

## **Efectos del uso de cobertura vegetal en viticultura sobre la calidad del mosto y las características organolépticas del vino**

B. RODRÍGUEZ-LOVELLE\*, J.-P. SOYER\*\* & C. MOLOT\*\*

*\*Departamento de Edafología y Química Agrícola. Facultad de Biología  
Universidad de Santiago de Compostela. 15704 Santiago de Compostela*

*\*\*INRA. Institut de la Vigne de Bordeaux. Unité d'Agronomie  
BP 81. 33883 Villenave d'Ornon Cedex. Francia*

*(Recibido, abril de 1998. Aceptado, junio de 1998)*

### **Resumen**

RODRÍGUEZ-LOVELLE, B., SOYER, J.-P. & MOLOT, C. (1998). Efectos del uso de cobertura vegetal en viticultura sobre la calidad del mosto y las características organolépticas del vino. *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, 8: 157-174

Se estudiaron los efectos de la cobertura vegetal sobre la maduración y la composición de las uvas y su incidencia sobre las características organolépticas de los vinos en cuatro viñedos de la zona vitícola de Bordeaux (Francia). Este sistema de cultivo fue contrastado con el no laboreo y con el laboreo tradicional. Asimismo se compararon dos niveles de cobertura vegetal: césped en todas las calles o cada dos calles. Los mostos de vides enyerbadas presentaron una mayor riqueza en azúcares y en componentes polifenólicos, mientras que el pH y la acidez estuvieron poco afectadas. Este tratamiento supuso también mostos con escasos niveles de todos los compuestos nitrogenados, siendo el amonio y los aminoácidos libres los más modificados. La intensidad de estos efectos es mayor en función de la intensidad de la cobertura. Analíticamente, los vinos procedentes de vides enyerbadas presentaron un mayor grado alcohólico y una mejor coloración, pero menor concentración de nitrógeno. Sin embargo, en nuestro estudio, la degustación de los vinos no supuso apreciaciones globales muy diferenciadas.

**Palabras clave:** Vid, técnicas de cultivo, cobertura vegetal, nitrógeno, mosto, vino, azúcares, maduración, calidad.

### **Abstract**

RODRÍGUEZ-LOVELLE, B., SOYER, J.-P. & MOLOT, C. (1998). Grass cover on viticulture: effects on must and wine quality. *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, 8: 157-174

The incidence of grass cover on grape berries ripening and composition and wine organoleptic characteristics were determined on four vineyards in Bordeaux viticulture area (France). Sod treatment was compared to conventional soil tillage and no tillage systems. Effects of grass cover intensity was also analyzed comparing vines under grass cover every inter-row or every second inter-row. Grape berries from grass covered vines were richer in sugar and polyphenolic compounds; pH and acidity were unaffected. Sod practices involved lower must levels of nitrogen compounds. Ammonia and total free amino acids were specially affected. The intensity of these effects were higher with greater level of grass cover. Analytically, wines from grass covered vines were more coloured; they had higher alcohol degree but poorest nitrogen concentration. However, in our experimentation, treatments had not reflected on wine tasting.

**Key words:** Grapevine, soil management practices, grass cover, nitrogen, must, wine, sugars, ripening, quality.

## INTRODUCCIÓN

El uso de cobertura vegetal es una técnica de cultivo empleada cada vez con más frecuencia en la viticultura de varios países europeos, por ser un buen sistema contra la erosión del suelo y además por tratarse de un medio eficaz para reducir el vigor excesivo de la vid (SOYER *et al.*, 1984; MAIGRE & MURISIER, 1991; MORLAT *et al.*, 1994; ZARAGOZA & DELGADO, 1996). Sin embargo, ligado a esos efectos deseados, la presencia de hierba entre las filas de vid puede suponer una fuerte competencia entre los dos cultivos y la modificación de las condiciones de nutrición hídrica y mineral de la vid. En particular, en viñedos enyerbados se ha señalado una menor disponibilidad de nitrógeno en el suelo y un descenso del nivel de este elemento en la vid (NEYROUD & PARISOD, 1983; SOYER *et al.*, 1995; RODRÍGUEZ-LOVELLE *et al.*, 1998a).

Las consecuencias del empleo de esta técnica sobre la calidad de los mostos son dispares, si bien a menudo se constata una mejora de la misma (MORLAT *et al.*, 1994; RIOU & MORLAT, 1995; SOYER *et al.*, 1995). Investigaciones recientes señalan un empobrecimiento en nitrógeno de los mostos procedentes de vides enyerbadas, que puede conducir a problemas en el transcurso de la fermentación alcohólica (NAULEAU, 1995; SPRING & MAYOR, 1996). En casos extremos, la mejora potencial de la calidad de los mostos puede verse enmascarada por la falta de nitrógeno, que conduce a una degradación del bouquet de los vinos y a su depreciación (MAIGRE *et al.*, 1995).

Un trabajo anterior trató de la incidencia de los sistemas de mantenimiento del suelo sobre el vigor y producción de la vid (RODRÍGUEZ-LOVELLE *et al.*, 1998b). El presente estudio tiene por objetivo profundizar en el conocimiento de los efectos del enyerbado sobre la maduración de las uvas y la calidad de los mostos y sus consecuencias sobre los vinos, haciendo especial hincapié en las modificaciones sobre la composición nitrogenada.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en cuatro parcelas de la región vitícola francesa de Bordeaux. Durante 1994, el estudio se desarrolló en el viñedo CHS2, ampliándose a otros tres (CHS1, CHT y LHB) en 1995. En cada viñedo se contrastan la cobertura vegetal con otras técnicas de cultivo: no laboreo (herbicidas a base de simazina y glifosato) o laboreo tradicional. Además, en dos parcelas se comparan dos niveles de cobertura: césped en todas las calles o césped cada dos calles (citado «1/2 cobertura vegetal» en tablas y figuras). Para cada tratamiento, se dispone de 3 a 5 bloques de plantas (según la parcela) de 30 cepas cada uno. En la Tabla I se resumen las características de cada viñedo así como los tratamientos aplicados. Los cultivares utilizados son *Merlot noir*, *Cabernet franc* y *Sauvignon blanc*.

La cobertura vegetal es permanente, utilizando como especie la gramínea *Festuca arundinacea* que se siega 3-4 veces por año durante el período vegetativo de la vid. En las filas de vid de los cuatro viñedos y para todos los tratamientos, se aplicaron siempre herbicidas. Durante la duración del experimento no se aplicaron fertilizantes nitrogenados. El sistema de conducción es en espaldera con poda en Guyot, a una densidad de plantación de 5555 plantas/ha en las parcelas CHS1 y CHS2 y en torno a 7500 plantas/ha en las otras dos.

El suelo de la parcela CHS1 es areno-arcilloso calcáreo y el de CHS2 arcilloso calcáreo, ambos pobres en materia orgánica (1%). Los suelos de CHT y LHB presentan niveles altos de materia orgánica, son ácidos, arenosos y ricos en gravas (RODRÍGUEZ-LOVELLE *et al.*, 1998b).

Los valores medios mensuales de temperatura y precipitación registrados en la región bordelesa (Fig. 1) implican un clima oceánico, templado y húmedo. El año 1995, en relación a la media, fue ligeramente más caluroso; más húmedo durante el primer trimestre del año y durante las vendimias, pero más seco entre abril y septiembre.

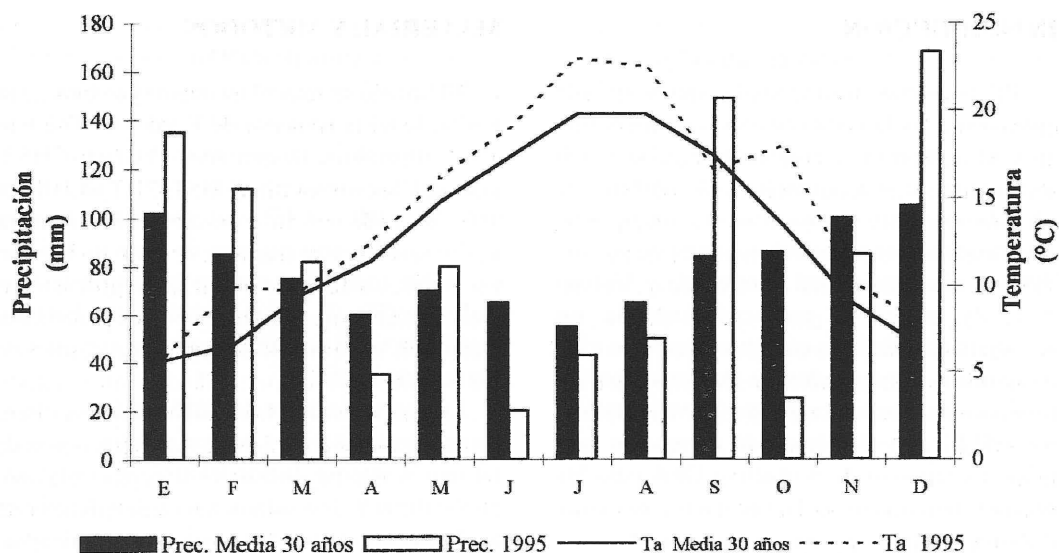


Fig. 1. Precipitación y temperaturas medias mensuales de la región de Burdeos. Valores observados en 1995 y medias de 30 años.

TABLA I. Características de los viñedos y tratamientos contrastados

	Parcela CHT	Parcela CHS1	Parcela LHB	Parcela CHS2
Cultivar	<i>Merlot noir</i>	<i>Merlot noir</i>	<i>Sauvignon blanc</i>	<i>Cabernet franc</i>
Portainjerto	3309	Fercal	101.14	Fercal
Año de plantación	1990	1988	1989	1982
Implantación de la hierba	1994	1993	1993	1990
Técnicas de mantenimiento	Laboreo tradicional Cobertura Vegetal	No Laboreo 1/2 Cober. Vegetal Cober. Vegetal	Laboreo tradicional No Laboreo 1/2 Cober. Vegetal Cober. Vegetal	No Laboreo Cober. Vegetal

Del envero a la madurez se realizó un seguimiento de la cinética de maduración en cada parcela y para cada tratamiento, a través de la recolección de uvas y el análisis del mosto obtenido. Cada muestra consta de aproximadamente 200 uvas provenientes de todos los pies controlados en cada tratamiento y de diferentes posiciones dentro del racimo. En los mostos se analizaron los parámetros clásicos: pH, acidez titulable, contenido en ácidos orgánicos y en

azúcares. Además se analizaron los niveles de cationes y aniones, y de compuestos nitrogenados.

La acidez total se obtuvo por valoración potenciométrica y se expresa en gramos de ácido sulfúrico por litro de mosto. El contenido en ácidos tartárico y málico se llevó a cabo por colorimetría en autoanizador de flujo continuo sobre mostos diluidos, utilizando el método de Rebelein para dosificar el tartárico y el método enzimático para el málico. La riqueza en azúca-

res se determinó también por colorimetría en autoanalizador de flujo continuo y el grado alcohólico probable a través del índice refractométrico, con ayuda de un refractómetro. Los cationes y aniones se analizaron en el extracto procedente de una mineralización húmeda de alcuotas de mosto. Potasio, calcio y magnesio se determinaron por espectrofotometría de plasma (IPC) y nitrógeno (total y mineral) y fósforo (total y mineral) por colorimetría en autoanalizador de flujo continuo. Respecto a los compuestos nitrogenados, se determinaron los aminoácidos libres de los mostos (salvo la prolina) por HPLC, con el método de derivación pre-columna, empleando el reactivo OPA para los aminoácidos primarios. Sobre los mostos en la madurez se aplicó el método de GLORIES (1984 a,b) para conocer la composición polifenólica.

En las vendimias se recogieron 20-30 kg de uva de cada parcela y tratamiento para realizar microvinificaciones. El procedimiento utilizado es el habitual de los vinos bordeleses, con chaptalización y fermentación maloláctica para los vinos tintos. Además de los análisis habituales durante la fermentación, antes del embotellado se realizaron catas de cada uno de los vinos así elaborados para definir la incidencia de los tratamientos en sus características organolépticas. En los vinos de la cosecha de 1994 del viñedo CHS2 se analizaron también ciertos componentes relacionados con la calidad (alcoholes superiores, ésteres, acetatos de alcoholes superiores, ácidos volátiles, ácidos grasos), todos ellos determinados por cromatografía en fase gaseosa.

## RESULTADOS

### Acidez y pH de los mostos

La acidez total de los mostos en el envero oscila entre 10 y 12 g/l de  $H_2SO_4$  en las parcelas LHB y CHT y es más elevada en los otros dos viñedos (16 g/l de  $H_2SO_4$  en CHS1 y 20 g/l de  $H_2SO_4$  en CHS2). Estos valores se reducen fuertemente durante las primeras semanas de la maduración, como resultado de la combustión de

los ácidos orgánicos que tiene lugar en la uva en este período, hasta llegar a valores en torno a 3-4 g/l de  $H_2SO_4$  en las uvas maduras (Tabla II). La acidez de los mostos ha estado poco modificada por el sistema de laboreo aplicado, cuyo efecto es dispar. Los mostos de vides enyerbadas de las parcelas LHB y CHT son generalmente más ácidos que los provenientes de otros tratamientos, sobre todo en el envero (primer muestreo realizado)(Fig. 2). Por el contrario, en CHS1 los mostos de vides enyerbadas son los que presentan la menor acidez.

La evolución de los dos ácidos más abundantes en la uva, tartárico y málico, permite corroborar que la intensa disminución de la acidez del mosto durante la maduración es debida principalmente a un fuerte reducción del málico (Fig. 3). La incidencia del tipo de laboreo sobre la concentración de estos ácidos es escasa y además diferente según la parcela (Tabla II).

El pH de los mostos se incrementa durante la maduración al reducirse la acidez total, alcanzando valores en torno a 3.2-3.4 en las uvas maduras, salvo en los mostos de CHT que presentan valores superiores, relacionados con su escasa acidez (Tabla II). Los mostos de vides con laboreo tienen el pH más elevado, seguidos de aquellos de vides con no laboreo, mientras que los de enyerbadas son los de valores inferiores (Fig. 2). Esta tendencia es similar en los cuatro viñedos estudiados, pero las diferencias entre tratamientos no son siempre significativas.

### Cationes y aniones

Aunque el potasio es el principal catión salificante en los mostos y por tanto juega un papel importante sobre la acidez y pH de los mismos, la concentración y la evolución de este elemento durante la maduración no parecen haber estado afectadas por los tratamientos de laboreo (Tabla III). En cambio, calcio y magnesio, que presentan evoluciones y contenidos muy variables según la parcela, son generalmente más abundantes en los mostos de plantas enyerbadas (Tabla III). Para los niveles de fósfo-

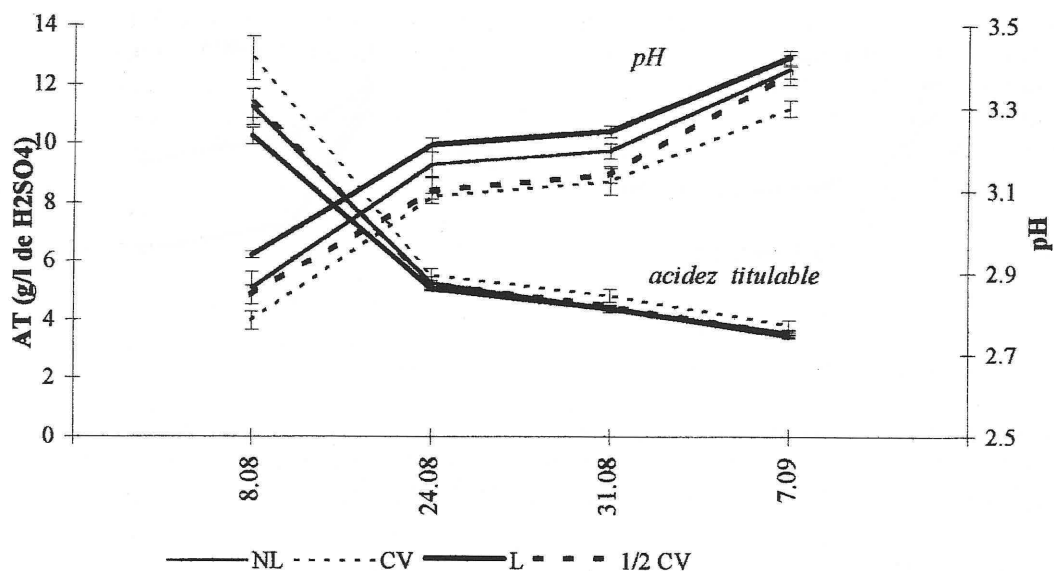


Fig. 2. Evolución de la acidez titulable (AT) y del pH durante la maduración de las uvas de Sauvignon en el viñedo LHB, en función del sistema de laboreo. (L = laboreo tradicional. NL = no laboreo. 1/2 CV = cobertura vegetal cada dos calles. CV = cobertura vegetal en todas las calles).

TABLA II. Acidez y pH de las uvas maduras según el tipo de laboreo aplicado (valores medios y desviación típica)

Parcela	Tratamiento	pH	Ácido Titulable (g de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /l)	Málico (gl)	Tartárico (g/l)
CHT	L	3.94 ± 0.03	2.34 ± 0.06	0.80 ± 0.27	7.02 ± 0.34
	CV	3.63 ± 0.05	3.05 ± 0.05	0.47 ± 0.07	7.28 ± 0.30
CHS1	NL	3.38 ± 0.02	4.47 ± 0.07	2.91 ± 0.08	6.36 ± 0.15
	1/2 CV	3.31 ± 0.02	4.29 ± 0.16	2.12 ± 0.30	6.45 ± 0.10
	CV	3.33 ± 0.02	4.13 ± 0.17	2.05 ± 0.32	6.24 ± 0.06
LHB	L	3.42 ± 0.02	3.46 ± 0.07	1.57 ± 0.07	5.42 ± 0.14
	NL	3.39 ± 0.04	3.57 ± 0.09	1.54 ± 0.10	5.54 ± 0.11
	1/2 CV	3.39 ± 0.02	3.51 ± 0.09	1.43 ± 0.09	5.49 ± 0.12
	CV	3.30 ± 0.02	3.83 ± 0.16	1.41 ± 0.07	5.93 ± 0.22
CHS2	NL	3.25 ± 0.01	4.41 ± 0.03	2.48 ± 0.00	6.15 ± 0.07
	CV	3.22 ± 0.01	4.67 ± 0.07	2.61 ± 0.00	6.42 ± 0.11

L = laboreo tradicional. NL = no laboreo. 1/2 CV = césped cada dos calles. CV = césped en todas las calles.

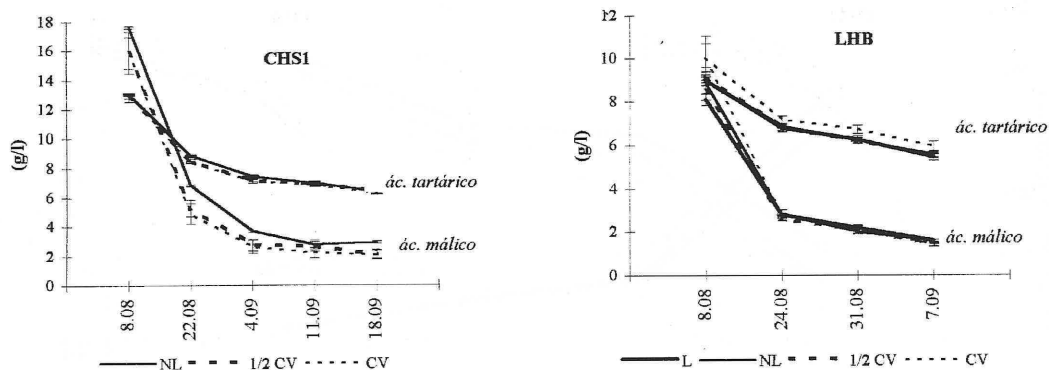


Fig. 3. Evolución de la concentración en ácido tartárico y ácido málico durante la maduración de las uvas de los viñedos CHS1 y LHB, según los tratamientos de laboreo. (L = laboreo tradicional. NL = no laboreo. 1/2 CV = cobertura vegetal cada dos calles. CV = cobertura vegetal en todas las calles).

TABLA III. Composición de las uvas maduras según el tipo de laboreo aplicado (valores medios y desviación típica)

Parcela	Modo de cultivo	K (g/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	P total (mg/l)	P mineral (mg/l)	Azúcares (g/l)	Grado alcohólico probable
CHT	L	2.71 ± 0.05	46 ± 0.0	50 ± 0.5	138 ± 20	92 ± 3	194 ± 2	11.05 ± 0.05
	CV	2.09 ± 0.12	57 ± 4.5	59 ± 2.5	97 ± 3	74 ± 3	205 ± 6	11.70 ± 0.30
CHS1	NL	2.06 ± 0.04	41 ± 2.3	52 ± 1.4	138 ± 3	108 ± 2	211 ± 2	12.06 ± 0.14
	1/2 CV	1.93 ± 0.04	42 ± 2.2	52 ± 2.1	140 ± 6	111 ± 5	224 ± 6	12.82 ± 0.35
	CV	1.90 ± 0.06	46 ± 3.1	57 ± 1.7	159 ± 3	124 ± 2	233 ± 6	13.32 ± 0.34
LHB	L	1.33 ± 0.06	40 ± 1.7	62 ± 2.3	65 ± 3	44 ± 2	214 ± 4	12.22 ± 0.24
	NL	1.37 ± 0.05	39 ± 1.2	66 ± 1.4	66 ± 3	46 ± 2	221 ± 5	12.62 ± 0.28
	1/2 CV	1.35 ± 0.06	39 ± 0.7	63 ± 1.8	63 ± 3	43 ± 2	225 ± 2	12.84 ± 0.12
	CV	1.40 ± 0.06	40 ± 1.5	67 ± 3.4	60 ± 1	38 ± 1	242 ± 5	13.84 ± 0.27
CHS2	NL	1.85 ± 0.08	43 ± 1.0	53 ± 1.5	188 ± 17	128 ± 10	211 ± 6	12.00 ± 0.30
	CV	1.86 ± 0.00	51 ± 1.0	64 ± 3.5	106 ± 3	133 ± 3	228 ± 5	13.00 ± 0.20

L = laboreo tradicional. NL = no laboreo. 1/2 CV = césped cada dos calles. CV = césped en todas las calles.

ro se señalan dos comportamientos diferentes. En las parcelas CHT y LHB los mostos de vides enyerbadas son los más pobres en este elemento. En CHS1, por el contrario, hay una tendencia a valores superiores en los mostos de vides con este tratamiento.

### Azúcares del mosto

Durante el proceso de maduración la concentración en azúcares de las uvas aumentó progresivamente hasta alcanzar valores en torno a los 200 g/l en la madurez. Como muestran la Fig. 4

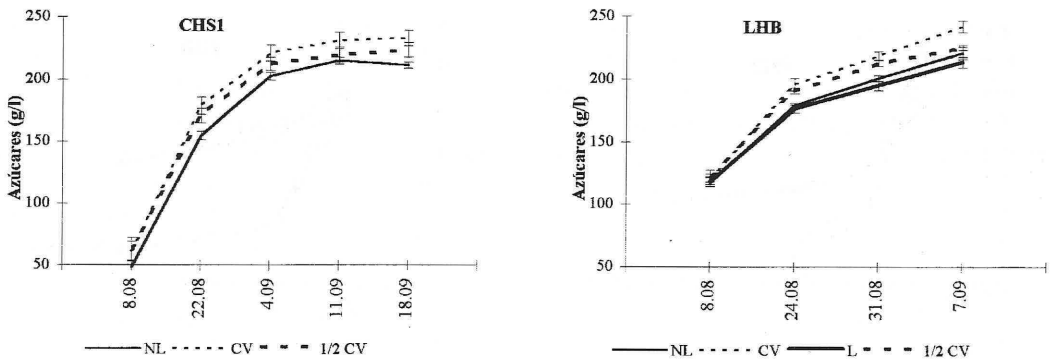


Fig. 4. Evolución de la concentración de azúcares durante la maduración de las uvas procedentes de los viñedos CHS1 y LHB, en función del tipo de laboreo. (L=laboreo tradicional. NL=no laboreo. 1/2 CV=cobertura vegetal cada dos calles. CV=cobertura vegetal en todas las calles).

TABLA IV. Composición polifenólica de las uvas maduras según el tipo de laboreo aplicado

Tratamiento		Potencial total de antocianos (mg/l)	Antocianos extracto a pH 3.2 (mg/l)	Extractibilidad de los antocianos %	Índice de polifenoles totales	Antocianos taninos del epicarpo	Taninos de las semillas
CHT	L	1672	782	53	48	31	17
	CV	2112	865	59	54	35	19
	<i>incremento</i>	27%	11%	11%	12%	13%	12%
CHS1	NL	1638	607	63	33	24	9
	1/2 CV	1802	697	61	39	28	11
	CV	2162	753	65	45	30	15
<i>incremento</i>	32%	24%	6%	36%	25%	67%	
CHS2 1994	NL	1139	629	45	38	25	13
	E	1379	761	45	38	30	20
	<i>incremento</i>	21%	21%	0%	0%	21%	54%
1995	NL	1285	504	61	39	20	19
	E	1615	622	61	52	25	27
	<i>incremento</i>	26%	23%	0%	33%	25%	42%

L = laboreo tradicional. NL = no laboreo. 1/2 CV = césped cada dos calles. CV = césped en todas las calles.

y la Tabla III, el nivel de azúcares en las uvas estuvo afectado por la técnica de laboreo: la presencia de hierba entre las filas de vid supuso, para los cuatro viñedos, un neto incremento. Esta diferencia entre tratamientos es menos clara en el envero y se amplifica en la madurez. En la parcela LHB, las uvas en la vendimia presentan una concentración de 214 g/l cuando proceden

de vides con laboreo tradicional, 221 g/l cuando son de vides con no laboreo y son aún más ricas en azúcares con el enyerbado: 225 g/l si hay hierba cada dos calles y 242 g/l si es un césped en todas las calles. Hay, pues, un aumento de 28 g/l en los mostos de plantas con cobertura vegetal respecto a las sometidas a laboreo.

Este incremento en la concentración de azúcares se traduce en un mayor grado alcohólico potencial esperado tras la fermentación (Tabla III). Los mostos de plantas enyerbadas presentan entre 0.6 y 1.6 grados más de alcohol que los de sometidas a otros tratamientos.

### Compuestos polifenólicos en uvas maduras

Todos los parámetros relativos a la composición polifenólica estimados por el método de Glories muestran un incremento importante en las uvas de vides con cobertura vegetal (Tabla IV). El potencial total de antocianos, así como el nivel de antocianos a pH del vino, son del orden del 20% más elevados en uvas de vides enyerbadas. El contenido en taninos de las semillas aumenta hasta un 67% en uvas de plantas enyerbadas del viñedo CHS1. La presencia de hierba provoca, igualmente, un aumento importante de los antocianos y taninos del epicarpo. El viñedo CHS1 es el más afectado, mientras que en CHT se observan menos variaciones. Así, en los mostos de CHS1 se constata un aumento del 32% del potencial total de antocianos, del 25% de los componentes fenólicos del epicarpo y del 67% de los taninos de las semillas cuando provienen de vides con enyerbado. El incremento es mayor en función de la intensidad de la cobertura vegetal.

### Compuestos nitrogenados de los mostos

En lo que concierne al contenido en nitrógeno total de los mostos se observan importantes diferencias entre viñedos, siendo los más ricos los mostos de CHT y los de LHB (Fig. 5). A pesar de esto, en las cuatro parcelas se constata un menor contenido de N total a lo largo de toda la maduración de las uvas procedentes de vides enyerbadas. Cuando se comparan todos los tratamientos (parcela LHB) se observa un escalonamiento: los mostos más ricos son los de vides con laboreo, a continuación los de vides

con no laboreo y por último, los de vides enyerbadas, cuya concentración es aún menor si la hierba está presente en todas las calles.

Similares efectos se observaron para el nitrógeno amoniacal. Desde el envero, los niveles en uvas de vides enyerbadas son significativamente menores que los de plantas sometidas a otros tratamientos, presentando generalmente menos de 50 mg/l en uvas maduras (Fig. 6). La incidencia de la cobertura vegetal es mayor cuando hay hierba en todas las calles. Sin embargo, las diferencias entre tratamientos son netas en el envero y se atenúan ligeramente en torno a la madurez. En el envero, el nitrógeno amoniacal representa un 60% del nitrógeno total en mostos de vides con no laboreo, frente a un 40% en mostos de plantas con cobertura vegetal. En las uvas maduras, un 8% del nitrógeno total es amoniacal para vides con no laboreo y sólo un 2% en vides con enyerbado.

La Fig. 7 muestra el nivel de aminoácidos totales libres (sin la prolina) en las uvas maduras de tres de los viñedos estudiados. Los mostos más ricos en aminoácidos son los de Sauvignon de LHB (máximo superior a 900 mg/l) y los más pobres los de Cabernet franc de CHS2 (menos de 200 mg/l). En todos los casos se observa un efecto del sistema de mantenimiento, con una reducción importante en los tratamientos con cobertura vegetal, principalmente en aquellos con hierba en todas las calles. Para estos últimos, los mostos presentan menos del 50% de la concentración de aminoácidos observada en mostos de vides con no laboreo o con laboreo. Por ejemplo, los mostos del viñedo CHS1 tienen una media de 375 mg/l de aminoácidos si provienen de plantas con no laboreo; 237 mg/l cuando las vides están enyerbadas cada dos calles y tan sólo 158 mg/l cuando hay césped en todas las calles.

El nitrógeno amínico supone en torno al 20% del nitrógeno total de los mostos, porcentaje que se mantiene bastante estable durante la maduración y parece independiente del tratamiento aplicado. El 90% de este nitrógeno amínico proviene de 7 aminoácidos: glutámico, serina, glutamina, treonina, arginina, alanina y gamma amino-

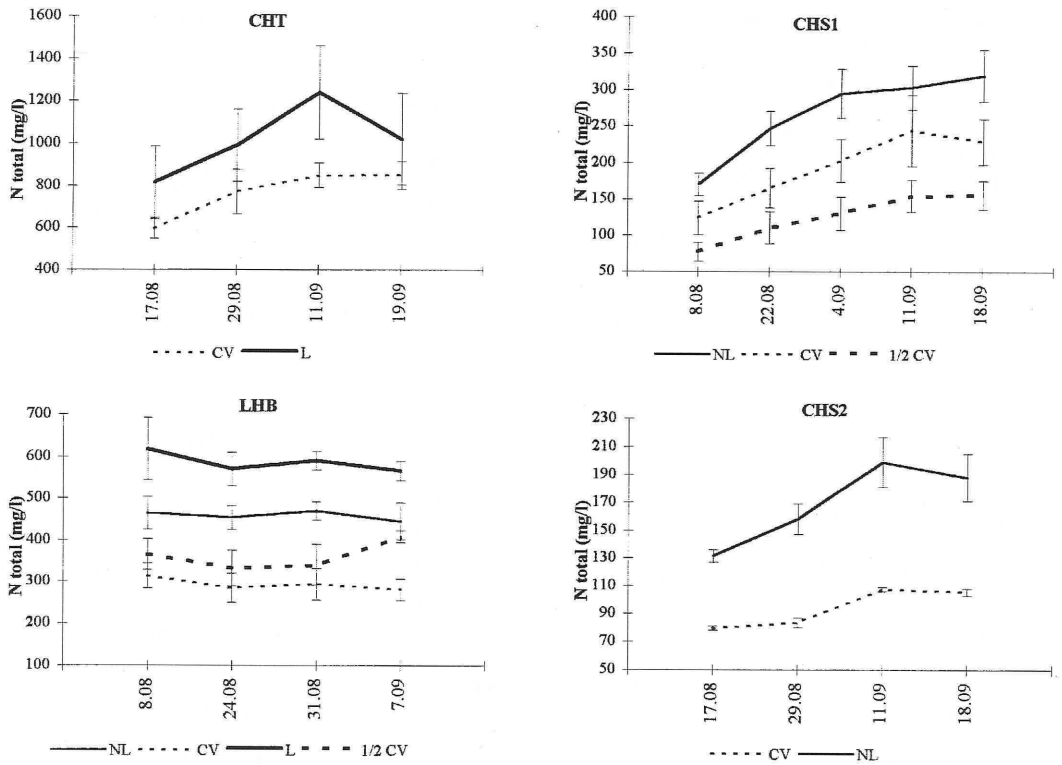


Fig. 5. Niveles de N total durante la maduración de las uvas de los cuatro viñedos estudiados, según el tratamiento de laboreo. (L = laboreo tradicional. NL = no laboreo. 1/2 CV = cobertura vegetal cada dos calles. CV = cobertura vegetal en todas las calles).

butírico; los tres últimos representan el 70% del nitrógeno amínico y el 13% del nitrógeno total de los mostos.

La cobertura vegetal redujo la concentración de todos los aminoácidos libres, siendo los más afectados aquellos más abundantes, la arginina, la alanina y el ácido gamma aminobutírico (Fig. 7). Respecto a la arginina y a la alanina, la presencia de cobertura vegetal afectó también a su evolución durante la maduración: el incremento gradual de ambos aminoácidos que se constata en uvas de plantas sin cobertura vegetal, se detiene dos semanas antes de la madurez cuando se trata de vides enyerbadas (Fig. 8).

### Duración de la fermentación alcohólica

La fermentación alcohólica en mostos de CHS2 procedentes de vides con no laboreo y de vides enyerbadas duró entre un mínimo de 11 días y un máximo de 32 días (Tabla V). Generalmente las fermentaciones más largas fueron las de mostos procedentes de vides enyerbadas. En algunos mostos la fermentación se detuvo y fue necesario añadir nitrógeno en forma de  $\text{NH}_4(\text{H}_2\text{PO}_4)$ .

Estas paradas de fermentación tuvieron lugar sólo en las vendimias de 1994; en los mostos de 1995 de los 4 viñedos estudiados no se señalaron

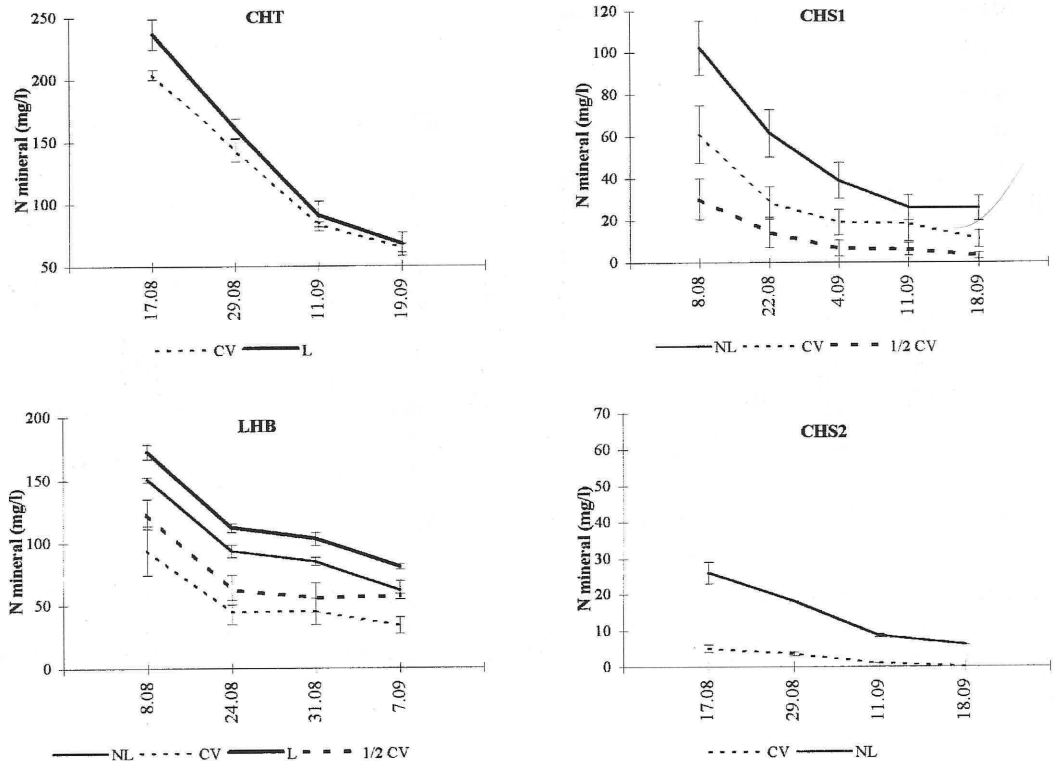


Fig. 6. Niveles de N mineral ( $\text{NH}_4^+$ ) durante la maduración de las uvas de los cuatro viñedos estudiados, según el tratamiento de laboreo. (L = laboreo tradicional. NL = no laboreo. 1/2 CV = cobertura vegetal cada dos calles. CV = cobertura vegetal en todas las calles).

TABLA V. Duración de la fermentación alcohólica de diferentes lotes de vendimia procedentes de vides con no laboreo y de vides enyerbadas del viñedo CHS2 en 1994

Lote de microvinificación	Sistema de mantenimiento	Duración de la fermentación alcohólica	
2	No laboreo	18 días	
5	No laboreo	11 días	
6	No laboreo	11 días	
9	No laboreo	20 días	adición de N
10	No laboreo	20 días	
1	Cobertura Vegetal	32 días	adición de N
3	Cobertura Vegetal	25 días	
4	Cobertura Vegetal	25 días	
7	Cobertura Vegetal	27 días	adición de N
8	Cobertura Vegetal	32 días	adición de N

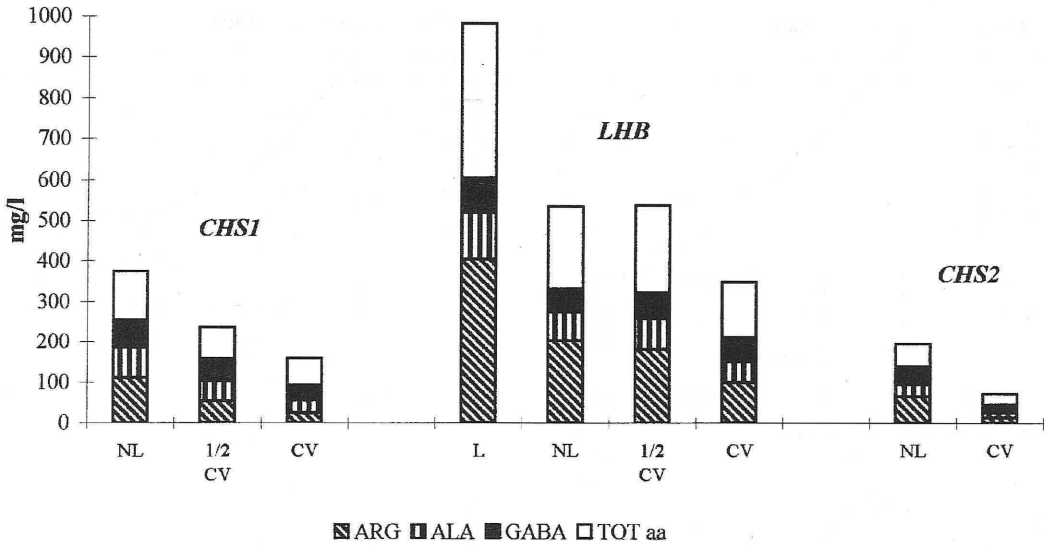


Fig. 7. Niveles de aminoácidos en uvas maduras de tres viñedos en función del sistema de laboreo. (L = laboreo tradicional. NL = no laboreo. 1/2 CV = cobertura vegetal cada dos calles. CV = cobertura vegetal en todas las calles). (ARG = arginina. ALA = alanina. GABA = ácido gamma aminobutírico. TOTaa = total de aminoácidos libres).

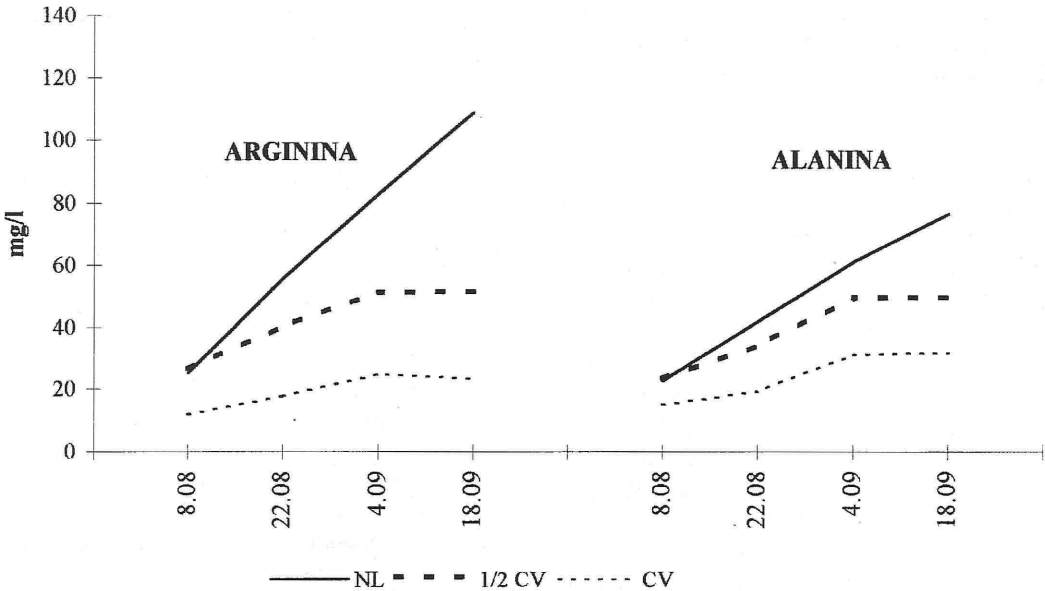


Fig. 8. Evolución de la concentración de arginina y alanina en uvas del viñedo CHS1 durante la maduración, según el tratamiento de laboreo.

TABLA VI. Efecto del sistema de laboreo sobre el grado alcohólico (tras chaptalización), la acidez, el pH, la intensidad colorante, los antocianos y el nitrógeno total de los vinos procedentes de microvinificaciones

Viñedo	tratamiento	vendimia	Grado alcohólico	AT (g H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /l)	pH	Intensidad de color	Antocianos (mg/l)	N tot (mg/l)
CHT <i>Merlot noir</i>	L	20/09/95	9.5	2.9	3.65	0.50	275	855
	CV		10.6	3.7	3.28	0.83	305	456
CHS1 <i>Merlot noir</i>	NL	18/09/95	11.6	3.1	3.72	0.41	223	240
	1/2 CV		12.3	3.3	3.58	0.61	237	180
	CV		12.9	3.4	3.57	0.90	259	117
LHB <i>Sauvignon blanc</i>	NL	07/09/95	12.4	3.6	3.27			132
	L		11.8	3.6	3.30			172
	1/2 CV		13.1	3.5	3.28			103
	CV		14.1	3.5	3.33			84
CHS2 <i>Cabernet franc</i>	NL	22/09/94	11.4	3.1	3.83	0.43	222	n.d.
	CV		12.1	3.4	3.82	0.78	316	n.d.
		NL	19/09/95	12.9	3.6	3.67	0.68	190
	CV		12.7	3.9	3.55	0.74	178	85

L = laboreo tradicional. NL = no laboreo. 1/2 CV = césped cada dos calles. CV = césped en todas las calles.

ni paradas de fermentación, ni diferencias importantes entre tratamientos en cuanto a la duración de la misma.

### Análisis de los vinos

Los vinos de vides con cobertura vegetal presentaron un mayor grado alcohólico, como lo anunciaba ya el mayor contenido en azúcares de los mostos (Tabla VI). Los vinos de variedades tintas con enyerbado tuvieron una mayor riqueza en antocianos y una coloración más intensa. Al igual que se veía en los mostos, los vinos de vides enyerbadas tienen también un menor contenido en nitrógeno. En cambio, los tratamientos afectaron menos a la acidez y al pH de los vinos.

El análisis más detallado de los vinos de la vendimia de 1994 en CHS puso en evidencia pocas diferencias entre tratamientos a nivel de los productos secundarios de la fermentación. Solamente los vinos de vides enyerbadas tienden

a ser ligeramente más pobres en alcoholes superiores y en ácidos grasos. No se señalaron diferencias para otros compuestos.

### Cata

La apreciación de los vinos fue difícil debido a la gran similitud entre ellos y globalmente no hubo un tratamiento que se diferenciase de los otros, pero se pueden indicar algunas tendencias. En general, los tintos de vides enyerbadas fueron mejor apreciados por su intensidad y calidad del color. En el plano olfativo, la presencia de cobertura vegetal tuvo un efecto positivo sobre la calidad aromática global y en boca estos vinos presentaron un gusto más armónico, estructurado y de mayor duración en boca, pero en algunos casos también más ácido y astringente (Tabla VII).

En cuanto a los blancos del viñedo LHB el efecto de la cobertura vegetal se puso poco de

TABLA VII. Resumen de los resultados obtenidos tras la degustación de los vinos. Se presentan los principales caracteres que permitieron una diferenciación entre tratamientos. Para cada parámetro se utilizó una escala de evaluación de 1 (carente o muy débil) a 5 (fuerte)

Examen	TINTOS	CHT		CHS1			CHS2			
		L	CV	NL	1/2CV	CV	1994		1995	
							NL	CV	NL	CV
Visual	Intensidad del color	3.90	4.50	2.99	3.75	4.26	2.86	4.20	4.22	4.22
	Calidad del color	3.60	3.80	2.91	3.31	3.44	2.89	4.06	3.78	3.67
Olfativo	Intensidad global y franqueza	3.11	3.33	2.34	2.86	2.78	2.61	2.94	2.56	3.14
	Calidad aromática global	3.00	3.56	2.13	2.92	2.60	2.54	2.97	2.67	3.14
Gustativo	Acidez	2.67	3.10	2.52	2.58	2.68	2.29	2.54	2.56	2.67
	Astringencia	3.00	2.70	2.65	2.81	3.14	2.61	3.23	2.78	3.00
	Estructura	3.00	2.90	2.38	3.03	3.14	2.57	3.29	3.00	3.22
	Armonía	2.90	3.00	2.16	2.94	2.58	2.57	3.06	2.56	2.88
	Duración en boca	2.89	3.00	2.61	2.85	3.13	2.68	3.23	3.13	3.22

Examen	BLANCOS	LHB			
		NL	CV	NL	CV
Olfativo	Aromas químicos y de fermentaciones	2.13	2.33	1.73	1.67
	Intensidad global y franqueza	3.07	3.07	3.07	3.27
	Calidad aromática global	3.21	3.21	3.21	3.33
Gustativo	Acidez	3.07	3.07	2.73	2.73
	Amargor	1.93	2.27	2.33	2.92
	Estructura	2.93	2.93	3.27	3.29
	Duración en la boca	2.73	2.79	3.33	3.14

L = laboreo tradicional. NL = no laboreo. 1/2 CV = césped cada dos calles. CV = césped en todas las calles.

manifiesto en las características visuales. Los vinos de plantas enyerbadas tienden a tener una mejor intensidad y calidad aromática, principalmente por sus aromas de frutos frescos y una menor presencia de olores de fermentación. En boca son más estructurados y ligeramente menos ácidos, con mayor duración pero también más amargos (Tabla VII).

## DISCUSIÓN

En nuestro estudio, el sistema de mantenimiento del suelo tuvo poca influencia sobre la

acidez y el pH de los mostos, así como en la composición aniónica. La bibliografía muestra una incidencia poco clara del tipo de laboreo sobre la acidez. Ciertos autores señalan que el enyerbado tiende a disminuirla (DESCOTES *et al.*, 1995), otros a incrementarla (MAIGRE & MURISIER, 1991; MORLAT *et al.*, 1994) y en otros casos no está afectada (ZARAGOZA *et al.*, 1984), mientras que las investigaciones de SICHER & DORIGONI (1992) indican que las variaciones de la acidez están principalmente influenciadas por las condiciones climáticas.

La cobertura vegetal tuvo, en cambio, una repercusión sobre la acumulación de azúcares,

que fue, para una misma fecha de vendimia, superior en las uvas de plantas enyerbadas. Igualmente, la maduración fenólica, es decir la riqueza en polifenoles, es más elevada en estos mostos. La reducción del vigor y de la superficie foliar generadas por la presencia de hierba (SOYER *et al.*, 1984; ZARAGOZA *et al.*, 1984; MORLAT *et al.*, 1994; RODRÍGUEZ-LOVELLE *et al.*, 1998a) supone para la vid enyerbada una mejor exposición de las hojas a la luz y un menor efecto de sombreado recíproco, lo que implica un aparato fotosintetizante reducido pero eficiente (SICHER & DORIGONI, 1992), dando origen a un microclima que favorece la maduración (MORLAT *et al.*, 1994). La cobertura vegetal mejora, así, la calidad potencial de la cosecha (MAIGRE & MURISIER, 1991; RIOU & MORLAT, 1995; SOYER *et al.*, 1995).

Por el contrario, la presencia de cobertura vegetal, competidora con la vid, redujo la composición nitrogenada de los mostos afectando a todas las formas estudiadas: nitrógeno total, amoniacal y amínico. La importancia de este efecto está relacionada con la densidad de la cobertura vegetal: la reducción es mayor en mostos de vides con césped en todas las calles que en aquellas con césped cada dos. Similares resultados han sido señalados en otras investigaciones (RIOU & MORLAT, 1995; CARSOULLE & COTTEREAU, 1995; MAIGRE *et al.*, 1995).

Mientras que el contenido de nitrógeno total se incrementa durante la maduración de la uva, se constata una reducción del nitrógeno amoniacal, asociada a su utilización en la síntesis de aminoácidos y proteínas, cuyo nivel a su vez se incrementa (KLUBA *et al.*, 1978; BATH *et al.*, 1991; KANELIS & ROUBELAKIS-ANGELAKIS, 1993). Numerosos estudios han puesto en evidencia que la concentración de aminoácidos totales de los mostos, así como las cantidades de cada uno de ellos, varían según la variedad, el portainjerto, las características climáticas de la región y del año, las condiciones de maduración, así como la fertilización y el tipo de laboreo (PEYNAUD & RIBEREAU-GAYON, 1971; HUANG & OUGH, 1991; SPONHOLZ, 1991; MAIGRE *et al.*, 1995). Los aminoácidos más abundantes en el mosto son

generalmente arginina, prolina, alanina, gamma aminobutírico, aspártico, glutámico, serina y treonina (BISSON, 1991; KANELIS & ROBELAKIS-ANGELAKIS, 1993; AERNY, 1996). Son precisamente la arginina, la alanina y el gamma aminobutírico los que, en nuestro estudio, están más afectados por la presencia de cobertura vegetal. Es interesante señalar que en presencia de hierba, no sólo hay una reducción del contenido de estos aminoácidos sino que además está modificada también su evolución. Mientras que la concentración de arginina y alanina aumenta fuertemente durante la maduración en mostos de vides con no laboreo, en mostos de enyerbadas el nivel de ambos aminoácidos se estabiliza.

El papel de las sustancias nitrogenadas en enología es primordial debido a su intervención en las fermentaciones, en el desarrollo microbiano y en la estabilidad de la limpidez de los vinos (RIBEREAU-GAYON *et al.*, 1972). El contenido de nitrógeno del mosto afecta a la producción de biomasa de levaduras, al grado de fermentación y a la duración de la misma (BISSON, 1991). AGENBACH (1977) apunta que al menos 140 mg/l de nitrógeno asimilable son necesarios para una fermentación completa por parte de las levaduras. En torno a un 60-70% del nitrógeno del mosto va a ser asimilado por las levaduras, pero no todas las formas nitrogenadas del mosto son igualmente asimiladas y, además, los diferentes compuestos son consumidos en un orden característico de preferencia (BISSON, 1991). Al inicio de la fermentación usan sobre todo el amonio, que es consumido inmediatamente (MARGHERI *et al.*, 1986) y cuando éste comienza a escasear pasan los aminoácidos. Si éstos son escasos, activan el sistema enzimático para servirse de los péptidos y proteínas (TRIOLI & PARONETTO, 1992). Tras el amonio, ciertos aminoácidos son ampliamente asimilados por las levaduras, tales como la arginina, histidina, serina, fenilalanina, valina, aspártico y glutámico, mientras que la lisina, glicina y prolina son menos fácilmente asimilables (TRIOLI & PARONETTO, 1992; ROUBELAKIS-ANGELAKIS & KLIEWER, 1992; JIRANEK *et al.*, 1995). Si la composición de aminoácidos del mosto es suficiente para las levaduras, la

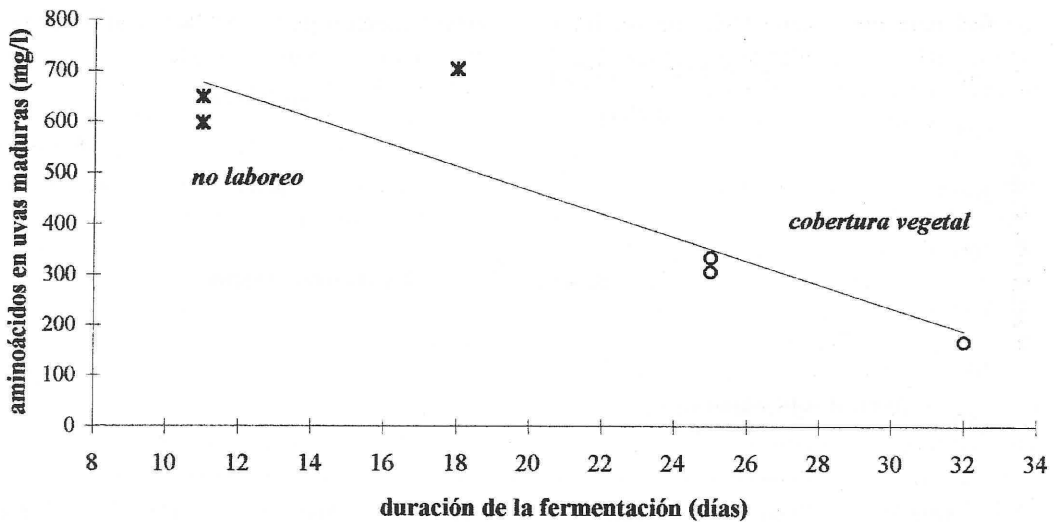


Fig. 9. Relación entre la duración de la fermentación alcohólica y el nivel de aminoácidos en las uvas maduras de Cabernet franc (parcela CHS2) en la cosecha de 1994. Efecto del tipo de laboreo.

arginina no es utilizada en grandes cantidades (SPONHOLZ, 1991). Sin embargo, este aminoácido reviste importancia debido a que es el mayor compuesto almacén de nitrógeno, es decir, primordial en las reservas de la vid (WERMELINGER, 1991; ROUBELAKIS-ANGELAKIS & KLIEWER, 1992) y por su participación en la biosíntesis de otros aminoácidos, de poliaminas y de guanidinas.

Si bien el buen transcurso de la fermentación está afectado por numerosos factores (RIBEREAU-GAYON *et al.*, 1972), la presencia de hierba y su consecuente efecto sobre la composición nitrogenada del mosto suponen, en ciertos casos, fermentaciones más largas o que incluso se detienen, siendo principalmente afectados los vinos blancos (CARSOULLE & COTTEREAU, 1995; MAIGRE *et al.*, 1995; LORENZINI, 1996). En los viñedos en estudio, se encontraron problemas de fermentabilidad en los mostos de CHS2 de la vendimia de 1994. En este viñedo y en ese año, las fermentaciones tuvieron una larga duración (hasta 32 días) en mostos de vides enyerbadas, caracterizados por una débil composición en aminoácidos. Cuando la riqueza del mosto en estos componentes es mayor, la fermentación se

desarrolla con mayor rapidez (Fig. 9). Como solución enológica a estos problemas se añadió fosfato de amonio, pero los resultados de esta adición no son siempre satisfactorios (MARGHERI *et al.*, 1986). Estos problemas de fermentabilidad asociada a la presencia de cobertura vegetal no se señalaron para las vendimias de 1995, a pesar de que siempre se constató una reducción, tanto del nitrógeno amoniacal como amínico, en las uvas de vides enyerbadas.

La naturaleza y cantidad de nitrógeno disponible para las levaduras influye también en el espectro de productos finales de la fermentación (OUGH & BELL, 1980; OUGH & HOW LEE, 1981; BISSON, 1991). Los aminoácidos pueden ser precursores de componentes organolépticos del vino, como los alcoholes superiores y, por tanto, influenciar la composición y el aroma del mismo (RAPP & VERSINI, 1991). La correlación lineal positiva ( $r^2=0.96$ ) entre el nivel de aminoácidos en uvas maduras y la cantidad de alcoholes superiores para el viñedo CHS2 sugiere una posible formación de los alcoholes a partir del metabolismo de los aminoácidos. A pesar de esta tendencia, se puede decir que en nuestro estudio

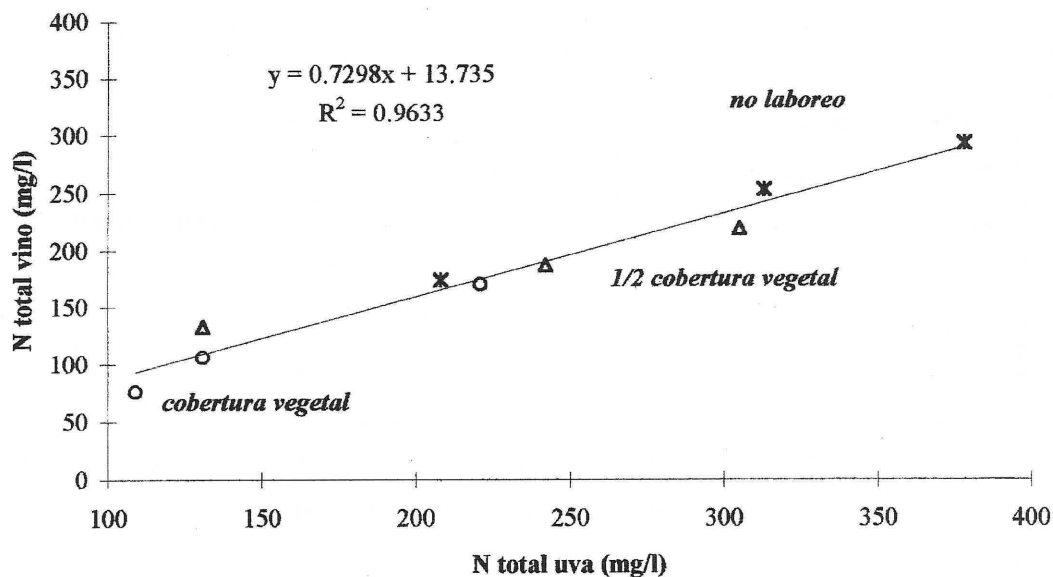


Figura 10. Relación entre el nivel de nitrógeno en el mosto y en el vino de Merlot noir (parcela CHS1) en la cosecha de 1995.

la incidencia del tipo de cultivo sobre la composición en alcoholes superiores del mosto es poco marcada.

La apreciación de los vinos a través de la cata, no puso en evidencia diferencias netas entre tratamientos. Las tendencias muestran más bien un efecto positivo de la cobertura vegetal, que parece mejorar el color y la graduación alcohólica, aspectos ya observados en las uvas antes de la fermentación. Otros autores indican también efectos favorables del enyerbado sobre la calidad del vino, principalmente en cuanto a la mejora polifenólica (NAULEAU, 1995).

Los efectos de la presencia de cobertura vegetal sobre la alimentación nitrogenada de la vid repercutieron también en el vino, cuyo contenido en este elemento está directa y estrechamente relacionado con el de la uva (Fig. 10). En las experiencias de MAIGRE *et al.* (1995) los vinos de vides enyerbadas fueron depreciados debido a un fuerte amargor y a una desnaturalización del aroma varietal. Estas características se asociaron a la pobreza en nitrógeno de los mostos y las

alteraciones en la fermentación que esto supone. Estos defectos no se señalaron para los vinos de nuestro estudio.

## CONCLUSIONES

La incidencia de la cobertura vegetal sobre las características de los mostos fue similar en todos los viñedos estudiados y puede generalizarse, aún cuando la intensidad de esta acción es función del grado de cobertura y probablemente del cultivar empleado, de su nivel de nutrición, del régimen hídrico o de las condiciones edafoclimáticas del medio. En todos los casos se ha observado una mayor calidad de la maduración de las uvas de vides enyerbadas, en lo que se refiere a riqueza en azúcares y a la composición polifenólica. Esto se tradujo, para los vinos procedentes de estas plantas, en un mayor grado alcohólico y una coloración más intensa de los tintos.

Asímismo, la presencia de hierba entre las filas de vid supuso una reducción importante de todas las formas de nitrógeno en las uvas. Sin embargo, a pesar de tratarse de mostos con escasos niveles de nitrógeno amoniacal y de aminoácidos asimilables por las levaduras, sólo en un caso se han señalado problemas de fermentación. El efecto de la cobertura vegetal sobre la composición nitrogenada del mosto se constató igualmente a nivel analítico en el vino. A nivel de degustación, en cambio, la apreciación no permitió diferenciar claramente los distintos tratamientos.

## AGRADECIMIENTOS

Begoña Rodríguez-Lovelle quiere expresar su agradecimiento al INIA por la concesión de una beca Postdoctoral para el desarrollo del trabajo presentado. Los autores agradecen a S. Milin, R. Chignon, J. Giraudon, G. Bordessoules, C. Barbot y J.C. Mounissens la estrecha e inestimable colaboración en el trabajo analítico y de campo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AERNY, J. (1996). Composés azotés des moûts et des vins. *Revue suisse Vitic. Arbor. Hortic.*, **28** (3): 161-165.
- AGENBACH, W.A. (1977). Study of must nitrogen in relation to incomplete fermentations, yeast production and fermentation. *Proc. of the South African Society for Enol. Vitic.*, 66-87.
- BATH, G.I., BELL, C.J. & LLOYD, H.L. (1991). Arginine as an indicator of the nitrogen status of wine grapes. *Proc. Inter. Symp. on Nitrogen in grapes and wine*, 202-205.
- BISSON, L. (1991). Influence of nitrogen on yeast and fermentation of grapes. *Proc. Inter. Symp. on Nitrogen in grapes and wine*, 78-89.
- CARSOULLE, J. & COTTEREAU, P. (1995). Influence de l'enherbement permanent sur la production. Premiers résultats viticoles et oenologiques obtenues en Beaujolais. *Journées Inter. sur la lutte contre les mauvaises herbes*, 1125-1132.
- DESCOTES, A., MONCOMBLE, D. & BOCQUET, F. (1995). Comparaison plurilocales de différentes techniques d'entretien du sol dans le vignoble champenois. *Journées Inter. sur la lutte contre les mauvaises herbes*, 1161-1169.
- GLORIES, Y. (1984a). La couleur des vins rouges. 1<sup>er</sup> partie: Les équilibres des anthocyanes et des tanins. *Conn. Vigne Vin*, **18** (3): 195-217.
- GLORIES, Y. (1984b). La couleur des vins rouges. 2<sup>ème</sup> partie: Mesure, origine et interprétation. *Conn. Vigne Vin*, **18** (4): 253-271.
- HUANG, Z. & OUGH, C.S. (1991). Effect of vineyard locations, varieties and rootstocks on the juice aminoacid composition of several cultivars. *Am. J. Enol. Vitic.*, **40** (2): 135-139.
- JIRANEK, V., LANGRIDGE, P. & HENSCHKE, P.A. (1995). Aminoacid and ammonium utilization by *Saccharomyces cerevisiae* wine yeast from chemically defined medium. *Am. J. Enol. Vitic.*, **46** (1): 75-83.
- KANELLIS, A.K. & ROUBELAKIS-ANGELAKIS, K.A. (1993). Grape. In: Seymour, G., Taylor, J. & Tucker, G. (Eds.), *Biochemistry of fruit ripening*, Chapter. 6: 189-234. Chapman & Hall, London.
- KLUBA, R.M., MATTICK, L.R. & HACKLER, L.R. (1978). Changes in the free and total aminoacids composition of several *Vitis labruscana* varieties during maturation. *Am. J. Enol. Vitic.*, **29** (2): 102-111.
- LORENZINI, F. (1996). Teneur en azote et fermentescibilité des moûts de Chasselas. *Revue suisse Vitic. Arbor. Hortic.*, **28** (3): 169-174.
- MAIGRE, D., AERNY, J. & MURISIER, F. (1995). Entretien des sols viticoles et qualité des vins de Chasselas: influence de l'enherbement permanent et de la fumure azotée. *Revue suisse Vitic. Arbor. Hortic.*, **27** (2): 237-251.
- MAIGRE, D. & MURISIER, F. (1991). Bilan intermédiaire d'un essai d'entretien du sol en viticulture. *Revue suisse Vitic. Arbor. Hortic.*, **23** (6): 343-349.
- MARGHERI, G., VERSINI, G., PELLEGRINI, R. & TONON, D. (1986). L'azoto assimilabile e la tiamina in fermentazione, loro importanza quali fattori di qualità dei vini. *Vini d'Italia*, **3**: 71-86.
- MORLAT, R., JACQUET, A. & ASSELIN, C. (1994). Principaux effets de l'enherbement permanent contrôle du sol dans un essai de longue durée en Anjou. *Rencontre sur l'enherbement des vignes, Touraine (France)*.
- NAULEAU, F. (1995). Nouvelles techniques d'entretien des sols viticoles. Conséquences oenologiques. *Phytoma. La défense des végétaux*, **478**: 47-48.

- NEYROUD, J.A. & PARISOD, J.F. (1983). Disponibilité de l'azote minéral pur la vigne en relation avec diverses fumures et techniques culturales. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.*, **15** (6): 367-371.
- OUGH, C.S. & BELL, A.A. (1980). Effects of nitrogen fertilization of grapevines on aminoacid metabolism and higher-alcohol formation during grape juice fermentation. *Am. J. Enol. Vitic.*, **31** (2): 122-123.
- OUGH, C.S. & HOW LEE, T. (1981). Effect of vineyard nitrogen fertilization level on the formation of some fermentation esters. *Am. J. Enol. Vitic.*, **32** (2): 125-127.
- PEYNAUD, E. & RIBEREAU-GAYON, P. (1971). The grape. In: Ac. Hulme (Ed.), *The biochemistry of fruits and their products*. vol 2, chapter 4. Acad. Press, London, New York.
- RAPP, A. & VERSINI, G. (1991). Influence of nitrogen compounds in grape on aroma compounds of wines. *Proc. Inter. Symp. on Nitrogen in grapes and wine*, 156-164.
- RIBEREAU-GAYON, P., PEYNAUD, E. & SUDRAUD, P. (1972). *Sciences et techniques du vin. Traité d'oenologie. Tome 1. Analyse et contrôle du vin*. Dunod, Paris.
- RIOU, C. & MORLAT, R. (1995). Premiers résultats concernant les effets de l'enherbement permanent contrôle du sol sur la vigne et le vin, en interaction avec la diversité des terroirs du vignoble saumurois. *Journées Inter. sur la lutte contre les mauvaises herbes*, 1137-1144.
- RODRÍGUEZ-LOVELLE, B., SOYER, J.P. & MOLOT, C. (1998a). Nitrogen availability in vineyard soil according to soil management practices. Effects on vine. *ISHS-series Acta Horticulturae* (en prensa).
- RODRÍGUEZ-LOVELLE, B., SOYER, J.P. & MOLOT, C. (1998b). Efectos del enherbado en viticultura sobre la nutrición mineral, el rendimiento y el vigor. *Investigación Agraria : Producción y Protección Vegetales* (en prensa).
- ROUBELAKIS-ANGELAKIS, K.A. & KLIEWER, W.M. (1992). Nitrogen metabolism in grapevine. *Horticultural Reviews*, **14**: 407-452.
- SICHER, L. & DORIGONI, A. (1992). Influenza delle tecniche di gestione del suolo sull'attività vegeto-produttiva della vite e sui parametri qualitativi del mosto. *Proc. 4<sup>th</sup> Inter. Symp. Grapevine Physiol.*, 99-102.
- SOYER, J.P., DELAS, J., MOLOT, C., ANDRAL, P. & CASTERAN, P. (1984). Techniques d'entretien du sol en vignoble bordelais. Conséquences sur la vigne (production, vigueur, enracinement, nutrition) et sur le sol après 20 ans d'expérimentation. *Le Progrès Agricole et Viticole*, **101** (12): 315-320.
- SOYER, J.P., MOLOT, C., BERTRAND, A., GAZEAU, O., R. LOVELLE, B. & DELAS, J. (1995). Influence de l'enherbement sur l'alimentation azotée de la vigne et sur la composition des mûts et des vins. In : Lavoisier (Ed.), *Actualités Oenologiques 1995*. 5<sup>ème</sup> Symp. Inter. Oenologie, TEC & DOC, 81-84. Paris.
- SPONHOLZ, W.R. (1991). Nitrogen compounds in grapes, must and wine. *Proc. Inter. Symp. on Nitrogen in grapes and wine*, 67-77.
- SPRING, J.L. & MAYOR, J.P. (1996). L'entretien des sols viticoles. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.*, **28** (1): 83-86.
- TRIOLI, G. & PARONETTO, I. (1992). Relazioni tra componenti azotate dei mosti e qualità dei vini. *Vignevini*, **1/2**: 29-36.
- WERMELINGER, B. (1991). Nitrogen dynamics in grapevine : physiology and modeling. *Proc. Inter. Symp. on Nitrogen in grapes and wine*, 23-31.
- ZARAGOZA, C. & DELGADO, I. (1996). Un ensayo de coberturas vegetales en viña. *ITEA*, **17**: 404-405.
- ZARAGOZA, C., FRANCO, E. & SOPEÑA, J.M. (1984). Influencia de la reducción del laboreo en la producción de la vid y en algunas características cualitativas de las uvas, el mosto y el vino. *ITEA*, **7**: 253-264.