: Alain Carbonneau (ESA-Montpellier), Milka Ferrer (Univ. Nac. Uruguay) y José Rodríguez (FCA-UNCuyo). La primera parte fue publicada en Rev. Fac. Cs. Agrarias. UNCuyo. 2007. 39(2): 1-13.
- 2 Dpto. de Ciencias Enológicas y Agroalimentarias. Facultad de Ciencias Agrarias. UNCuyo. Alte. Brown 500. Chacras de Coria. Mendoza. Argentina. M5528AHB. jnazrala@fca.uncu.edu.ar

Resultó útil el empleo de coberturas de raíces superficiales y permanentemente desbrozadas para provocar cierta disminución en los valores de radiación reflejada y de la temperatura de la canopia. Las elevadas temperaturas y alta radiación solar son perjudiciales para la uva, porque aumentan la producción de quercetina y afectan el metabolismo y la degradación de antocianos.

Cover crops with shallow roots and mowed could be beneficial because they reduce the reflected solar radiation. The high temperatures and solar radiations increase the level of quercetin and affect the metabolism and degradations of anthocyanins.

Palabras clave

cobertura • manejo del suelo • canopia • radiación solar • temperatura • polifenoles • análisis sensorial

Keywords

soil cover • soil management • canopy • solar radiation • temperature • polyphenols • sensorial analysis

INTRODUCCIÓN

En la primera parte de este estudio se afirmaba que el manejo de los suelos vitícolas ha evolucionado sensiblemente. Por varias razones el laboreo mecanizado ha cedido lugar al desmalezado químico y al empleo de coberturas vegetales permanentes o semipermanentes y tiene, en los viñedos, diversos objetivos (24).

El ambiente lumínico dentro de las canopias ha sido largamente estudiado, estableciéndose que está influenciado por diversos factores tales como el sistema de conducción y ciertas prácticas de manejo de la canopia (12, 18, 30, 31, 32, 38, 39, 40, 44, 48). Varios de dichos estudios comprobaron que los tratamientos que optimizan la exposición a la luz, en general, mejoran la composición del vino. Percy (27) determinó que un flash o fleco de luz (sunfleck) que entra por los huecos del follaje tiene una gran variabilidad en su duración y su frecuencia puede variar desde 0,6 a 1,2 s. Esos pulsos de luz pueden estimular significativamente la asimilación de carbono en hojas sombreadas. Esto pone de manifiesto que la vid es muy sensible al microclima luminoso, aun cuando las variaciones de cantidad y duración del estímulo son muy pequeñas (12). Estas variaciones se dan tanto en el sentido horizontal como el vertical del follaje, por lo tanto estarán en relación directa con el número de capas de hojas (espesor de la canopia) que la luz debe atravesar (11).

Haselgrove et al. (15) comprobaron que el metabolismo de los antocianos responde tanto a cambios en las condiciones de luz como de temperatura y que la luz es un factor limitante en la acumulación de antocianos, sobre todo en la primera parte de la maduración. Sin embargo, cuando la luz recibida es suficiente, la temperatura pasa a ser el factor limitante. Estos mismos autores concluyeron que aunque el perfil aromático de la uva era menos predecible, una canopia más sombreada tendría más caracteres herbáceos. No obstante manifestaron que era un tema de estudio y que no resultaba posible relacionar el perfil aromático con la producción de antocianos. En Cabernet Sauvignon el deshojado provocó pequeñas diferencias en la producción de antocianos, pero hubo diferencias mayores en el carácter y calidad del vino indicados

por otros componentes, incluyendo el carácter varietal. Keller y Hrazdina (19) encontraron que la cianidina 3 glucósido es más sensible a las condiciones lumínicas ya que disminuye cuando se aumenta la sombra, en tanto que la malvidina 3 glucósido es menos afectada. La delfinidina y petunidina monoglucósido también disminuirían sus porcentajes. Price et al. (29) demostraron que la quercetina es sintetizada en las capas más externas de la epidermis, mientras que los antocianos lo son en la más interna.

Bergqvist et al. (2) trabajando con Cabernet Sauvignon y Grenache en el Valle de San Joaquín (California, USA) encontraron que al mismo nivel de exposición solar, la temperatura de las uvas al medio día es generalmente 3 a 4°C más elevada en los racimos del sur (expuestos en la tarde) que en los del norte (sombreados en la tarde). Ellos demostraron que los sólidos solubles inicialmente se incrementaban pero luego, con mayor exposición (51 a $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) declinaban. La acidez titulable generalmente bajaba cuando la exposición solar aumentaba. Los antocianos aumentan linealmente a medida que aumenta la exposición del lado norte (sombreado a la tarde), pero disminuye si la exposición de los racimos del sur excede los $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. El mismo patrón de comportamiento se verifica en los polifenoles totales. Por otra parte, se sabe que las superficies de los suelos se comportan como cuerpos opacos y por ello pueden ser vistos por medio de la luz que reflejan. El color de la luz reflejada depende del tipo de superficie y del color de la luz incidente. La composición de la radiación solar reflejada es distinta en el caso de suelos cubiertos de nieve, arena, piedras, coberturas vegetales o mantillos oscuros ricos en materia orgánica o turba (4).

Trabajando con diferentes niveles de restricción hídrica, Vallone et al. (46) verificaron en viñedos de Mendoza que si el suelo permanece con alta restricción (cercano al 0% de humedad disponible), se produce un calentamiento del aire adyacente.

Las coberturas vegetales del suelo, en las zonas bajo riego, modifican el microclima del viñedo. Estas modificaciones se dan tanto en el microclima lumínico (calidad y cantidad) como en el térmico. En climas templado-cálidos, como el de Mendoza, el suelo desnudo significa un aporte extra de radiación solar, sobre todo si la superficie es de color claro. Es importante que las coberturas sean de raíces superficiales y se mantengan desbrozadas permanentemente para evitar la competencia con la vid por el agua y los nutrimentos (24).

Sobre la base de estos conocimientos, se consideró oportuno determinar si las modificaciones microclimáticas en la canopia de la vid (sobre todo el microclima lumínico), provocadas por la cobertura natural del suelo, tienen efecto sobre la composición química en general y los parámetros de calidad de la materia prima, en particular.

Hipótesis de trabajo

En un viñedo en clima cálido, la modificación del microclima lumínico (calidad y cantidad), ocasionado por la cobertura del suelo, se traduce en cambios en su fisiología debido a que la vid es sensible a las variaciones del ambiente luminoso en el cual vegeta. Las modificaciones serán más notables en el microclima lumínico que en el térmico por lo que la composición polifenólica se afectará más que el nivel de azúcar y acidez.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tratamientos a campo

Se trabajó con el cultivar Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) conducida en espaldera (VSP), en Mayor Drummond, Luján de Cuyo, provincia de Mendoza, Argentina (39° 59' S; 68° 52' O y 920 msnm). La zona tiene una temperatura media anual de 15,6°C, máxima media de 21,7°C y mínima media de 8,2°C. La precipitación anual es de 237,6 mm. El viñedo de 8 años se podó en cordón bilateral de pitones (tipo Royat) con una densidad de 13 a 15 brotes por metro y las hileras orientadas de sudeste a noroeste. El distanciamiento entre hileras era de 2,50 m y entre plantas de 1,80 m, la densidad de plantación era de 2.222 plantas/ha. La canopia tenía una altura promedio de 1,20 m. Se regaba con aguas del Río Mendoza, en melgas con pendiente. Cada camellón o interfilar constituyó una subunidad de riego.

Los tratamientos fueron los siguientes:

- Testigo: suelo sin malezas. Manejo con labranza de rastra de discos (TR) y herbicida en la línea de plantación.
- Cobertura de flora espontánea y control del desarrollo vegetativo por desbrozado, lo que implica color verde en el interfilar durante todo el ciclo del cultivo (CVP).
- Cobertura de flora espontánea y control del desarrollo vegetativo con aplicación de herbicida de contacto desecante. Color amarillo en el interfilar desde inicio de envero a cosecha (CA).

Como existía un gradiente de vigor en la parcela en el sentido del riego (S-N), el diseño experimental que se utilizó fue bloques completos al azar (con 7 repeticiones). Previamente se seleccionaron las parcelas en forma visual, por su aspecto general de desarrollo; luego se determinó la homogeneidad de las mismas midiendo longitud y densidad de brotes, número y peso de racimos y peso de poda. Además se calificó el desarrollo de la canopia de todas las parcelas a través de la Superficie Foliar Expuesta Potencial (SFEp) (7). En función de esas evaluaciones se ubicaron los bloques, que fueron dispuestos en sentido perpendicular al riego. Cada parcela experimental quedó formada por un claro de 5 plantas, teniendo como bordura un claro antes y uno después en el sentido del riego y una hilera a cada costado en el sentido E-O. El suelo, de textura franca a franca arenosa, tenía una profundidad variable entre 0,80 y 1,20 m sin limitantes edáficas como capas duras, canto rodado o napa freática.

El porcentaje de cobertura fue del 80% de la superficie del interfilar, dejando sólo sin cubrir y sin rastrear los bordos de la línea de plantación (20%), los que se mantenían sin malezas usando herbicidas. La composición de la cobertura era de 60% gramíneas (*Setaria* sp., *Paspalum dilatatum*, *Bromus* sp., *Cynodon dactylon*) y 40% latifoliadas (*Taraxacum officinale*, *Eruca sativa*, *Trifolium repens*, *Sonchus oleraceus*, *Senecio vulgaris*, *Plantago lanceolata*, *Oxalis articulata*).

Se consideró inicio de envero con 5% de bayas coloreadas (envero clásico no reológico) (35).

Se estableció una fecha de cosecha, la misma para todos los tratamientos, controlando la evolución del azúcar en un muestreo de granos. El día previo a la cosecha se realizó el muestreo para los análisis de la uva.

Para ello se extrajeron 400 granos al azar de todos los racimos (distinta ubicación e insolación) por parcela. Los granos se colocaron en bolsas de polietileno, refrigeradas con hielo mientras duró la extracción de las muestras (aproximadamente una hora), hasta que fueron congelados a -20°C para su posterior procesamiento. Las muestras congeladas fueron sometidas a una tamización para obtener la clase modal sobre la que se realizaron los análisis.

Determinaciones realizadas

Determinación de la radiación fotosintéticamente activa (PAR)

Se realizó con radiómetro Li-Cor 185 B con barra integradora Line Quantum Sensor. Las mediciones se llevaron a cabo al medio día solar (13:00 h de Mendoza). Se midió la PAR con barra integradora de 1 m de longitud y la radiación reflejada por cada tipo de cobertura. Para ambos casos se dispuso la barra horizontal a la altura de los racimos (0,70 m) y separada de la canopia 0,30 m. En el caso de la radiación reflejada la barra se colocó con el elemento sensible orientado directamente hacia la cobertura. Los resultados se expresan en $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ equivalente a $\mu\text{E.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

Determinación del espectro de radiación reflejada

Se realizó con Espectroradiómetro Li-Cor 1800, perteneciente a la Comisión Nacional de Actividades Espaciales. Con este instrumental se midió la radiación reflejada por la cobertura para cada longitud de onda entre 300 y 1100 nm. Tiene una sensibilidad de 1 nm, un ángulo de lectura de 15° y para el sol una semiesfera de 180° . Las determinaciones se realizaron a la misma hora y en las mismas condiciones que la PAR. Se realizaron tres repeticiones por cada lectura. Los resultados se expresan en $\text{W.m}^{-2}.\text{nm}^{-1}$.

Determinación de la temperatura

Se empleó un Registrador Electrónico HOBO de Onset Corp. Fue colocado dentro de la canopia, en la misma posición de un racimo. Para evitar la incidencia de la luz solar directa, el dispositivo se cubrió con un vaso de poliestireno expandido perforado en los costados para que hubiera circulación de aire e invertido, de forma tal que la temperatura fuera la del aire de la canopia. El aparato se programó de forma tal que las mediciones se efectuaron cada 1 hora durante una semana. Los resultados se expresan en $^{\circ}\text{C}$.

Determinación del nivel nutricional en pecíolos y en suelo

Se realizaron en 100% de floración y tuvo como objetivo determinar si no existían diferencias entre los tratamientos debidas a una situación nutricional distinta provocada por la presencia de la cobertura. En el Laboratorio de Suelos de la Estación Experimental Agropecuaria Mendoza del INTA se determinaron N, P, K, Ca y Mg, en pecíolos y en suelo.

Determinación del potencial hídrico de base

Se realizó con Cámara de Presión. En función de los antecedentes zonales en cuanto a la frecuencia de riego para la época, las mediciones se realizaron en preamanecer el décimo día después del riego y el día anterior al nuevo riego de forma de establecer que no existieran diferencias en el estado hídrico de las plantas y que las potenciales diferencias se debieran sólo a los tratamientos. Los resultados se expresaron en MPa y se tomó como límite el valor de -0,4 MPa señalado por Nazrala (24), el cual serviría para establecer la necesidad de un nuevo riego.

Determinación de la superficie foliar expuesta potencial

Se determinó sobre la base del método propuesto por Bravdo et al. (5) de acuerdo con la siguiente fórmula: **SFEp (m²) = [1- T (m)/D (m)] (1-x) S (m)**

Determinaciones analíticas clásicas en uvas y vinos

- Determinación de los sólidos solubles: se realizó con refractómetro y se expresa en Porcentaje de Sólidos Solubles (°Bx).
- Determinación del pH: se realizó con potenciómetro (Testo 252) calibrado con buffer pH 4.
- Determinación de la acidez total: se realizó una titulación ácido base con OHNa 0,1N sobre 10 mL de muestra hasta pH 8,2 expresando los resultados en g ácido tartárico/L.
- Determinación del contenido de azúcar: se realizó por el método de Fehling Cause Bonnans (FCB), expresando los resultados en g de azúcar/L .
- Etanol: se determinó por destilación directa y empleo del alcoholómetro Gay Lussac, expresando los resultados en % v/v a 20°C.

Determinaciones de los compuestos fenólicos de uvas y vinos

Los distintos componentes antocianicos, las catequinas, los taninos y los polifenoles totales se determinaron siguiendo las técnicas de espectrofotometría ultravioleta (UV) y visible (VIS), que se detallan a continuación. Todos los análisis químicos se llevaron a cabo en la Cátedra de Enología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo y en el Laboratorio de Polifenoles de la Estación Experimental Agropecuaria Mendoza del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

• Polifenoles totales

Se estiman como Índice de Polifenoles Totales (IPT): **$IPT = DO_{280} - 4$**

donde:

DO₂₈₀ es la densidad óptica a 280 nm para un paso óptico de 1cm.

4 es un factor de corrección para deducir los no fenoles que pueden tener alguna actividad óptica, específica del anillo fenólico en el sector ultravioleta del espectro.

Se siguió la técnica indicada por Iland et al. (17), realizando diluciones sobre el extracto de los hollejos 1:100 en agua, con cubeta de cuarzo de 1 cm de paso óptico y multiplicando las lecturas por la dilución.

- Catequinas (3 flavanoles monómeros)

Se determina en extracto de pieles de uva utilizando el método del p-dimetilamino cinnamaldehído (DMAC), desarrollado por Mc Murrough y Mc Dowell (23). Las lecturas se referenciaron a una curva de calibración elaborada con catequina pura como patrón y se expresaron como mg de catequina/kg de uva.

- Proantocianidina (taninos condensados totales)

Se utiliza el método clásico desarrollado por Ribéreau-Gayon y Stonestreet (33, 34), que se basa en la reacción de Bate-Smith (1). Los análisis se realizan en microvolúmenes utilizando los protocolos propuestos por Ough y Amerine (26). La concentración de proantocianidinas surge de restar ambos valores y referirlo a una gama patrón confeccionada con cianidina.

- Antocianos totales

Se adopta la técnica el blanqueo con bisulfito (38), siguiendo los protocolos de Ough y Amerine (26).

- Intensidad colorante y matiz

Se determina siguiendo la técnica de Iland et al. (17). En celdas de paso óptico de 1 mm se determina con espectrofotómetro VIS la absorbancia a 520 nm y a 420 nm sin modificar el pH del vino. La intensidad colorante se expresa como la suma y el matiz como el cociente de la DO_{420} y la DO_{520} respectivamente.

Análisis sensorial de los vinos

Los vinos son sometidos a un análisis sensorial con panel de expertos. Se realiza Prueba de Diferencias (triangular) y de Preferencias.

Tratamiento estadístico de los datos

Las mediciones del experimento fueron sometidas, variable por variable, al análisis de la varianza, complementado con la prueba múltiple de medias de Tukey. Las diferencias se expresan con nivel de confianza > 95%. El conjunto de mediciones de las variables se analiza por procedimientos multivariados de componentes principales y análisis discriminante. Para ello se emplea el programa estadístico Statgraphics Plus, v 4.0 (Statistical Graphics Corp. Estados Unidos de América).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediciones a campo

En la tabla 1 (pág. 92) se observa que existen diferencias significativas en la radiación global reflejada por las distintas superficies. El tratamiento CVP refleja entre 8 y 9% de la radiación recibida, mientras que el tratamiento CA lo hace entre el 16 y el 18% y el TR tiene el mayor porcentaje de reflexión que es del 18 al 19%, según las épocas consideradas. Los valores de radiación reflejada (Rr) en el suelo testigo resul-

tan superiores a los encontrados por Robin (35) los que se aproximan al 10% para la misma hora de medición. En este caso los valores medidos en CA y TR (casi el 20%), están cercanos a la mitad y al 40% de lo reflejado por el film Vitexol en coberturas del 50% y 100% de la superficie interfilar respectivamente (35).

Esta mayor radiación reflejada por los suelos de los tratamientos CA y TR podría ponerlos en una mejor situación para la fotosíntesis (azúcar y biomasa) y para los metabolismos secundarios (coloración y aromas).

Tabla 1. Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR) al exterior de la canopia y Radiación Reflejada (Rr) por las distintas coberturas.

	Inicio de Envero		100% Envero		Cosecha	
	Rr ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Rr/PAR (%)	Rr ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Rr/PAR (%)	Rr ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Rr/PAR (%)
PAR	1950	100	2000	100	1980	100
CVP	170 a	9	150 a	8	160 a	8
CA	350 b	18	320 b	16	330 b	17
TR	370 c	19	350 c	18	360 c	18

Letras distintas indican diferencias significativas en la prueba de Tukey para un $p < 0,05$.

En la tabla 2 se observan los datos del estudio de la relación Rojo/Rojo Lejano correspondiente a la radiación reflejada, para cada longitud de onda, por las distintas coberturas.

Tabla 2. Relación entre la radiación reflejada en R/RL (660 nm:730 nm).

Tratamiento	Inicio de Envero	100% Envero	Cosecha
CVP	0,731 a	0,838 a	0,706 a
CA	1,054 b	1,071 b	1,009 b
TR	1,149 b	1,140 b	1,027 b

Letras distintas indican diferencias significativas en la prueba de Tukey para un $p < 0,05$.

Se advierte que la relación R/RL en la radiación reflejada es significativamente diferente para el tratamiento CVP respecto de CA y TR. El tratamiento CVP es el que menor relación presenta, lo cual resulta lógico si se considera que se trata de un suelo cubierto con vegetales en pleno desarrollo, los que absorben más en el Rojo que en el Rojo Lejano (longitud de onda en la que además refleja más que en las otras).

En este caso, de acuerdo con lo manifestado por Robin (35), los tratamientos CA y TR, al tener mejor relación R/RL reflejada, presentan mejores condiciones tanto para la fotosíntesis como para los metabolismos secundarios (aporte extra de radiación). La relación R/RL regula el fotoequilibrio del fitocromo, fotorreceptor responsable de la detección de la calidad de la luz por la planta y está implicado en muchos aspectos relativos al crecimiento y metabolismo de la vid y la regulación del crecimiento y composición de la uva (41).

En la tabla 3 también se observan diferencias significativas entre los tratamientos: CVP es el que presenta una relación Azul/Rojo más alta, respecto de los otros dos casos y las diferencias son significativas. Esto, de acuerdo con Robin (35), podría provocar una situación favorable al menos al nivel de los criptocromos debido al aporte extra de radiación en esas longitudes de onda.

Tabla 3. Relación entre la radiación reflejada en A/R (450 nm:660 nm).

Tratamiento	Inicio de Envero	100% Envero	Cosecha
CVP	0,867 a	0,769 a	0,764 a
CA	0,783 b	0,604 b	0,544 b
TR	0,758 b	0,651 b	0,644 b

Letras distintas indican diferencias significativas en la prueba de Tukey para un $p < 0,05$.

Cabe señalar que existen diferencias significativas en la temperatura del interior de la canopia para los distintos tratamientos, tal como se advierte en la tabla 4.

Tabla 4. Temperatura en el interior de la canopia (centro) según las distintas coberturas del suelo.

Tratamiento	Temperatura (°C)
CVP	26,72 a
CA	29,11 b
TR	30,83 c

Letras distintas indican diferencias significativas en la prueba de Tukey para un $p < 0,05$.

En el caso del suelo desnudo (TR) y la cobertura seca (CA) las temperaturas son más altas. Esto resulta lógico si se tiene en cuenta que la radiación reflejada por el suelo en esos tratamientos también es mayor y significativamente diferente respecto del tratamiento CVP. La temperatura alcanzada en la canopia del tratamiento TR fue superior a 35°C durante tres de los siete días analizados.

Composición química de la uva y el vino

Aunque los contenidos de sólidos solubles muestran pequeñas diferencias entre los tratamientos, estadísticamente éstas resultan significativas en los tratamientos CA y TR respecto del CVP, sin ser diferentes entre ellos para el nivel de significancia considerado. Estos resultados se corresponden con los encontrados por Kliewer (21) y Hrazdina et al. (16), Smart (40) y Smart et al. (44) quienes demostraron que existe correlación directa entre la radiación solar recibida por la canopia, la temperatura y la producción de sólidos solubles.

La acidez total es significativamente diferente para todos los tratamientos, siendo menor en el tratamiento TR. Para el caso del pH, también existen diferencias entre los tratamientos, pero éstas son significativas cuando se comparan CVP con TR. De acuerdo con lo demostrado por varios autores (2, 15, 19, 26, 40, 44), esta situación es debida a la mayor radiación solar recibida y mayor temperatura al nivel de racimos. Todos coinciden en un mayor metabolismo (respiración) en el caso del ácido málico y en ocasiones hasta del ácido tartárico (20, 21).

Tabla 5. Relación entre el contenido de sólidos solubles, azúcar, acidez total y pH de la uva para las distintas coberturas de suelo.

Tratamiento	Sólidos Solubles (°Bx)	Azúcar (g/L)	Acidez total (g ác.tartárico/L)	pH
CVP	24,02 a	240,15 a	6,38 a	3,58 a
CA	24,20 b	242,26 b	6,26 b	3,61 ab
TR	24,29 b	242,38 b	6,14 c	3,65 b

Letras distintas indican diferencias significativas en la prueba de Tukey para un $p < 0,05$.

En el presente estudio no se registraron las temperaturas de suelo: posiblemente hayan sido menores en los tratamientos CVP y CA. Esto podría estar implicado con una menor absorción de K^+ por parte de las raíces (4, 49) y como consecuencia tener mejor acidez y mejor pH. Ésta es una nueva hipótesis para demostrar en futuros estudios.

Como puede verse en la tabla 6, el contenido de fenoles es variable según el tipo involucrado y el tratamiento considerado, encontrando diferencias significativas en los contenidos para algunos casos y no para otros.

Tabla 6. Relación entre el contenido de polifenoles, Índice de Polifenoles Totales (IPT) y Grado de Polimerización (GP) en la piel de la uva para las distintas coberturas de suelo.

Tratamiento	IPT	Flavonoles (mg/kg)	Flavan-3-oles (mg/kg)	Antocianos (mg/kg)	Proantocianidoles (mg/kg)	GP
CVP	94,14 a	77,89 a	336,64 a	1550,8 a	3919,6 a	14,32 a
CA	95,69 a	98,08 b	348,04 a	1487,2 a	4002,6 a	16,18 b
TR	102,60 b	186,70 c	417,05 b	1383,1 b	4628,1 b	17,13 b

Letras distintas indican diferencias significativas en la prueba de Tukey para un $p < 0,05$.

Si se considera, por ejemplo, el contenido de flavonoles, se observa que su contenido es mayor en los tratamientos CA y TR, existiendo diferencias significativas entre los tres. Los contenidos encontrados son similares a los mencionados por Cheynier et al. (9) de 10 a 100 mg/kg de uva, excepto en TR donde el contenido es mayor. Price et al. (29) han demostrado que el contenido de algunos flavonoles, como la quercetina, responde positivamente al aumento de la radiación solar, sobre todo en la zona de los rayos UV. Como se vio en las tablas 1, 2 y 3 (págs. 92 y 93), el suplemento de radiación solar del tratamiento CVP es menor que el del CA y mucho menor que en el TR en la zona de los UV. Esto explicaría por qué el nivel de flavonoles es significativamente más bajo en el caso de una cobertura verde permanente en el suelo.

En el caso de los taninos catequinos (flavan-3-oles) el contenido es muy semejante en los tratamientos CVP y CA y no se encontraron diferencias significativas. El tratamiento TR presenta un contenido de flavan-3-oles superior significativamente a los otros dos. Dicho contenido parece estar ligado más a las restricciones hídricas (14) que al ambiente lumínico (8) y térmico, tal como lo señala Ojeda (25) quien manifiesta que su síntesis concluye poco después de comenzado el envero reológico. Las mismas consideraciones caben para los proantocianidoles (oligopolímeros de flavanoles).

El contenido de antocianos, en general, está dentro de los valores mencionados como normales en la bibliografía. Así Cheynier et al. (9) y Souquet et al. (45) señalan que el contenido global de estos compuestos puede variar entre 500 y 3000 mg/kg. La cantidad de antocianos es menor significativamente en el caso del tratamiento TR.

Muchos autores encuentran un aumento del contenido de antocianos en relación con una restricción hídrica (5, 13, 22, 25), sin embargo no es el tema del presente estudio ya que en ninguno de los tratamientos se presentó restricción hídrica (Potencial hídrico de base > -0,3 MPa). Otros autores manifiestan que la temperatura es un factor desencadenante en la producción de color, sobre todo la amplitud térmica día noche (6, 20), la luz (10, 12, 19, 41). A pesar de esto, se cree que los valores más bajos hallados en el caso del tratamiento TR se deberían a una disminución de la actividad enzimática involucrada en su síntesis y/o una probable degradación de estos compuestos por un exceso de temperatura.

Haselgrove et al. (15) indican que la temperatura elevada puede ser un factor limitante en la síntesis de antocianos inhibiéndola o acelerando su degradación. Esto coincide con lo demostrado por otros autores (15, 20, 28, 40, 44). De acuerdo con lo estudiado por Pirie y Mullins (28), las enzimas involucradas en la síntesis de los antocianos tienen un rango óptimo de acción entre 17 y 25°C y cuando excede los 35°C hay inhibición de esa síntesis.

En la tabla 7 se advierte que los contenidos de alcohol se corresponden con los de azúcar en el mosto y se mantienen las diferencias significativas entre los tratamientos. Lo mismo sucede con la acidez total, la que, como ocurre normalmente en todas las fermentaciones, ha disminuido su cantidad, manteniendo las diferencias entre los tratamientos.

Tabla 7. Relación entre el contenido de alcohol en volumen, acidez total, acidez volátil y SO₂ libre y total en vinos para las distintas coberturas de suelo.

Tratamiento	Alcohol % v/v 20°C	Acidez total g ác.tartárico/L	Acidez volátil g ác. acético/L	SO ₂ libre mg/L	SO ₂ total mg/L
CVP	13,67 a	5,50 a	0,67 a	25,4 a	38,1 a
CA	13,82 b	5,22 b	0,66 a	25,3 a	38,4 a
TR	13,91 c	5,14 c	0,68 a	25,5 a	38,3 a

Letras distintas indican diferencias significativas en la prueba de Tukey para un p < 0,05.

Relaciones entre las variables físico-químicas y el perfil fenólico de la uva: Análisis de Componentes Principales (ACP)

Tomando las variables mencionadas, fue posible realizar un análisis de componentes principales (ACP) para verificar la múltiple asociación entre ellas. En el gráfico 1 (pág. 96) se ilustran los resultados de ese análisis. La componente 1 se forma principalmente con el Índice de Polifenoles Totales, el contenido de flavonoles y el pH (parcialmente), asociadas negativamente entre ellas y positivamente con la variable flavano-3-oles y °Brix. Esta componente explicó aproximadamente el 61% de la variabilidad de los datos.

Por otra parte, la componente 2 se forma principalmente con las variables proantocianidinas (taninos totales), antocianos y grado de polimerización, asociadas positivamente entre ellas. El °Brix también contribuye parcialmente a la formación de esta componente que explica algo más del 20% de la variabilidad. Ambas componentes en conjunto explican alrededor del 81% de la variabilidad.

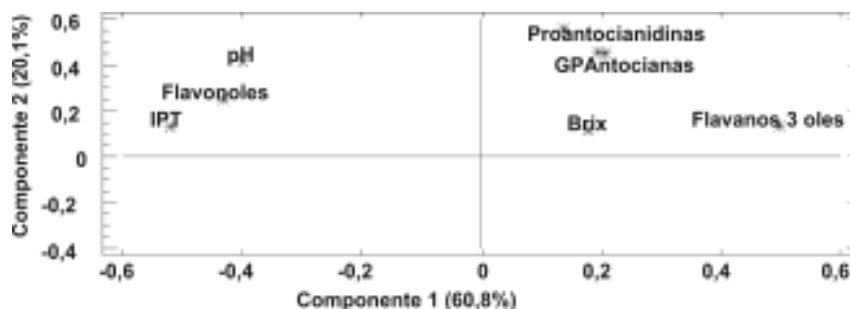


Gráfico 1. Análisis de Componentes Principales (ACP) de los perfiles analíticos y sensoriales en uva con distintas coberturas de suelo: peso de las variables que forman las componentes 1 y 2.

Evolución del contenido de polifenoles durante la conservación de los vinos

Los vinos poseen para los tres tratamientos distintas estructuras fenólicas y las mismas les otorgan diferentes caracteres organolépticos y capacidades para envejecer. Si se analiza cómo evolucionan los vinos los primeros diez meses de estacionamiento, se observa cómo se modifica el color amarillo (DO_{420}) el cual tiene dos componentes importantes.

Por un lado, forma parte del espectro de absorción de los antocianos y de esta forma, los vinos que tienen gran cantidad de antocianos también tienen una gran absorción de luz en el amarillo. Por otro lado, el color amarillo se desarrolla notoriamente en los fenoles que se oxidan a formas quinónicas. Por lo tanto, al medir el color amarillo durante la conservación de un vino, la disminución indica una degradación de los antocianos mientras que un aumento indica un incremento de las formas fenólicas oxidadas. En el gráfico 2 (pág. 97) puede observarse que los vinos de los tratamientos TR y CA tuvieron una disminución a un ritmo muy parecido y el CVP presenta una mayor pendiente. Esto indicaría una degradación de los antocianos y no la aparición de fenoles oxidados. Podría considerarse lógico si se tiene en cuenta que los vinos se conservaron en vasijas de vidrio al abrigo del aire.

La DO_{520} (gráfico 3, pág. 97) es un indicador de la cantidad de pigmentos antociánicos bajo sus distintas formas coloreadas, por lo que es de esperar que tienda a disminuir con la conservación, a medida que los antocianos se van degradando. Esto ocurrió con los vinos de todos los tratamientos, independientemente de la cantidad inicial de pigmento.

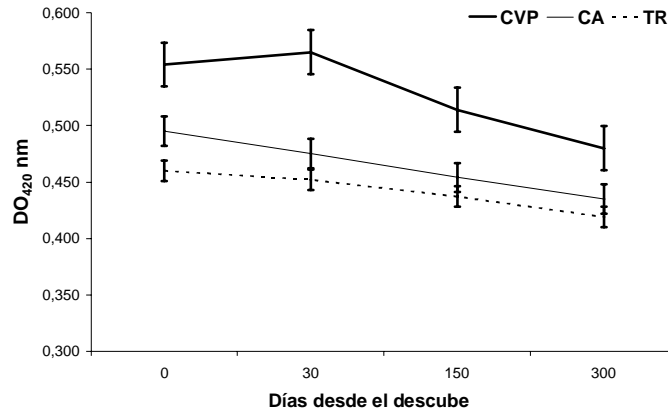


Gráfico 2. Evolución del color amarillo en vinos obtenidos de los diferentes tratamientos de coberturas de suelos.

(Las barras verticales indican ± 1 desviación típica)

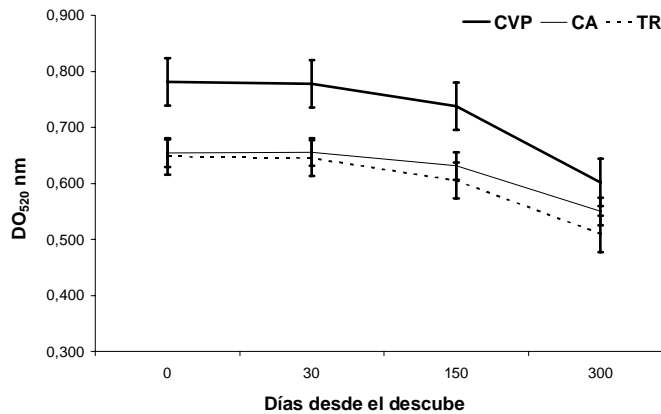


Gráfico 3. Evolución del color rojo en vinos obtenidos de los diferentes tratamientos de coberturas de suelos.

(Las barras verticales indican ± 1 desviación típica)

En el gráfico 4 (pág. 98) se advierte que la IC disminuye a partir del día 150 en forma notable y es consecuencia de la degradación de los antocianos. En el tratamiento CVP la caída es más notable, sobre todo desde el día 30 en adelante. CA y TR muestran una diferencia de 0,164 y 0,179 respectivamente. Esto puede deberse a que dichos tratamientos presentaban una mayor cantidad de flavonoles (tabla 6, pág. 94), los que estarían actuando como copigmentos. Sin embargo, de acuerdo con lo encontrado por Vila (47), el color copigmentado de vinos Cabernet Sauvignon prácticamente desapareció al noveno mes de conservación. Teniendo en cuenta este antecedente, puede suponerse que, aun en los tratamientos con más posibilidades de copigmentación (CA y TR), por mayor contenido de flavonoles habrá una caída más notable hacia el final de la conservación.

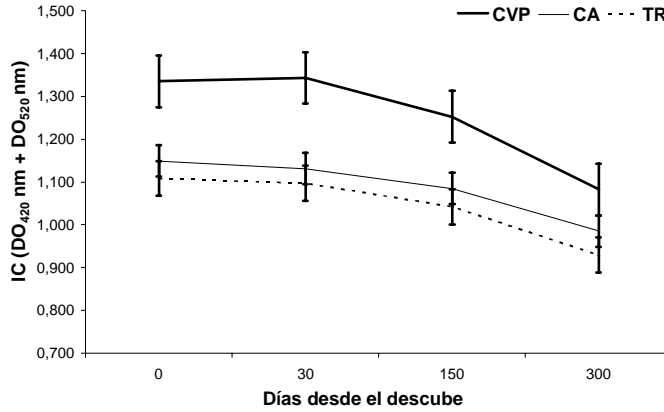


Gráfico 4. Evolución de la Intensidad Colorante ($DO_{420} + DO_{520}$) en vinos obtenidos de los diferentes tratamientos de coberturas de suelos. (Las barras verticales indican ± 1 desviación típica)

Si se analiza el gráfico 5 puede observarse que en todos los casos hay un aumento del matiz durante la etapa de conservación, más notable hacia el final de la misma. Incluso puede verse que en los vinos del tratamiento CA el matiz bajó en los primeros meses. Debe tenerse en cuenta que la medida del matiz resulta del cociente entre el color amarillo (DO_{420}) y el color rojo (DO_{520}). La absorbancia en el color rojo es un indicador de los pigmentos antocianicos bajo sus distintas formas coloreadas y como se observa en los gráficos 2 y 3 (pág. 97) esa caída es menos notable en los tratamientos CA y TR. Esto se debería a la presencia de mayor cantidad de flavonoles que protegen a los antocianos a través de la copigmentación. A partir del día 150 el matiz se incrementa, lo cual podría estar asociado a la disminución en la copigmentación (47).

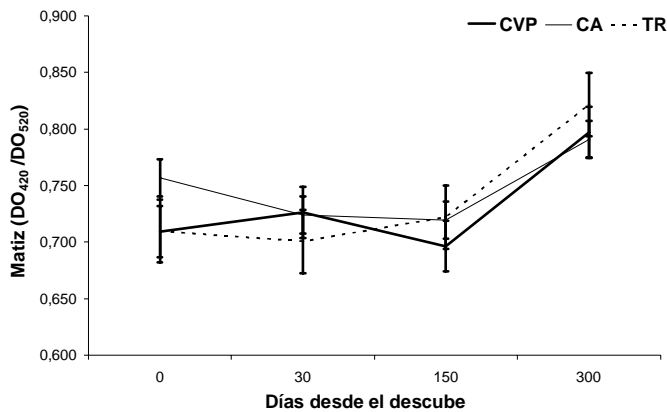


Gráfico 5. Evolución del matiz (DO_{420} / DO_{520}) en vinos obtenidos de los diferentes tratamientos de coberturas de suelos. (Las barras verticales indican ± 1 desviación típica)

Características organolépticas de los vinos

En la tabla 8 se muestran los resultados del análisis sensorial de los vinos. Los degustadores indican en una escala de 0 a 5 la intensidad de la sensación percibida. El valor 0 indica la falta de percepción y el 5 la máxima. Las sensaciones percibidas son visuales, táctiles y gustativas.

Tabla 8. Análisis sensorial de los vinos obtenidos de los distintos tratamientos de coberturas de suelo.

Trat.	Ardiente	Concentrado	Untuoso	Ácido	Amargo	Áspero	Astringente	Color	Matiz	Tipicidad varietal
CVP	3,0 a	2,9 a	3,1 a	3,0 a	1,0 a	2,3 a	1,5 a	3,6 a	3,3 a	4,1 a
CA	3,0 a	3,1 a	3,0 a	3,0 a	2,2 b	3,5 b	2,6 b	3,0 b	3,0 a	3,0 b
TR	3,1 a	3,0 a	3,1 a	2,9 a	2,3 b	3,6 b	2,6 b	2,7 b	2,1 b	3,0 b

Letras distintas indican diferencias significativas en la prueba de Tukey para un $p < 0,05$.

Si bien este tipo de análisis contiene connotaciones hedónicas, presenta gran utilidad como complemento del resto de los parámetros analizados. Puede observarse que las diferencias no son significativas en el caso de las sensaciones de ardor (alcohol), concentración, untuosidad y acidez, a pesar de que en dos de ellas (alcohol y acidez) analíticamente sí fueron significativamente diferentes.

No hubo significancia al considerar los parámetros amargo, áspero, astringente, color y matiz. En general, las variables que denotan sensaciones bucales táctiles, tanto las que son agradables (concentración, untuosidad) como las que son desagradables (áspero) están correlacionadas positivamente con los contenidos globales de fenoles, taninos y antocianos (47).

Los vinos correspondientes a los tratamientos CA y TR resultaron más amargos, más astringentes y más ásperos. Esto se debería a los mayores contenidos de flavanoles y taninos catequinos y coincide con lo mencionado en la bibliografía donde se expresa que los taninos catequinos a menudo están asociados a la astringencia de los vinos. Estos taninos y en especial las proantocianos (oligopolímeros) son los principales responsables de la astringencia de los vinos tintos, mientras que los monómeros contribuyen significativamente al gusto amargo. Su actividad (astringencia) disminuye si la polimerización es muy elevada y esa polimerización puede aumentar significativamente en caso de una restricción hídrica (25). Para el caso de flavanoles (quercetina) se sabe que posee gusto amargo con débil astringencia; tienen además la capacidad de actuar como fuerte copigmento formando complejos con los antocianos favoreciendo la disolución y la retención de éstos en el vino, lo que se traduce en un aumento del color (3).

Las diferencias en la percepción del color están fuertemente vinculadas con el mayor contenido de antocianos (gráficos 2 a 5). En el gráfico 5 se observa el incremento del matiz en el tratamiento TR, lo que provoca que los degustadores bajen el puntaje de los vinos provenientes de esas uvas. La síntesis del perfil organoléptico de

los vinos se muestra en el gráfico 6. Puede observarse que las diferencias prácticamente no se perciben en el caso de las sensaciones de ardor (alcohol), concentración, untuosidad y acidez. Las diferencias sí son visibles al considerar los parámetros amargo, áspero, astringente, color y matiz donde se destacan los vértices, deseables en el caso del color para el tratamiento CVP y no deseables en el caso de amargo y áspero de los tratamientos CA y TR.

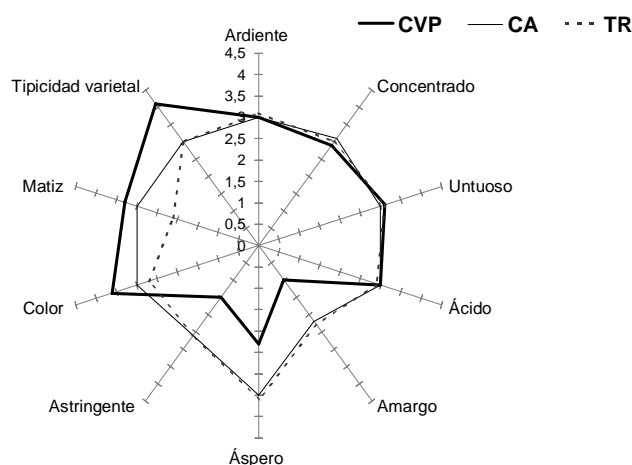


Gráfico 6. Perfil sensorial de los vinos obtenidos de distintos tratamientos de coberturas de suelo.

Respecto del carácter varietal, el tratamiento CVP resulta ser significativamente diferente por un posible mayor contenido de pirazinas. Haselgrove et al. (15) sostienen que todas las prácticas de manejo de la canopia tendientes a lograr un mayor grado de apertura y exposición al sol de los racimos son más difíciles de definir en los climas cálidos que en los fríos. Estos mismos autores concluyen que el perfil aromático de la uva es menos predecible; a pesar de eso mientras más sombreada esté una canopia, habrá más caracteres herbáceos.

Sin embargo, ellos mismos señalan que es un tema de estudio y que por ahora no es posible enlazar o relacionar el perfil aromático con la producción de antocianos. También afirman que Cabernet Sauvignon deshojado muestra pequeñas variaciones en la producción de antocianos, sin embargo hay diferencias en el carácter y calidad del vino indicados por otros componentes, incluyendo el carácter varietal.

Los antocianos totales declinan en su cantidad a medida que avanza la madurez. Esta pérdida estaría dada en mayor proporción por la forma malvidina 3 glucósido. En condiciones de sombra, aumenta la forma cumarato y se pierde durante la vinificación, lo que explicaría por qué uvas con la misma cantidad de antocianos totales originan vinos con menos intensidad colorante.

Análisis discriminante

Permitió diferenciar la uva del tratamiento TR de CVP y CA. El análisis, con la variante de selección de variables por el método forward, logró un 100% de aciertos (casos correctamente clasificados) utilizando sólo dos variables: los flavonoles y el IPT. Quedó formulada la siguiente función discriminante:

$$0,9607 \cdot \text{flavonoles} + 0,3443 \cdot \text{IPT}$$

En el gráfico 7 se observa cómo las uvas de los tratamientos CVP y CA se separan perfectamente de las del tratamiento TR.

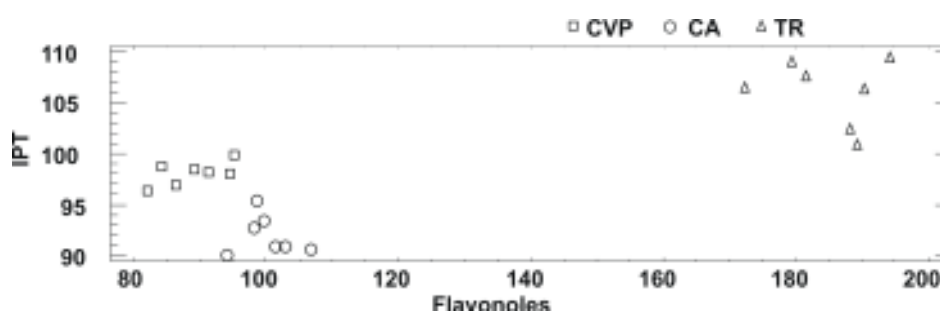


Gráfico 7. Análisis discriminante para los distintos tratamientos de coberturas de suelo de acuerdo con su perfil polifenólico.

Para TR se observa la importancia que tiene en el IPT el contenido de proantocianidoles y de antocianos (tabla 6, pág. 94) y la relativa influencia del contenido de flavonoles, que si bien es un valor elevado, poco aporta al IPT. En el caso del tratamiento CVP, el valor del IPT se ve modificado en gran medida por el aporte de antocianos.

CONCLUSIONES

En climas cálidos, como el del estudio que se presenta, el suelo desnudo significa un aporte extra de radiación solar, sobre todo si la superficie es de color claro. Ese suplemento de radiación modifica la fisiología de la planta, principalmente los niveles de antocianos y flavonoles en la piel. Las coberturas verdes constituidas por especies de raíces superficiales disminuyen los valores de radiación reflejada por el suelo y la temperatura del aire circundante y en el interior de la canopia, sin modificar el vigor y la expresión vegetativa del viñedo. Esto permite alcanzar menores niveles de flavonoles y de taninos lo que otorga vinos más suaves y menos amargos. Los niveles más altos de flavonoles no son suficientes para una copigmentación que mejore la estabilidad de la materia colorante lo que se observa claramente en un aumento del matiz a partir del quinto mes de conservación.

A su vez, los vinos de viñedos con coberturas resultan con mejor color (menor degradación de antocianos) y en el caso de Cabernet Sauvignon tuvieron mayor tipicidad varietal. El azúcar, por ende el contenido de alcohol, no se modifica no-

tablemente, lo que deviene como ventajoso en la comercialización, sobre todo si se considera que los vinos tienen más color y más tipicidad varietal. La menor temperatura y menor radiación implican para la vid con cobertura verde, mayor acidez total y menor pH lo que es importante desde el punto de vista enológico ya que puede significar menos necesidad de corrección en la bodega, en una zona como la del estudio en la que los valores de acidez son bajos y pequeñas cantidades de ácido málico (1 a 2 g/L) son apreciadas por los enólogos.

Hipótesis a futuro

- ✓ Los pH menores encontrados se deben a la temperatura más baja (poco contenido de ácido málico respirado) y menor actividad de la ATPasa (suelo más frío) por lo que absorbe menos K^+ .
- ✓ La mayor cantidad de quercetina no es suficiente para una adecuada copigmentación.
- ✓ El comportamiento será distinto en el caso de uvas blancas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bate-Smith, E. C. 1954. Astringency in foods. *Foods* 23:124.
2. Bergqvist, J.; Dokoozlian, N.; Ebisuda, N. 2001. Sunlight exposure and temperatures effects on berry7 growth and composition of Cabernet Sauvignon and Grenache in the San Joaquin valley of California. *Am. J. Enol. Vitic.* 52(1): 1-7.
3. Boulton, R. 1999. El fenómeno de la copigmentación en los vinos tintos. Seminario Internacional hacia la Enología del siglo XXI. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina.
4. _____. 2001. Ión hidrógeno, pH y acidez fija. En: Zoecklein, B.; Fugelsang, K.; Gump, B.; Nury, F. 2001. Análisis y producción de vino. Ed. Acribia. Zaragoza. España. p. 79-83.
5. Bravdo, B.; Hepner, Y.; Loinger, C.; Cohen, S.; Tabacman H. 1985. Effects of irrigation and crop level on growth, yield and winw quality of Cabernet Sauvignon. *Am. J. Enol. Vitic.* 36: 132-139.
6. Butrose, M.; Hale, C.; Kliewer, M. 1971. Effect of temperature on the composition of Cabernet Sauvignon berries. *Am. J. Enol.* 22: 71-75.
7. Carbonneau, A. 1995. La surface foliaire exposée potentielle: guide pour sa mesure. *Prog. Agr. Viti.* 112(9): 204-212.
8. Cartechini, A.; Palliotti, A. 1995. Effect of shading on vine morphology and productivity and leaf gas exchange characteristics in grapevines in the field. *Am. J. Enol. Vitic.* 46(2): 227-234.
9. Cheynier, V.; Moutounet, M.; Sarni-Manchado, P. 1998. Los compuestos fenólicos. En: C. Flanzy. 2000. Enología, fundamentos científicos y tecnológicos. Amv Ediciones. Mundi Prensa. p. 114-133.
10. Crippen, D.; Morrison, J. 1986. The effects of sun exposure on the compositional development of Cabernet Sauvignon berries. *Am. J. Enol. Vitic.* 37: 235-247.
11. Dokoozlian, N. K. 1990. Light quantity and light quality within *Vitis vinifera* L. grapevine canopies and their relative influence on berry growth and composition. *Am. J. Enol. Vitic.* 47: 186-192.

12. _____; Kliewer, W. M. 1996. Influence of light on grape berry growth on composition berries during fruit development. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 121: 869-874.
13. Freeman, B.; Kliewer, M. 1983. Effect of irrigation, crop level and potassium fertilization on Carignan vines. II Grape and wine quality. *Am. J. Enol. Vitic.* 34: 197-207.
14. Ginestar, C.; Eastham, J.; Gray, S.; Iland, P. 1998. Use of sap-flow sensors to schedule vineyard irrigation. I effect of post veraison water deficits on composition of Shiraz grape. *Am. J. Enol. Vitic.* 49: 421-428.
15. Haselgrove, L.; Botting, D.; Van Heeswijck, R.; Hoj, P. B.; Dry, C.; Ford, C.; 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. p. 141-149.
16. Hrazdina, G.; Parson, G.; Mattick, L. 1984. Physiological and biochemical events during development and maturation of grapes. *Am. J. Enol. Vitic.* 35: 220-227.
17. Iland, P.; Ewart, A.; Sitters, J. 1993. Techniques for chemical analysis and stability test of grape juice and wine. Kitchener Press Pty. Ltd. Adelaide, Australia. p. 23-28.
18. Kasimatis, A. N.; Lider, A.; Kliewer, M. 1975. Influence of trellising on growth and yield of Thompson Seedless vines. *Am. J. Enol. Vitic.* 23: 125-129.
19. Keller, M.; Hrazdina, G. 1998. Interaction of nitrogen availability during bloom and light intensity during veraison. II. Effects on anthocyanin and phenolic development during grape ripening. *Am. J. Enol. Vitic.* 49: 341-349.
20. Kliewer, M. 1970. Effects of day temperature and light intensity on growth and composition of *Vitis vinifera* L. grapes. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 95: 693-697.
21. _____. 1977. Influence of temperature, solar radiation and nitrogen on coloration and composition of Emperor grapes. *Am. J. Enol. Vitic.* 28: 96-103.
22. Matthews, M.; Anderson, M. 1988. Fruit ripening in *Vitis vinifera* L. Responses to seasonal water deficits. *Am. J. Enol. Vitic.* 39: 313-320.
23. Mc Murrough, I.; Mc Dowell, J. 1978. Chromatographic separation and automated analysis of flavonols. *Anal. Biochem.* 91: 92-100.
24. Nazralla, J. J. B. 2007. Microclima de la canopia de la vid: influencia del manejo del suelo y las coberturas vegetales. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo.* 39 (2): 1-13.
25. Ojeda, H. 1999. Influence de la contrainte hydrique sur la croissance du péricarpe et sur l'évolution des phénols des baies de raisin (*Vitis vinifera* L.) cv. Syrah. Thèse de Doctorat, École Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier. France. 159 p.
26. Ough, C.; Amerine, M. 1988. Methods for analysis of musts and wines. Ed. J. Wiley & Sons, N. York. p. 208-210.
27. Pearcy, R. 1990. Sunflecks and photosynthesis in plant canopies. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 41: 421-453.
28. Pirie, A.; Mullins, M. 1980. Concentration of phenolic in the skin of grape berries during fruit ripening and development. *Am. J. Enol. Vitic.* 31: 34-46.
29. Price, S. F.; Breen, P. J.; Valladao, M.; Watson, B. T. 1995. Cluster sun exposure and quercetin in Pinot Noir grapes and wine. *Am. J. Enol. Vitic.*, 46(2): 187-193.
30. Reynolds, A. G.; Pool, M.; Mattick, R. 1986. Effects of shoot density and crop control on growth, yield, fruit composition and wine quality of Seyval blanc grapes. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 111: 55-63.
31. _____; Wardle, A. 1989. Impacts of various canopy manipulation techniques on growth, yield, fruit composition and wine quality of Gewürztraminer. *Am. J. Enol. Vitic.* 40: 121-129.
32. _____; Wardle, A. 1989. Effects of timing and severity of summer hedging on growth, yield, fruit composition and canopy characteristics on the Chaunac. II Yield and fruit composition. *Am. J. Enol. Vitic.* 40: 299-308.

33. Ribéreau-Gayon, P.; Stonestreet, E. 1965. Les composés phénoliques du raisin et du vin I. Bull.Soc. Chim. Fr. p. 2649-2652.
34. _____. 1966. Les composés phénoliques du raisin et du vin II. Chim. Anal. 48:188-196.
35. Robin, J. P. 2000. Apuntes de clase. Maestría en Viticultura y Enología. Facultad de Ciencias Agrarias. UNCuyo. Mendoza. Argentina.
36. Sauvage, F.; Chovelon, M.; Robin, P. 2000. Le propriétés de reflectance du sol de la parcelle sont a considerer comme des paramètres du terroir. Copia del trabajo cedidad por J. P. Robin.
37. Sears, F.; Zemansky, M. 1979. Física General. 5ª ed. Ed. Aguilar. Madrid. 1045 p.
38. Shaulis, N.; May, P. 1971. Responses of Sultana Vines to training on divided canopy and to shoot crowding. Am. J. Enol. Vitic. 22: 215-222.
39. Smart, R. 1973. Sunlight interception by vineyards. Am. J. Enol. Vitic. 24: 141-147.
40. _____. 1985. Principles of grapevine canopy management microclimate manipulation with implications for yield and quality. A review. Am. J. Enol. Vitic. 36: 230-239.
41. _____. 1988. Shoot spacing ad canopy light microclimate. Am. J. Enol. Vitic. 39: 325-333.
42. _____.; Robinson, J.; Due, G.; Brien, C.1985. Canopy microclimate modification for the cultivar Shiraz. I- Definition of canopy microclimate. Vitis 24: 17-31.
43. _____.; Robinson, J.; Due, G.; Brien, C. 1985. Canopy microclimate modification for the cultivar Shiraz. II- Effects on must and wine composition. Vitis 24:119-128.
44. _____.; Smith, S.; Winchester, R. 1988. Light quality and quantity effects on fruit ripening for Cabernet Sauvignon. Am. J. Enol. Vitic. 39: 250-258.
45. Souquet, J.; Cheynier, V.; Sarni-Manchado, P.; Moutounet, M. 1996. Les composés phénolic du raisin. J. Int. Sci. Vigne Vin. N° 4. p. 13-23.
46. Vallone, R. C.; Pérez Peña, J.; Nijensohn, L.; Cavagnaro, J. B. 1998. Parámetros edafológicos y fisiológicos relacionados con la oportunidad de riego en vid. Informe Final de la SECyT, UNCuyo. 51 p.
47. Vila, H. 2002. Efecto del tiempo de maceración sobre el color, la composición tánica y la astringencia de vinos Cabernet Sauvignon y Malbec. Tesis de Maestría en Viticultura y Enología. Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo. ENSA Montpellier. INTA INRA. Mendoza.
48. Wolf, T.; Pool, R.; Mattick, L.1986. Responses of young Chardonnay grapevines to shoot tipping, ethephon and basal leaf removal. Am. J. Enol. Vitic. 37: 263-268.
49. Zoecklein, B.; Fugelsang, K.; Gump, B.; Nury, F. 2001. Análisis y producción de vino. Ed. Acribia. Zaragoza, España. p. 79-83.

Agradecimientos

A Rubén N. Oliva, Raúl F. del Monte, Martín Uliarte, Norma Pieralisi, Carlos Catania, Silvia Avagnina, María Rivero, Rodolfo Martos, Ángel De Biazzi, José Stocco, Laboratorio de Suelos y Laboratorio de Poscosecha de la Estación Experimental Agropecuaria Mendoza de INTA.

A Guillermo Ibáñez de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales.

A la Cátedra de Enología, Bodega Experimental, Cátedra de Fisiología Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNCuyo, en particular a Juan Bruno Cavagnaro y Andrés Benvenuti.

A los jueces que intervinieron en el análisis sensorial de los vinos.
Al Sr. Gilberto Silvano.