

INVESTIGACIÓN

EFFECTO DE CAPAS ENDURECIDAS DE SUELOS SOBRE EL POTENCIAL PRODUCTIVO DE VIÑEDOS, ALTO VALLE DE RÍO NEGRO, PATAGONIA, ARGENTINA

Effect of soil hardened layers on productive potential of vineyards, Alto Valle of Rio Negro, Patagonia, Argentina

Alicia Apcarian¹, *María del C. Echenique¹, María C. Aruani¹ y Pablo Reeb¹

ABSTRACT

On Aridisol in the Alto Valley of Rio Negro, Argentina, the effect of hardened soil horizons on productive potential of *Vitis vinifera* L. cv. Merlot, Malbec and Cabernet Sauvignon was studied. The study was performed during the 2002-2003 season in 15.5 ha of vineyards. Sixty-one sampling sites were established. Yield components (weight/grape, cluster number/vine, cluster weight, vine yield and yield/ha), and quality factors (soluble solids, total titratable acidity, pH and berry skin/pulp relation and % soluble solid/berry weight) were determined on the vine. The soils were evaluated by measuring: type, thickness, and depth of the horizons, textural classes, and resistance to penetration, depths of mottles, the gravel and phreatic layers. The edaphic variables were analyzed using the principal components of soil, and 67% of the variability was explained by the three main components. This allowed the definition of five soil groups, and establishing mean soil values and vine variables for each group, via an ANOVA analysis and comparison of means. The production was significantly reduced ($P < 0.05$) with a tendency to have differentiated quality when soils have a depth of 35 cm or less, Btn or Ckx horizons, are extremely hard, with a thickness of 32 cm or more and resistance to penetration greater than 3MPa. These characteristics were observed in most of the Durinodic Natrargids and Aquic Durinodic Haplocalcid, with Merlot yields of 5,645 and 5,775 kg ha⁻¹, respectively. Higher yields were obtained on Aquic Natrargids (12,524.6 kg ha⁻¹), Durinodic and Typic Haplocambids (12,891.7 kg ha⁻¹). Similar behavior was observed in other cultivars.

Key words: aridisol, grapevine, Merlot, Malbec, Cabernet Sauvignon, resistance to penetration, principal components.

RESUMEN

En Aridisoles del Alto Valle de Río Negro, Argentina, se estudió el efecto de horizontes endurecidos sobre el potencial productivo de *Vitis vinifera* L., cultivares Merlot, Malbec y Cabernet Sauvignon. El trabajo se realizó durante la temporada 2002-2003 en 15,5 ha de viñedos. Se establecieron 61 sitios de muestreo. En vid se determinaron: peso/baya, n° racimos/planta, peso/racimo, producción/planta, sólidos solubles, acidez titulable, pH del mosto y las relaciones hollejo/pulpa y °Brix/peso baya. Se describieron los suelos midiendo: tipo, espesor y profundidad de los horizontes, textura, resistencia a la penetración, profundidades de los moteados, a la grava y a la capa freática. Las variables edáficas fueron analizadas mediante componentes principales, explicando las 3 primeras el 67 % de la variabilidad. Esto permitió definir cinco grupos de suelos, establecer los valores medios de variables del suelo y cultivo para cada grupo, efectuándose un ANDEVA y una comparación de medias. La producción disminuyó significativamente ($P < 0,05$), manifestando una tendencia a tener una calidad diferenciada, cuando los suelos poseen a una profundidad de 35 cm o menos, horizontes Btn y/o Ckx, extremadamente duros, con espesores mayores a 32 cm y resistencia a la penetración mayor a 3 MPa. Estas características fueron observadas en la mayoría de Natrargides durinódicos y en Haplocalcides ácuicos durinódicos, obteniéndose para el cv. Merlot rendimientos de 5.645 y 5.775 kg ha⁻¹, respectivamente. Niveles de producción mayores se obtuvieron sobre Natrargides ácuicos (12.524,6 kg ha⁻¹) y Haplocambides durinódicos y típicos (12.891,7 kg ha⁻¹). Similar comportamiento se observó en los otros cultivares.

Palabras clave: aridisoles, vid, Merlot, Malbec, Cabernet Sauvignon, resistencia a la penetración, componentes principales.

¹ Universidad Nacional del Comahue, Facultad de Ciencias Agrarias, CC 85, (8303), Cinco Saltos, Argentina.

E-mail: aapcarian@neunet.com.ar

* Autor para correspondencia.

Recibido: 03 de febrero 2005.

Aceptado: 20 de octubre 2005.

INTRODUCCIÓN

La intensiva actividad agrícola del Alto Valle de Río Negro, Argentina, se ha desarrollado sobre el piso del valle, conformado por terrazas fluviales cuyos suelos pertenecen al orden Entisol (28,4 %) y Aridisol (61,4 %) totalizando ambos órdenes 64.000 ha (Ricardo Reichart, 2004. Director Latinoconsult S.A., Buenos Aires, comunicación personal). En los Aridisoles se han identificado 18.000 ha de suelos con horizontes densificados y/o endurecidos dentro de la zona de enraizamiento. Estas capas, presentes a profundidades variables, con densidad aparente entre 1,5 y 1,9 g cm⁻³, elevados valores de resistencia a la penetración, 2,7 a 3,4 MPa, y con mínima porosidad de aireación, limitan la circulación del agua y del aire, reducen la profundidad efectiva de los suelos y la aptitud de las tierras, habiéndose comprobado su influencia negativa sobre la producción de manzanos y perales (Apcarian, 1999), principal actividad agrícola de la región.

Aunque la vid (*Vitis vinifera*) no es dominante en la región, existen unas 4.000 hectáreas dedicadas a producción de vinos, con predominio de variedades con buenas cualidades enológicas, destacándose entre ellas los cultivares tintos Merlot y Malbec, con unas 600 ha cada uno y predominio de sus varietales (Alcides Llorente, 2003. Responsable área vitícola, Estación Experimental INTA Alto Valle, comunicación personal), ocupando algunos de dichos viñedos suelos con horizontes endurecidos.

Al estudiar los factores que influyen en la calidad del vino, diversos autores, Smart *et al.* (1985a; 1985b); Meinert y Busacca (2000) y Hunter y Archer (2001) distinguen los factores permanentes –relacionados con condiciones del medio (clima y suelo) y de la planta (variedad y patrón)– y las actividades humanas, ligadas a la producción y transformación de los productos de la viña. Smart *et al.* (1985a); Corino y Caló (2001); Hunter y Archer (2001) y Kobus (2002) señalan como factores edáficos que condicionan la producción de uva a la composición química, la profundidad, la textura y la oferta de agua y nutrientes. Champagnol (2003) sostiene que la dimensión de las bayas es el resultado de la interacción entre la fertilidad del medio y la cantidad de azúcares suministrados a cada baya. Las bayas pequeñas pueden provenir de una baja

cosecha en terreno muy pobre con potencial cualitativo elevado o de una cosecha muy abundante con un muy débil potencial cualitativo cualquiera que sea el suelo.

Si bien distintos autores han estudiado diversos efectos del suelo sobre la vid, son escasos los trabajos en la zona del Alto Valle de Río Negro. Dado que la vid se cultiva en una amplia gama de suelos y considerando la amplia distribución de suelos con capas densificadas y/o endurecidas en el valle y sus limitaciones para el uso frutícola, es de interés avanzar en el conocimiento sobre el comportamiento de la vid en estos suelos a fin de determinar su aptitud para el uso vitícola y posibilitar usos alternativos de los mismos.

El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de capas endurecidas de suelos sobre el potencial productivo de los cultivares Malbec, Cabernet Sauvignon y Merlot en viñedos del Alto Valle de Río Negro, Argentina.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se efectuó durante la temporada 2002-2003 en viñedos comerciales del ejido municipal de la ciudad de Gral. Roca, Provincia de Río Negro (39° 05' lat. Sur, 67° 09' long. Oeste, altura 190 m.s.n.m.) sobre 15,5 ha de viñedos con diferentes cultivares de *Vitis vinifera* L.: Merlot, Cabernet Sauvignon y Malbec. Dichos viñedos se ubican en diferentes cuarteles dispersos en un radio de 400 ha sobre la terraza fluvial subreciente del Alto Valle de Río Negro. El clima del área se caracteriza por presentar una precipitación media anual de 246,7 mm, concentrada en otoño y primavera y una elevada evapotranspiración, acentuada por la acción prácticamente continua del viento. La temperatura media anual es de 14,2°C, la amplitud térmica de 16°C y el déficit hídrico anual es de 550 mm (Servicio Meteorológico Nacional, 1992). El clima edáfico queda definido como arídico y térmico, tornando imprescindible el cultivo bajo riego.

Los viñedos, implantados en el año 1979 y pertenecientes a un mismo productor, están conducidos en contraespaldera de dos pisos con poda mixta tipo Guyot, con distancia entre hileras de 2,4 m y 2 m entre plantas. El manejo del cultivo se efectuó según prácticas culturales habituales para este cultivo en la región de estudio. Durante el

ciclo analizado se aplicaron 5 riegos gravitacionales, distribuidos mensualmente durante los meses de octubre a febrero. Fue fertilizado con 70 unidades ha^{-1} de nitrógeno (NO_3NH_4), repartidas en 40 y 30 unidades en primavera y otoño, respectivamente. Fila por medio fue subsolado a 30 cm de profundidad. Se efectuaron dos tratamientos fitosanitarios para control de oídio a base de azufre micronizado. El suelo entre hileras se mantuvo con cobertura verde espontánea, mientras que en la línea de plantación se aplicó herbicida. Se realizó un esquema de muestreo dividiendo sistemáticamente la superficie en cuadros de 50 por 50 m, tomando en cada cuadro un sitio de muestreo al azar, totalizando 61 sitios. En cada sitio se midieron características del cultivo y del suelo.

Determinaciones edáficas

En cada sitio se describió el perfil del suelo hasta 60 cm y posteriormente se barrenó hasta detectar la presencia de grava y/o la capa freática, o en ausencia de estas hasta una profundidad de 2 m. Las características edáficas descritas -con énfasis en aquellas relacionadas con características de la tierra que inciden en las condiciones de enraizamiento, disponibilidad de agua y de oxígeno- fueron las siguientes: espesor de los horizontes A, Bt, Bw y AC, profundidad y espesor del horizonte más endurecido y/o densificado de cada perfil, textura, carbonatos y profundidades de los moteados, a la grava y a la capa freática, siguiendo las normas de reconocimiento del USDA (Schoeneberger *et al.*, 1998). Conjuntamente se midió la resistencia a la penetración de cada horizonte, con 6 repeticiones, utilizando un penetrómetro de cono analógico (ASAE S 313, Dickey-John, Auburn, Illinois, USA). De la información obtenida se seleccionaron sitios para la descripción y muestreo de perfiles modales, analizando en las muestras de suelo, materia orgánica (Walkey y Black), nitrógeno total (Kjeldahl), fósforo (Olsen), potasio intercambiable (en acetato de amonio), textura (Bouyoucus), pH en agua medido sobre pasta saturada de suelo, conductividad eléctrica específica y porcentaje de sodio intercambiable. Se clasificaron los suelos hasta nivel de familia según Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1996).

Determinaciones en el cultivo

Las determinaciones sobre el cultivo en cada lugar de muestreo se efectuaron sobre tres plantas, midiéndose variables que constituyen factores del rendimiento y de la calidad, y caracterizan el

potencial productivo de los cultivares. Alcanzado el período de vendimia, se determinó el número de racimos por planta, por conteo directo. Se cosecharon cinco racimos de cada una de ellas, procediéndose a medir peso medio de racimo en gramos y con balanza de 0,1 g de precisión. Se estableció la producción por planta en kg, como el producto entre peso medio de racimo y número de racimos por planta y la producción por ha en kg. Se evaluaron como factores de calidad características físicas y químicas del fruto. La relación hollejo/pulpa de la baya fue calculada como el cociente entre superficie y volumen de 100 bayas, determinándose el volumen y calculando la superficie asumiendo la forma esférica de las mismas (Petrie *et al.*, 2000). El peso unitario de la baya, determinado como peso de 100 bayas/100 para cada una de las plantas que integraban los sitios de muestreo, fue considerado solo y en interacción con la acumulación de sólidos solubles (relación °Brix/peso de baya). Sobre muestras de mosto provenientes de la molienda de los racimos cosechados en cada sitio de muestreo, se determinaron los sólidos solubles expresados en °Brix y medidos por refractometría, la acidez total en g L^{-1} de ácido tartárico medida por volumetría con Bromo Timol Azul como indicador (CONSLEG, 2003) y pH del mosto.

Análisis estadístico

El estudio de las variables edáficas se realizó mediante el análisis multivariado de componentes principales (Webster, 1979). Se evaluaron en una matriz de correlación nueve variables edáficas utilizando el software Infostat Profesional 1.6 (Infostat, 2004). La variable familia textural (clase por tamaño de partículas según Soil Survey Staff, 1996) se codificó, estableciéndose los siguientes códigos: 1: limosa fina; 2: limosa gruesa; 3: franco gruesa; 4: franco fina; 5: limosa gruesa sobre franco gruesa. No se incluyeron en la matriz las variables carbonatos, profundidad a la grava y a la capa freática, ya que análisis previos determinaron que las mismas no eran significativas en la explicación de la variabilidad entre sitios. El análisis de los resultados se basó en interpretar las tres primeras componentes principales: (CP1), (CP2) y (CP3), considerándose las correlaciones mayores a 0,5 entre cada componente principal y las variables originales. Establecidos los grupos de sitios mediante análisis de componentes principales, se obtuvieron los valores medios de cada uno de los parámetros del suelo y del cultivo analizados para cada grupo. Se

realizó un análisis de varianza (ANDEVA) de un solo factor y la comparación de medias según el test de Tukey-Kramer para modelos desbalanceados, con un nivel de significancia del 0,05. Se utilizó para ello el procedimiento GLM del Programa Estadístico SAS 8 (SAS, 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de las variables edáficas por componentes principales

La variación de la información explicada por la componente 1 (CP1), 2 (CP2) y 3 (CP3) es de 35%, 17% y 15%, respectivamente, acumulando entre las dos primeras el 51% de la inercia total y 67% de la misma con la componente 3 (CP3).

El Cuadro 1 muestra los valores de correlación entre las CP1, CP2 y CP3 y las variables edáficas. La Figura 1 presenta la distribución de los sitios de muestreo y el sentido de variación de las variables edáficas según los dos primeros ejes (CP1 y CP2). Según la CP1 los sitios se distribuyeron en función de las variables: espesor del horizontes Bt y espesor del horizonte Bw, mostrando también su influencia la familia textural, la resistencia a la penetración del horizonte más densificado de cada perfil, el espesor y la profundidad del horizonte más densificado. En la CP2, las variables con mayor incidencia fueron: espesor del horizonte AC y del horizonte más

Cuadro 1. Valores de correlación entre los componentes principales (CP) y las variables edáficas.

Table 1. Correlation values between principal components (CP) and soil variables.

Variabes	Unidades	CP1	CP2	CP3
EHA	cm	-0,19	-0,02	0,83
EHBt	cm	0,89	-0,24	0,18
EHBw	cm	-0,89	0,10	0,04
PHD	cm	-0,49	0,43	0,57
EHD	cm	0,52	0,60	0,17
RHD	MPa	0,69	0,41	-0,03
EHAC	cm	0,06	0,74	-0,40
Pmot	cm	0,06	-0,38	-0,11
FT	Clase	-0,74	0,13	-0,38

EHA: espesor del horizontes A; EHBt: espesor del horizonte Bt; EHBw: espesor del horizonte Bw; PHD: profundidad del horizonte más endurecido/densificado; EHD: espesor del horizonte más endurecido/densificado; RHD: resistencia a la penetración del horizonte más endurecido/densificado; EHAC: espesor del horizonte AC; Pmot: profundidad a los moteados; FT: familia textural según Soil Taxonomy, 1996

densificado, teniendo esta última influencia en las dos componentes. Por último, en la CP3 los parámetros que explican la variabilidad entre suelos estuvieron asociados al espesor del horizonte A y a la profundidad del horizonte más densificado.

A partir de este análisis general se pudieron diferenciar cinco grupos (Figura 1) y la permanencia en forma aislada de uno de los sitios estudiados (sitio 9) caracterizados según se describe.

Caracterización de los grupos de suelos

En el Cuadro 2 se muestra la comparación de medias para las variables edáficas cuantitativas en cada grupo de suelo

Taxonómicamente todos los suelos pertenecen al orden Aridisol, subórdenes Argides, Cambides y Calcides, con diferentes grandes grupos, subgrupos y familias texturales. Dentro de los subgrupos, dominan los durinódicos y ácuicos, términos que reflejan la presencia de capas endurecidas y condiciones de drenaje deficiente, respectivamente. La familia textural dominante es la limosa fina.

El grupo 1 incluye el 42,62% de los sitios muestreados. Lo componen suelos que poseen horizontes Bt espesos, densificados, con valores elevados de resistencia a la penetración (3,16 MPa). Está compuesto por Natrargides, dominando los grandes grupos durinódicos sobre los ácuicos, ambos con familia textural limosa fina.

El grupo 2 representa el 21,31% de la muestra. También incluye suelos con horizontes Bt que se diferencian ($P < 0,05$) del grupo anterior por ser más profundo, de menor espesor, con menor valor de resistencia a la penetración y por un espesor del horizonte A algo mayor. Lo conforman Natrargides, con dominio de los ácuicos sobre los durinódicos y con familia textural limosa fina.

El grupo 3 incluye el 16,39% de los suelos muestreados, que a diferencia de los anteriores, presentan horizonte Bw (cámbico) y los menores valores de resistencia a la penetración de todos los sitios. Dominan los Haplocambides ácuicos sobre los Haplocambides típicos, ambos con familia limosa fina sobre franco gruesa.

El grupo 4 representa el 13,11% de la muestra. Al igual que el grupo 3, se separa de los restantes grupos por poseer suelos con horizontes Bw

(cámbico), diferenciándose ($P < 0,05$) del grupo 3 por poseer un horizonte endurecido (Ckx) a mayor profundidad y un mayor espesor del horizonte A. Está constituido por Haplocambides durinódicos, familia limosa gruesa.

El grupo 5 incluye sólo el 4,11% de los suelos. No poseen horizonte B y se diferencian ($P < 0,05$) de los grupos 2, 3 y 4 por sus elevados valores de resistencia a la penetración del horizonte endurecido y un

espesor del mismo mayor al de los grupos 2 y 3. Este horizonte se presenta cementado en forma discontinua por carbonato de calcio. Pertenecen al subgrupo Haplocalcides ácuicos durinódicos, familia limosa gruesa.

El suelo del sitio 9, no incluido en los grupos, posee un horizonte Bw (cámbico) y el horizonte con mayor resistencia a la penetración se detecta a 70 cm de profundidad. Corresponde con Acuicambides

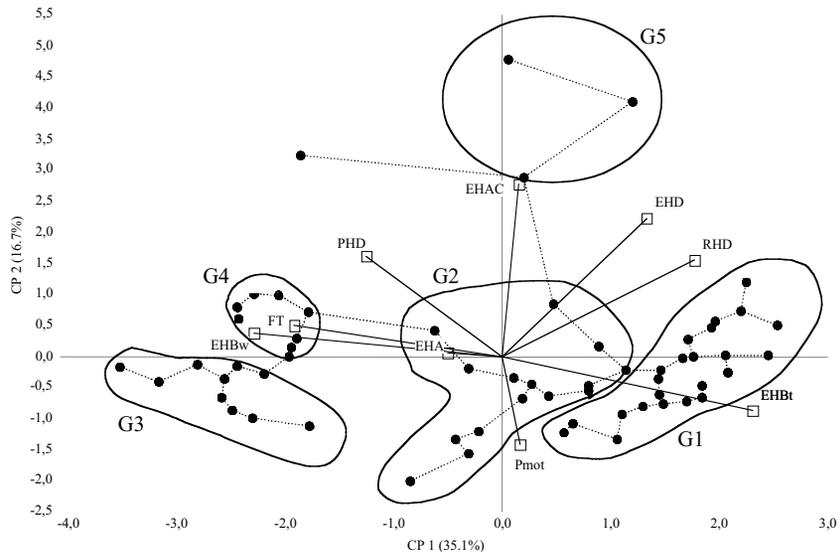


Figura 1. Biplot del análisis de componentes principales de los sitios de suelos en función de las variables edáficas.
Figure 1. Biplot analysis of principal components of soil sites as a function of soil variables.

G: Grupo de suelos; Cuadrado = variables; círculos = sitios; línea de puntos = árbol de recorrido mínimo; EHA: espesor del horizontes A; EHBt: espesor del horizonte Bt; EHBw: espesor del horizonte Bw; PHD: profundidad del horizonte más endurecido/densificado; EHD: espesor del horizonte más endurecido/densificado; RHD: resistencia a la penetración del horizonte más endurecido/densificado; EHAC: espesor del horizonte AC; Pmot: profundidad a los moteados; FT: familia textural según Soil Taxonomy, 1996.

Cuadro 2. Valores promedio de las variables edáficas cuantitativas de los suelos que conforman los grupos.
Table 2. Mean values of quantitative edaphic variables of the soils that form the groups.

Variables edáficas	Grupo de suelos (G) ¹					Sitio 9	P Value
	G1 (26)	G2(13)	G3(10)	G4(8)	G5(3)		
EHA (cm)	18,27 b	23,46 a	17,00 b	28,25 a	15,67 b	15,00	0,0001
EHBt (cm)	34,27 a	24,07 b	-	-	-	-	0,0100
EHBw (cm)	-	-	19,10 a	20,25 a	-	23,00	0,2226
PHD (cm)	19,42 c	35,15 ab	26,30 bc	44,50 a	32,67 abc	70,00	0,0001
EHD (cm)	32,80 a	22,15 b	18,10 b	25,87 ab	36,67 a	60,00	0,0001
RHD (MPa)	3,13 a	2,60 b	2,46 b	2,67 b	3,36 a	3,20	0,0001
EHAC (cm)	-	-	-	-	13,33	-	-
Pmot (cm)	65,27 a	60,15 a	68,00 a	46,00 a	44,33 a	70,00	0,4431

(¹) N° de sitios que integran el grupo. Medias con distintas letras en una misma fila son significativamente diferentes. Test de Tukey-Kramer ($P < 0,05$).

sódicos, familia limosa fina sobre franco gruesa. El Cuadro 3 sintetiza las propiedades químicas de los perfiles modales de cada grupo de suelos. Son suelos calcáreos desde superficie, con diferentes tenores de salinidad y sodicidad. Están pobremente a medianamente provistos con materia orgánica y nitrógeno, con muy altos valores de potasio intercambiable, siendo variable la disponibilidad de fósforo.

Comportamiento productivo y de calidad del cultivo sobre los suelos de cada grupo

Los Cuadros 4, 5 y 6 muestran el comportamiento productivo y de calidad de cada cultivar sobre cada grupo de suelos. Se observó en todos los sitios y para los tres cultivares una alta variabilidad en los niveles de producción, situación también registrada en otros viñedos del mundo, según detallan Bramley y Lamb, 2003; Esser y Ortega, 2003. Por otra parte, Mulla y Schepers (1997) citados por García (2002) señalan que en el manejo de sitio específico, la extensa variabilidad en la productividad de los cultivos es la norma más que la excepción. Esto sumado a la distinta representatividad de los valores medios por tratarse de un modelo desbalanceado dificulta la interpretación del valor de P del efecto fijo, cuando dicho valor se encuentra cercano al valor crítico (Quinn y Keough, 2002). En estas situaciones las separaciones de medias fueron señaladas a nivel de tendencia en la discusión de cada cultivar.

Cultivar Merlot

Los valores obtenidos para las variables estudiadas en el cv. Merlot se muestran en el Cuadro 4. Los grupos 2 y 3 de este cultivar no presentaron diferencias entre ellos al evaluar los parámetros de cantidad y calidad de la producción. El grupo 1 se diferenció de éstos por su menor nivel de producción sin que ello implicara una mejora significativa de la calidad obtenida. Similar a este grupo fue el grupo 5, que si bien no mostró diferencias significativas con los grupos 2 y 3, manifestó una tendencia a separarse de éstos a raíz de un menor nivel de producción. El sitio 9 no se diferenció de los grupos anteriores, aunque los valores medios obtenidos para éste fueron más similares a los de los grupos 1 y 5.

Cultivar Malbec

En el cv. Malbec (Cuadro 5) la mayor producción correspondió a los sitios del grupo 4, que se diferenciaron de los incluidos en el grupo 1 y 5 a un nivel de significancia del 5 y 10%, respectivamente. Estos resultados se relacionan con un mayor peso de racimos y de bayas de los sitios del grupo 4. Los sitios de los grupos 2 y 3 no se diferenciaron entre ellos y de los otros grupos, aunque a un nivel de significancia del 10% el grupo 3 se separó de los grupos 1 y 5. La baja producción del grupo 1 estuvo acompañada de una calidad diferenciada que se manifestó en racimos con bayas pequeñas, alta acumulación de azúcares y una mayor relación

Cuadro 3. Valores promedio y rango de propiedades químicas de perfiles modales de cada grupo de suelos.
Table 3. Mean values and range of chemical properties of modal profiles in each group of soils.

Propiedades	Grupo de Suelos				
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5
MO (%)	1,19	1,7	2,32	2,63	1,94
	1-1,3	1,6 - 1,7	2,2-2,5	2,4-2,8	1,5-2,5
Nt (%)	0,09	0,11	0,12	0,14	0,09
	0,08-0,1	0,09-0,11	0,1-0,12	0,1-0,17	0,04-0,16
K (cmol+ kg ⁻¹)	2,41	2,72	2,4	2,38	2,21
	2,1-2,5	2,5-2,9	1,7-2,8	1,8 -2,6	1,3-2,7
P (mg kg ⁻¹)	8,73	17,27	14,2	24,5	13,7
	5,9-13,4	10-24	10-15,3	11-24,5	10,2-17,1
pH	7,58	7,49	7,32	7,55	7,39
	7,0 -8,1	6,8 -7,9	7,0-7,7	6,6-8,5	6,9-7,6
CEE (dS m ⁻¹)	4,15	4,32	3,57	6,05	1,36
	1,5-8,3	0,6 -11,3	1,5-7,9	1,3-17,7	0,17-9,53
PSI	6,13	5,2	3,10	7,60	7,04
	2,5-25	2,7-19,3	3-12	2,3-19	5,2-13,2

Los valores de MO (materia orgánica), Nt (nitrógeno total), K potasio intercambiable y P (fósforo) se corresponden con valores del horizonte A. Los valores pH, CEE (conductividad eléctrica específica) y PSI (porcentaje de sodio de intercambio) se corresponden con valores promedio de todo el perfil de suelo.

Cuadro 4. Factores del rendimiento y la calidad en el cv. Merlot. Valores medios de cada grupo de suelos.**Table 4. Components of the yield and quality factors of production in cv. Merlot. Means value for each soil group.**

Variables	Grupo de suelos					P Value
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Sitio 9	Grupo 5	
Factores del rendimiento						
Peso de baya (g)	1,06 a	1,32 a	1,23 a	1,22 a	1,18 a	0,1539
Peso de racimo (g)	75,17 b	145,56 a	143,57 a	98,67 ab	87,57 ab	0,0022
Nº de racimos pta ⁻¹	23,94 a	33,65 a	34,67 a	24,00 a	26,33 a	0,0487
Producción pta ⁻¹ (kg)	2,26 b	5,01 a	5,16 a	2,57 ab	2,31 ab	0,0053
Producción ha ⁻¹ (kg)	5.645,40 b	12.524,60 a	12.891,70 a	6.425,00 ab	5.775,0 ab	0,0053
Factores de calidad						
Relación hollejo/pulpa	1,07 a	0,98 a	0,99 a	0,99 a	1,01 a	0,1582
Sólidos solubles (°Brix)	25,80 a	25,20 a	24,90 a	24,60 a	25,40 a	0,3000
Relación °Brix/peso de baya	28,27 a	20,39 a	21,11 a	20,28 a	21,52 a	0,1252
Acidez titulable (g L ⁻¹)	5,14 a	5,34 a	5,40 a	5,025 a	6,97 a	0,0555
pH	3,85 a	3,84 a	3,82 a	3,94 a	3,76 a	0,0128

Medias con distintas letras en una misma fila son significativamente diferentes. Test de Tukey-Kramer (P < 0,05).

Cuadro 5. Factores del rendimiento y la calidad en el cv Malbec. Valores medios de cada grupo de suelos.**Table 5. The yield and quality factors in cv Malbec. Mean values for each soil group.**

Variables	Grupo de Suelos					P Value
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	
Factores del rendimiento						
Peso de baya (g)	0,47 c	1,39 ab	1,31 b	1,63 a	1,02 b	0,0001
Peso de racimo (g)	30,20 b	64,30 ab	76,39 ab	106,43 a	41,13 b	0,0005
Nº de racimos pta ⁻¹	13,00 b	25,33 ab	34,25 a	26,72 ab	13,33 b	0,0011
Producción pta ⁻¹ (kg)	0,46 b	1,73 ab	2,69 ab	2,80 a	0,573 ab	0,0083
Producción ha ⁻¹ (kg)	1.152,50 b	4.336,70 ab	6.730,02 ab	7.020,80 a	1.433,3 ab	0,0083
Factores de calidad						
Relación hollejo/pulpa	1,35 a	0,98 bc	0,98 b	0,91 c	1,06 b	0,0001
Sólidos solubles (°Brix)	27,70 a	25,60 abc	25,55 b	24,33 c	26,40 ab	0,0001
Relación °Brix/peso de baya	60,72 a	18,77 bc	20,22 b	15,32 c	26,01 b	0,0001
Acidez titulable (g L ⁻¹)	8,62 a	5,85 b	5,76 b	6,17 b	5,70 b	0,0001
pH	3,49 c	3,88 a	3,89 a	3,80 b	3,87 a	0,0001

Medias con distintas letras en una misma fila son significativamente diferentes. Test de Tukey-Kramer (P < 0,05).

hollejo/pulpa, mientras que mantuvo un nivel de acidez más elevado que el de los otros grupos. En contraposición el grupo 4, fue el que más se diferenció de este grupo, al presentar las bayas más grandes y menos azucaradas, y la menor relación hollejo/pulpa. Los grupos 2 y 3 no se diferenciaron entre ellos, si lo hicieron del grupo 1. Mostraron una tendencia a diferenciarse de los grupos 4 y 5, confirmándose la diferenciación del grupo 3 respecto del 4 para un nivel de significancia del 5%.

Cultivar Cabernet Sauvignon

El cv. Cabernet Sauvignon (Cuadro 6) presentó en el grupo 1 menores valores de producción que en el grupo 2. Esta tendencia se manifestó también respecto de los grupos 3 y 4, sin embargo las diferencias no fueron estadísticamente significativas afectadas por la gran variabilidad ya explicitada. Los cultivos de los grupos 2, 3 y 4 no se diferenciaron entre ellos. El grupo 5 tuvo un comportamiento similar al grupo 1 y tendió a diferenciarse de los restantes aunque no

significativamente. El grupo 1 alcanzó la mayor acumulación de sólidos solubles a la fecha del muestreo, lo que los hizo diferenciarse de los grupos 2 y 3, sin que se separen de los grupos 4 y 5. A su vez el grupo 4 presentó la mayor acidez, aspecto que lo separó del grupo 2 y no llegó a hacerlo de los restantes grupos, cuyos valores medios se situaron entre ambos. Sobre otros parámetros de calidad, tales como, las relaciones hollejo/pulpa, °Brix/peso de baya y pH, no se detectó influencia de los distintos grupos de suelos.

Condiciones edáficas que afectaron la producción y calidad de los tres cultivares

El análisis del comportamiento individual de los cultivares bajo estudio en cada grupo de suelos permitió identificar aquellas características edáficas que mayor influencia ejercieron sobre los aspectos analizados.

Grupo 1: Natrargides durinódicos y ácuicos, limosa fina, y Grupo 5: Haplocalcides ácuicos durinódicos, limosa gruesa

Los tres cultivares implantados sobre los suelos de ambos grupos, si bien mostraron una tendencia a tener una calidad diferenciada, presentaron los menores niveles de producción, más acentuados en el grupo 1. La característica sobresaliente de los suelos de ambos grupos (Grupo 1 y Grupo 5) es la presencia, entre los 20 y los 33 cm de profundidad, de horizontes extremadamente duros (Btn y Ckx), con espesores medios de 33 cm y 36 cm y con un valor medio de resistencia a la penetración de 3,13

y 3,36 MPa, respectivamente, superando el valor de 2,7 MPa, señalado por Theadgill (1982) como admisible para el desarrollo vegetal. Ribereau Gayón y Peinaud (1982) citan que en distintas zonas de Francia prosperan reconocidos viñedos en suelos de no más de 40 cm de profundidad, mientras que Hunter y Archer (2001) señalan que la vid dispone normalmente sus raíces a profundidades entre 40-80 cm. En estos dos grupos de suelos, la profundidad fácilmente explorable por las raíces no supera la media de 33 cm, por lo cual la disminución en la producción se atribuye principalmente al escaso volumen de suelo fácilmente explorable por las raíces.

Si bien este trabajo se basó en el análisis de características físicas del suelo que afectan las condiciones de enraizamiento, otras propiedades, tal como la salinidad y el estado de fertilidad podrían contribuir a diferenciar estos grupos de suelos y sus efectos sobre el cultivo. Diversos autores, entre otros, Ruiz (2000) y White (2003), citan su influencia sobre la vid, por lo cual, para el ciclo 2003-2004 se incorporaron al análisis variables químicas cuya incidencia sobre los tres cultivares se está investigando.

Grupo 2: Natrargides ácuicos y durinódicos, limosa fina

Los tres cultivares evaluados presentaron mayores niveles de producción que los grupos 1 y 5, atribuibles a que poseen horizontes endurecidos con menor espesor y con valores de resistencia a la

Cuadro 6. Factores del rendimiento y la calidad en el cv Cabernet Sauvignon. Valores medios de cada grupo de suelos. Table 6. The yield and quality factors in cv Cabernet Sauvignon. Mean values for each soil group.

Variables	Grupo de Suelos					P Value
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	
Factores del rendimiento						
Peso de baya (g)	0,97 a	1,16 a	1,16 a	1,15 a	1,07 a	0,0561
Peso de racimo (g)	62,05 b	89,26 a	82,63 ab	69,56 ab	74,9 ab	0,0049
Nº de racimos pta ⁻¹	28,42 b	41,89 a	45,11 a	46,00 a	34,67 ab	0,0005
Producción pta ⁻¹ (kg)	2,13 b	3,95 a	3,90 ab	3,26 ab	2,61 ab	0,0057
Producción ha ⁻¹ (kg)	5.323,95 b	9.875,28 a	9.753,61 ab	8.151,50 ab	6.540,8 ab	0,0057
Factores de calidad						
Relación hollejo/pulpa	1,11 a	1,02 a	1,01 a	1,02 a	1,04 a	0,0141
Sólidos solubles (°Brix)	22,91 a	21,73 b	21,2 b	21,12 ab	22,00 ab	0,0011
Relación °Brix/peso de baya	28,83 a	19,78 a	18,44 a	18,30 a	20,74 a	0,1404
Acidez titulable (g L ⁻¹)	4,46 ab	4,2 b	4,45 ab	4,95 a	4,72 ab	0,0030
pH	3,85 a	3,88 a	3,83 a	3,82 a	3,85 a	0,7396

Medias con distintas letras en una misma fila son significativamente diferentes. Test de Tukey-Kramer (P < 0,05).

penetración inferiores a 2,7 MPa (Cuadro 2), disponiéndose de un mayor volumen de suelo explorable por las raíces. Los rendimientos por hectárea alcanzados corresponden a cifras consideradas medias a altas para viñedos de la región de estudio (Leskovar, 1998).

Grupo 3: Haplocambides ácuicos y típicos, limosa fina sobre franco gruesa

Aunque taxonómicamente los suelos difieren de los del grupo 2, el nivel de producción y de calidad de los tres cultivares fue similar al mismo. Los suelos poseen los menores valores de resistencia a la penetración dentro del área de estudio, con un volumen de suelo explorable por las raíces similar al grupo anterior.

Grupo 4: Haplocambides durinódicos, limosa gruesa

Malbec y Cabernet Sauvignon fueron los únicos cultivares evaluados sobre estos suelos. Ambos presentaron un buen nivel de producción, con valores que no se diferenciaron de los grupos 2 y 3, aunque en Malbec manifestaron una tendencia a hacerlo. También la calidad de la producción resultó afectada en este último cultivar. Esto se manifestó en una menor acumulación de sólidos solubles y menor relación hollejo/pulpa y °Brix/peso de baya. Se atribuye este comportamiento a la presencia de un horizonte A de mayor espesor y de horizontes endurecidos a mayor profundidad que en el resto de los grupos. A su vez las propiedades químicas evaluadas en los perfiles modales (Cuadro 3) reflejan una mayor disponibilidad de nutrientes. Estas condiciones más favorables para el crecimiento vegetativo pudieron influir sobre la calidad de la producción. En observaciones de los autores no publicadas se verificó un mayor desarrollo de área foliar para sitios del cv. Malbec pertenecientes al grupo 4 de suelos.

CONCLUSIONES

La profundidad, el espesor y la resistencia a la penetración de los horizontes endurecidos afectaron

el potencial productivo, con mayor influencia sobre los factores del rendimiento que sobre la calidad de los cultivares.

El nivel de producción de Merlot, Malbec y Cabernet Sauvignon fue bajo cuando los suelos poseen entre los 20 y 35 cm de profundidad horizontes extremadamente duros, Btn y/o Ckx, con espesores mayores a 33 cm y con valores de resistencia a la penetración superiores a 3 MPa.

Rendimientos considerados medios a altos para esta región, se obtuvieron sobre suelos con horizontes Btn o Ckx a partir de los 35 y 44 cm de profundidad, respectivamente, con espesores inferiores a 25 cm y con valores de resistencia a la penetración cercanos a 2,6 MPa.

En Haplocambides durinódicos, con un mayor espesor del horizonte A y con un horizonte endurecido a mayor profundidad, especialmente en el cv. Malbec, se registró una menor calidad, reflejada por mayor tamaño de bayas, menor acumulación de sólidos solubles, menor relación hollejo/pulpa y °Brix/peso de baya.

RECONOCIMIENTOS

A los Ingenieros J.M.Vidiri y F. Fournieles del Est. Humberto Canale S.A por su valiosa colaboración en las actividades desarrolladas en dicho Establecimiento.

Este trabajo fue desarrollado en el marco del Proyecto de Investigación PI04/A070 Variabilidad espacial de suelos con horizontes endurecidos en el Alto Valle de Río Negro, financiado por la Secretaría de Investigación de la Universidad Nacional del Comahue y el Establecimiento H. Canale S.A., con cooperación de la Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Río Negro (AIC).

LITERATURA CITADA

Apcarian, A. 1999. Land use alternatives in the Alto Valle of the Rio Negro, Patagonia, Argentina. 202 p. Thesis Master of Science. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, Enschede, The Netherlands.

Bramley, R.G.V., and D.W. Lamb 2003. Making sense of vineyard variability in Australia. p 35-54. In Ortega, R. and Esser, A. (eds.) Precision Viticulture. Proceedings IX Congreso Latinoamericano de Viticultura y Enología, Chile. Centro de Agricultura de Precisión, Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Santiago, Chile. Available in: <http://www.clw.csiro.au/staff/BramleyR/documents/Bramley%20Chile%20Paper%20h.pdf> Accessed 11 december 2004.

- Champagnol, F. 2003. Criterios de calidad de la vendimia. p. 408-412. *In* Enología. Fundamentos científicos y tecnológicos. Coordinador C. Flanzy. 2^a ed. AMV Ediciones y Mundi-Prensa, Madrid, España.
- CONSLEG. 2003. Métodos de Análisis: Acidez Total. p. 79-81. *In* Anexo Reglamento CEE N° 2676/90. Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas. Disponible en http://europa.eu.inc/eur-lex/es/consleg/pdf/1990/es_1990R2676_do_001.pdf Leído el 28 de marzo de 2004.
- Corino, L., y A. Caló, A. 2001. Sustainable Viticulture: Current Practices and Future Developments. *Agriculturae Conspectus Scientificus* 66:3-11.
- Esser C.A., y R. Ortega B. 2003. Evaluación de la variabilidad espacial del rendimiento y calidad de uva en viñedos chilenos mediante el uso de herramientas de precisión. p 62-63. *In* IX Congreso Latinoamericano de Viticultura y Enología. 24-28 noviembre de 2003. Pontificia Universidad Católica de Chile, Centro del Vino, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Santiago, Chile.
- García, F.O. 2002. Beneficios potenciales de las herramientas de precisión en el diagnóstico y aplicación de fertilizantes. Disponible en http://www.cipasla.org/material_divulgativo/beneficiospotencialesdelusodelasherramientasdeagric.pdf Leído el 20 de mayo de 2004.
- Hunter, J.J., and E. Archer. 2001. Long term cultivation strategies to improve grape quality. 24 p. *In* Proc. VIII Viticulture and Enology Latin American Congress. 12-16 nov. 2001. Asociación de Enólogos de Uruguay, Instituto Nacional de Vitivinicultura (INAVI) y Organización Internacional de la Viña y el Vino (IOV), Montevideo, Uruguay.
- InfoStat. 2004. InfoStat/Profesional Version 2004. Grupo InfoStat. Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Agrarias, Córdoba, Argentina.
- Kobus, C. 2002. Soil type may influence wine style: Cabernet Sauvignon from Durbanville and Robertson. 7 p. *In* Wineland Nov. 2002 (On line). Available on: <http://www.wynboer.co.za/recentarticles/1102soil.php3> Accessed 1 January 2004.
- Leskovar, M., M. Echenique, M. Cerutti, y O. Alvarez. 1998. Caracterización de la actividad vitivinícola de Río Negro y Neuquén. *Viticultura y Enología Profesional*. AGROLATINO, Barcelona, España 10(58):6-14.
- Meinert L.D., and A.J. Busacca. 2000. Geology and wine 3: Terroirs of the Walla Walla Valley Appellation, Southeastern Washington State, USA. *Geosciences Canada*. 27:149-170.
- Petrie, P.R., M. Trought, and G.S. Howell. 2000. Fruit composition and ripening of Pinot Noir (*Vitis vinifera* L.) in relation to leaf area. *Australian J. of Grape and Wine Research* 6: 46-51.
- Quinn, G.P., and M.J. Keough. 2002. Experimental design and data analysis for biologists. 556 p. 1st ed. University Press, Cambridge, UK.
- Rivereau Gayón, J., y E. Peinaud. 1982. Tratado de ampelología. Ciencias y Técnicas de la Viña. Tomo I: Biología de la Viña. Suelos de Viñedos. 671 p. 1^o ed. en español. Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina.
- Ruiz, R.S. 2000. Dinámica nutricional en cinco parrones de diferente productividad del Valle Central regado de Chile. *Agric. Téc. (Chile)* 60:379-398.
- SAS Institute. Inc. 2000. SAS On line DOC, Version 8. CD. Cary, North Caroline, USA.
- Schoeneberger, P.A., D.A Wysocki, E.C. Benham, and W.D. Borderson. 1998. Libro de campaña para descripción y muestreo de suelos. Versión 1.1. 155 p. Centro Nacional de Relevamiento de Suelos, Servicio de Conservación de Recursos Naturales, Depto. de Agricultura de los EE.UU., Lincoln, Nebraska. Traducción al español. Área de Cartografía de Suelos y Evaluación de Tierras, Centro de Recursos Naturales, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Castelar, Argentina.
- Servicio Meteorológico Nacional. 1992. Estadísticas Meteorológicas Años 1981-1990. 709 p. Serie B N° 37. Buenos Aires, Argentina.
- Smart, R., J.B. Robinson, G.R. Due, and C.J. Brien. 1985a. Canopy microclimate modification for the cultivar Shiraz. I. Definition of canopy microclimate. *Vitis* 24:17-31.
- Smart, R., J.B. Robinson, G.R. Due, and C.J. Brien. 1985b. Canopy microclimate modification for the cultivar Shiraz. II. Effects on must and wine composition. *Vitis* 24:119-128.
- Soil Survey Staff. 1996. Keys to Soil Taxonomy. 644 p. 7th ed. USDA. Natural Resources Conservation Service. Agric. Handb. 436. U.S. Gov. Print Office, Washington, DC, USA.
- Theadgill, E.D. 1982. Residual tillage effects as determined by cone index. *Transaction of the ASAE* 25 (4):859-963.
- Webster R. 1979. Quantitative and numerical methods in soil classification and survey, *Monographs on Soil Survey*. 269 p. 1st ed. Oxford University Press, Oxford, UK.
- White, R.E. 2003. Soils for fine wine. 279 p. Oxford University Press Inc., New York, USA.