

## COMPOSICIÓN FENÓLICA DE LAS UVAS DE LAS PRINCIPALES VARIETADES TINTAS DE *Vitis vinifera* CULTIVADAS EN URUGUAY

González-Neves, G.<sup>1</sup> y <sup>2</sup>; Gil, G.<sup>1</sup>; Barreiro, L.<sup>1</sup>; Ferrer, M.<sup>3</sup>; Franco, J.<sup>4</sup>

Recibido: 06/04/06 Aceptado: 24/11/06

### RESUMEN

Este trabajo presenta los resultados de un estudio de tres años (2001-2003) de la composición fenólica de uvas tintas de las variedades Tannat, Cabernet-Sauvignon y Merlot. Los viñedos considerados estaban situados en el sur de Uruguay y comprendieron diversas situaciones de cultivo, de manera de obtener uvas representativas de la diversidad regional. Las uvas analizadas fueron muestreadas en la vendimia y se determinaron la composición de base, el potencial polifenólico y la composición antocianica pormenorizada. Las bayas de Tannat tuvieron los mayores porcentajes de semillas (4,9 % ± 0,5) y un peso medio (1,9 g ± 0,1) significativamente superior, en relación con las otras variedades. Las uvas de esta variedad tuvieron también los mayores contenidos de azúcares (233,9 g/L ± 18,4), acidez total (5,2 g/L ± 0,7), polifenoles totales (I.P.T.: 87,9 ± 17,6), antocianos totales (2758,3 mg/L ± 810,7) y antocianos extraíbles (1344,2 mg/L ± 393,2) y los menores valores de pH (3,37 ± 0,07). También tuvieron las mayores proporciones de antocianos en forma de glucósidos no acilados (74,6 % ± 2,7), petunidina (16,6 % ± 1,1) y delphinidina (12,4 % ± 1,8). Las uvas de Cabernet-Sauvignon tuvieron los mayores porcentajes de hollejos (11,0 % ± 1,2), el menor peso medio del grano (1,5 g ± 0,1) y las mayores proporciones de antocianos como glucósidos acetilados (32,1 % ± 1,3) y malvidina (72,9 % ± 1,8). Las uvas de Merlot presentaron las mayores proporciones de antocianos en forma de glucósidos cumarilados (9,6 % ± 1,4) y de peonidina (11,6 % ± 1,2). El efecto del año de producción sobre la composición polifenólica de las uvas fue muy importante, reflejando el impacto de las condiciones climáticas sobre la síntesis de estos compuestos.

**PALABRAS CLAVE:** antocianos, Cabernet-Sauvignon, Merlot, polifenoles, Tannat, efecto clima.

### SUMMARY

## PHENOLIC COMPOSITION OF THE GRAPES OF THE MAIN RED *Vitis Vinifera* VARIETIES CULTIVATED IN URUGUAY

This paper shows the results of an essay on the phenolic composition of Tannat, Cabernet-Sauvignon and Merlot grapes carried out during three years (2001-2003). The vineyards considered were located in the south of Uruguay, and they presented different cultivation situations in order to obtain grapes representatives of the regional diversity. The grapes analysed were sampled in the vintage and the base composition, polyphenolic potential and anthocyanic composition were determined. Tannat berries presented the highest seeds percentages (4,9 % ± 0,5) while the mean weight (1,9 g ± 0,1) was significantly higher with relation to the others. The grapes of this variety had the highest sugar contents (233,9 g/L ± 18,4), total acidity (5,2 g/L ± 0,7), total polyphenols (I.P.T.: 87,9 ± 17,6), total anthocyanins (2758,3 mg/L ± 810,7) and extractable anthocyanins (1344,2 mg/L ± 393,2), and the lowest pH values (3,37 ± 0,07). They also had the highest proportion of anthocyanins in forms of non-acylated glucosides (74,6 % ± 2,7), petunidin (16,6 % ± 1,1) and delphinidin (12,4 % ± 1,8). Cabernet-Sauvignon grapes had the highest skins percentages (11,0 % ± 1,2), the lowest mean weight of the grain (1,5 g ± 0,1) and the highest proportions of anthocyanins such as acetylated glucosides (32,1 % ± 1,3) and malvidin (72,9 % ± 1,8). Merlot grapes presented the highest proportions of anthocyanins in forms of coumaroyl

<sup>1</sup>Laboratorio de Análisis y de Investigaciones. Instituto Nacional de Vitivinicultura. Dr. Pouey 463. Las Piedras. Uruguay.

<sup>2</sup>Unidad de Tecnología de Alimentos; 3. Dpto. de Producción Vegetal; 4. Dpto. de Biometría, Estadística y Computación. Facultad de Agronomía. Av. Garzón 780. Montevideo, Uruguay. E-mail: gustavogn@fagro.edu.uy

glucosides (9,6 %  $\pm$  1,4) and peonidin (11,6 %  $\pm$  1,2). The effect of the production year on the polyphenolic composition of the grapes was very important, reflecting the impact of the climatic conditions on the synthesis of these compounds.

**KEY WORDS:** anthocyanins, Cabernet-Sauvignon, Merlot, polyphenols, Tannat, climatic effect.

## INTRODUCCIÓN

La variedad de vid es uno de los factores que tiene mayor incidencia sobre la composición de la uva, ya que la capacidad de síntesis y de acumulación de los diversos componentes de la baya está determinada genéticamente. La variedad incide de manera fundamental en determinados aspectos, como las relaciones entre componentes, la presencia o ausencia de ciertos compuestos, y también en los niveles de acumulación de los diversos compuestos en las bayas (Bourzeix *et al.*, 1983 y 1986; Roggero *et al.*, 1988; Souquet *et al.*, 1996 y 2000; González-Neves *et al.*, 2004b, 2005 y 2006; González-Neves, 2005). Los factores medioambientales (suelo, clima) y culturales (manejo del viñedo) inciden en las concentraciones de cada compuesto en las uvas producidas en cada año (Hrazdina *et al.*, 1984; Roggero *et al.*, 1988; Larice *et al.*, 1989; Di Stefano *et al.*, 1994; Price *et al.*, 1995; Haselgrove *et al.*, 2000; Tomasi *et al.*, 2003; González-Neves *et al.*, 2004a y b; González-Neves, 2005).

La incidencia de los factores genéticos en la composición de la uva determina que cada variedad tenga un potencial enológico característico (Bourzeix *et al.*, 1983 y 1986; Roson & Moutounet, 1992; González-Neves *et al.*, 2003 y 2004b; Souquet *et al.*, 1996 y 2000). El conocimiento de estas características permite definir los tipos de vinos que pueden elaborarse con cada variedad y permite conducir las vinificaciones de una manera más adecuada (Saint-Cricq *et al.*, 1998; Glories, 2001; González-Neves *et al.*, 2003 y 2004b; González-Neves, 2005).

Los polifenoles constituyen una de las "familias" de componentes de la uva de mayor importancia enológica, ya que estos compuestos participan de manera fundamental en las características sensoriales de los vinos y en la evolución de las mismas a lo largo del tiempo. Los polifenoles son los compuestos que más incidencia tienen sobre el color y la astringencia, teniendo también relación con el sabor y el aroma. Dentro de este grupo se clasifican compuestos diversos, entre los cuales deben destacarse como componentes importantes de las uvas a los antocianos, las catequinas y las proantocianidinas (taninos). Los antocianos son los pigmentos más abundantes en la naturaleza y son los responsables de la coloración de las uvas tintas y de los vinos tintos jóvenes. En

las uvas de las variedades de *Vitis vinifera* los antocianos son monoglucósidos de malvidina, delfinidina, peonidina, petunidina o cianidina, según las sustituciones de la molécula. Puede haber también antocianos acilados, en los que la molécula de glucosa está esterificada con un ácido, que puede ser acético, cafeico o *p*-cumárico (Souquet *et al.*, 1996 y 2000; Monagas *et al.*, 2005).

El presente trabajo se basa en un estudio de la composición fenólica de las uvas obtenidas con Tannat, Cabernet-Sauvignon y Merlot, que son las principales variedades tintas de *Vitis vinifera* cultivadas en Uruguay. Los resultados obtenidos permiten valorar el potencial enológico de las uvas de cada variedad y constituyen una información esencial para mejorar la gestión de las vinificaciones.

La variedad Tannat se considera el principal cultivar, debido a su adaptación a las condiciones eco-fisiológicas del país y a las características peculiares de sus vinos, que le confieren una marcada tipicidad. Algunas características de la composición fenólica de las uvas de Tannat, Cabernet-Sauvignon y Merlot han sido consideradas en varias publicaciones previas de nuestro grupo (González-Neves *et al.*, 2003, 2004b, 2005 y 2006; González-Neves, 2005).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### I. Material Vegetal

Los ensayos se hicieron en los años 2001, 2002 y 2003, considerando viñedos de Tannat, Cabernet-Sauvignon y Merlot ubicados en los Departamentos de Montevideo y Canelones. Las parcelas fueron elegidas de manera de obtener una variabilidad representativa de la diversidad regional, considerando las situaciones de cultivo usuales en esta área de producción. En el Cuadro 1 se indican las características de los viñedos incluidos en el ensayo.

En las variedades Cabernet-Sauvignon y Merlot se incluyeron alternativas de raleo de racimos al 50 % en el envero, tanto en la lira como en la espaldera.

En todos los casos el dispositivo experimental estuvo constituido por 30 plantas por viñedo, que se dispusieron al azar en cada parcela.

En la vendimia se extrajeron muestras de uvas y se cosecharon las plantas de cada parcela. Se pesó la uva correspondiente a cada planta y se estimaron los rendimientos de producción medios de cada viñedo.

**Cuadro 1.** Características de los viñedos considerados.

| Lugar                     | Año de plantac. | Porta-injerto | Distancia de plantación (m) | Densidad (plantas/ha) | Modo de conducción | Tipo de poda    |
|---------------------------|-----------------|---------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------|
| <b>Merlot</b>             |                 |               |                             |                       |                    |                 |
| Juanicó                   | 1996            | SO4           | 2,50 x 1,25                 | 3200                  | Espaldera          | cordón de Royat |
| Juanicó                   | 1994            | SO4           | 3,00 x 1,00                 | 3333                  | Lira               | cordón de Royat |
| <b>Cabernet-Sauvignon</b> |                 |               |                             |                       |                    |                 |
| Progreso                  | 1994            | SO4           | 2,00 x 1,20                 | 4167                  | Espaldera          | cordón de Royat |
| Santa Lucía               | 1994            | SO4           | 3,00 x 1,00                 | 3333                  | Lira               | cordón de Royat |
| Juanicó                   | 1994            | SO4           | 3,00 x 1,25                 | 2667                  | Lira               | cordón de Royat |
| <b>Tannat</b>             |                 |               |                             |                       |                    |                 |
| Cuatro Piedras            | 1988            | SO4           | 3,20 x 0,90                 | 3472                  | Lira               | cordón de Royat |
| Cuatro Piedras            | 1988            | SO4           | 3,20 x 0,90                 | 3472                  | Lira               | Guyot doble     |
| Juanicó                   | 1996            | SO4           | 2,30 x 1,25                 | 3478                  | Espaldera          | cordón de Royat |
| Melilla                   | 1980            | SO4           | 2,00 x 1,00                 | 5000                  | Espaldera          | Guyot doble     |

Las muestras de uvas fueron tomadas de acuerdo con el método propuesto por Carbonneau *et al.* (1991), estando constituidas por fracciones de racimos extraídos en la zona media de las varas o los cordones, según el sistema de conducción. Cada fracción estaba constituida por 3 a 5 bayas, siendo extraídas alternativamente de las mitades inferiores y superiores de los racimos, hasta totalizar 250 bayas por muestra, con dos repeticiones por viñedo.

## II. Análisis de las uvas

Las uvas fueron analizadas determinando los parámetros de rutina (azúcares, acidez total y pH), el peso de las bayas, las proporciones de cada parte de la baya y los índices de estimación del potencial polifenólico. En 2002 y 2003 fueron analizados también los antocianos libres, extrayendo estos compuestos de los hollejos mediante maceraciones con soluciones modelo.

Los análisis se realizaron subdividiendo la muestra en dos partes iguales. Los análisis de rutina se hicieron en una de las submuestras, empleando los métodos propuestos por O.I.V. (1990). Inicialmente se determinó el peso medio de las bayas, con una balanza Ohaus Scout (Ohaus Corp., USA). Luego las uvas se prensaron manualmente en un mortero, para separar los hollejos, las semillas y la pulpa. Los hollejos y las semillas

se lavaron con agua, para separarlos completamente de la pulpa y disolver los azúcares residuales, se secaron con papel de filtro y se pesaron.

El peso de la pulpa fue estimado por diferencia entre el peso de la baya y los pesos de los hollejos y semillas. Las proporciones de cada parte de la baya (hollejos, semillas y pulpa) fueron calculadas a partir de sus pesos y del peso de la baya.

Los análisis de rutina se hicieron en el jugo obtenido a partir del prensado manual de las bayas en mortero y de la trituración de la pulpa con un extractor de jugo centrífugo Phillips HR2290 (Phillips, Holanda).

Los azúcares del mosto fueron determinados por refractometría, la acidez total por volumetría y el pH por potenciometría. Se realizaron dos repeticiones de cada análisis por muestra. El refractómetro utilizado fue un modelo Atago N1 (Atago, Japón) y el pH fue medido con un aparato Hanna modelo H18521 (Hanna inst., Italia).

Los hollejos fueron congelados y guardados a  $-20^{\circ}\text{C}$ . Los antocianos se analizaron en los extractos obtenidos mediante una maceración de 24 hs de los hollejos en una solución alcohólica ácida (12% etanol, 5 g/L ácido tartárico, ajustada a pH 3,2 con una solución 1 N de NaOH) a temperatura de laboratorio ( $25^{\circ}\text{C}$ ).

Las maceraciones se hicieron empleando los hollejos de 25 bayas en 2002 y de 50 bayas en 2003, realizando en todos los casos dos repeticiones por viñedo. El volumen de solución fue calculado de manera de obtener una dilución similar a la que tenían las uvas originalmente, medianamente la siguiente fórmula:

$$VS = (PB \cdot \%PUL \cdot n) / D \times 100$$

Donde:

VS = Volumen de solución (mL)

PB = peso de la baya

%PUL = porcentaje de pulpa

n = nº de bayas de la muestra

D = densidad del mosto.

La densidad de los mostos se estimó a partir de las concentraciones de azúcares determinadas por refractometría.

Los contenidos de antocianos libres de los extractos de hollejos fueron determinados por cromatografía líquida de alta presión (H.P.L.C.), según el método propuesto por Revilla *et al.* (1999). Se utilizó un sistema cromatográfico equipado con dos bombas Waters 510 y 515, un inyector Rheodyne 7725i y un detector UV-VIS Waters modelo 490E, con medidas a 313 y 530 nm. El sistema fue controlado con el programa Millennium 32 (Waters Corp. USA).

Se empleó una columna Phenomenex Luna C18 (150 x 4,6 mm) de 5 mm (Waters Corp. USA). Se hizo un gradiente de elución, utilizando los solventes A (agua-ácido fórmico, 90:10) y B (metanol-agua-ácido fórmico, 45:45:10). El gradiente empleado consistió en pasar de 35 % a 95 % de solvente B en 20 min, de 95 % a 100 % de solvente B en 5 min, manteniendo un isocrático con 100% de solvente B durante 5 min. El flujo fue constante, de 0,8 mL/min.

Los extractos de hollejos fueron inyectados directamente en el cromatógrafo, filtrando previamente con membrana de 0,45 mm (Sartorius, USA). Todos los solventes fueron filtrados de la misma forma. El volumen de inyección fue de 20 mL.

La identificación de los antocianos se hizo a partir de los tiempos de retención de cada pico y de la relación entre estos tiempos y el correspondiente al malvidin-3-glucósido. La identificación de cada antociano fue confirmada en estudios previos, utilizando como referencia un sistema cromatográfico acoplado a un espectrómetro de masa Hewlett Packard 1100 Series LC-MS (Hewlett Packard, USA), en las condiciones indicadas por Revilla *et al.* (1999).

La separación efectuada por H.P.L.C. permitió cuantificar los glucósidos no acilados de delphinidina, cianidina, malvidina, petunidina y peonidina, los glucósidos acetilados de las mismas antocianidinas y los glucósidos

cumarílicos de delphinidina, cianidina, malvidina y petunidina.

La concentración de cada antociano fue calculada considerando una curva de calibración, que se hizo con cloruro de glucósido de malvidina (Extrasynthèse, Francia).

A partir de la cuantificación de cada antociano se calcularon las proporciones relativas de las sumas de los glucósidos no acilados, los cumaratos y los acetatos, así como las de cada antocianidina, en relación a la concentración total de los antocianos libres.

Las estimaciones del potencial polifenólico se realizaron en la otra submuestra de uva, mediante la metodología propuesta por Glories y Augustin (1993), modificada por González-Neves (2005). Los índices determinados fueron la riqueza fenólica total (A280), el potencial total en antocianos (ApH1), el potencial en antocianos extraíbles (ApH3,2). A partir de éstos se calcularon las concentraciones de taninos de hollejos (dpell) y de semillas (dTpep), los porcentajes de cada tipo de taninos (dpell% y Mp%, respectivamente) y un índice de extractibilidad de los antocianos (EA%).

Los análisis se realizaron a partir de dos maceraciones de la uva entera triturada, realizadas durante 4 horas con soluciones de pH 1 y 3,2 respectivamente. Los macerados fueron filtrados y luego centrifugados durante 3 minutos a 3000 r.p.m., antes de hacer los análisis, para lo cual se utilizó una centrifuga MSE Mistral 2000. Los análisis se realizaron con un espectrofotómetro Shimadzu UV-1240 MINI, utilizando celdas de cuarzo y de vidrio de 1 cm de recorrido óptico. Todos los análisis se hicieron con dos repeticiones.

La riqueza polifenólica se determinó midiendo la absorbancia, a 280 nm, mientras que los antocianos fueron cuantificados utilizando el método de Ribéreau-Gayon y Stonestreet (1965).

Los índices polifenólicos fueron calculados considerando las diluciones respectivas, que fueron calculadas a partir de la densidad del mosto, el peso de la baya y el porcentaje de pulpa.

$$F = (50 + VM) / VM$$

Donde:

F = Factor de dilución

50 = mL de solución

VM = volumen de mosto.

$$VM = (50 \cdot \%PUL) / D$$

Donde:

VM = volumen de mosto en mL

50 = gramos de uva triturada

%PUL = % de pulpa

D = densidad del mosto.

Los índices polifenólicos complementarios fueron calculados de acuerdo con las definiciones y cálculos propuestos por Glories y Augustin (1993):

$$EA\% = [(ApH1 - ApH3,2) / ApH1] \cdot 100$$

= Índice de extractibilidad de los antocianos

$$dpell = (ApH3,2 \cdot 40) / 1000$$

= Contenidos de taninos de hollejos

$$dpell\% = (dpell / A280) \cdot 100$$

= Porcentajes de taninos de hollejos

$$dTpep = A280 - dpell$$

= Contenidos de taninos de semillas

$$Mp\% = [(A280 - dpell) / A280] \cdot 100 = dTpep\%$$

= Porcentajes de taninos de semillas

### III. Análisis estadístico

Los análisis estadísticos fueron realizados utilizando Statgraphics Plus, versión 4.1 (Stat Graphics Corp., 1999) y S.A.S. Software Release 8.2 (S.A.S. Corp. 2001).

Se hicieron análisis de varianza para cada variable, comparando las variedades de uva, y separaciones de medias mediante Tukey al 5%.

Se hicieron también análisis multivariantes (Análisis Canónico Discriminante), incluyendo los rendimientos de cada viñedo, las variables de rutina, los índices polifenólicos, el peso de la baya y las proporciones de hollejos, pulpa y semillas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se expresan los resultados de los análisis de rutina de las uvas de cada variedad, en los tres años considerados.

Las uvas de Tannat presentaron los mayores contenidos de azúcares (sin diferencias estadísticas en 2001) y de acidez total (sin diferencias estadísticas en 2002), así como los valores más bajos de pH en los tres años (sin diferencias estadísticas en 2001).

Se constataron diferencias importantes entre años, que se relacionan con las condiciones del clima durante la maduración de las uvas. El año 2001 fue muy lluvioso, lo que perturbó la maduración. Por el contrario, en 2002 los meses de Enero y Febrero fueron más secos y hubo lluvias importantes en Marzo, pero afectaron solamente parcialmente la calidad de las uvas, ya que la mayoría de las parcelas fueron cosechadas antes de las precipitaciones más abundantes. En el año 2003, los contenidos de antocianos de las uvas fueron condicionados por las temperaturas diurnas del mes de Enero, que fueron muy altas, lo que pudo provocar una inhibición de la síntesis y un aumento de la degradación de los antocianos acumulados en las bayas. En el año 2001 las temperaturas diurnas y nocturnas fueron elevadas durante todo el período de maduración (Cuadro 3).

**Cuadro 2.** Concentraciones de azúcares, acidez total y pH (medias  $\pm$  desviaciones estándar) de las uvas de cada variedad en cada año.

|                                                                              |             | Tannat              | Cabernet-Sauvignon | Merlot             |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| <b>Azúcares</b><br>(g · L <sup>-1</sup> )                                    | <b>2001</b> | 204,7 ns $\pm$ 11,9 | 197,7 ns $\pm$ 5,6 | 194,3 ns $\pm$ 8,8 |
|                                                                              | <b>2002</b> | 243,3 a $\pm$ 6,5   | 219,7 b $\pm$ 13,8 | 214,7 b $\pm$ 3,0  |
|                                                                              | <b>2003</b> | 242,0 a $\pm$ 9,6   | 201,3 b $\pm$ 4,6  | 198,2 b $\pm$ 9,0  |
| <b>Acidez total</b><br>(g H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> · L <sup>-1</sup> ) | <b>2001</b> | 5,53 a $\pm$ 0,1    | 4,43 b $\pm$ 0,2   | 4,23 b $\pm$ 0,3   |
|                                                                              | <b>2002</b> | 5,23 ns $\pm$ 0,9   | 4,12 ns $\pm$ 0,3  | 4,27 ns $\pm$ 0,4  |
|                                                                              | <b>2003</b> | 5,08 a $\pm$ 0,8    | 4,30 b $\pm$ 0,2   | 3,60 c $\pm$ 0,2   |
| <b>P.D.</b>                                                                  | <b>2001</b> | 3,36 ns $\pm$ 0,1   | 3,44 ns $\pm$ 0,0  | 3,43 ns $\pm$ 0,4  |
|                                                                              | <b>2002</b> | 3,33 b $\pm$ 0,0    | 3,50 a $\pm$ 0,1   | 3,45 a $\pm$ 0,0   |
|                                                                              | <b>2003</b> | 3,39 b $\pm$ 0,1    | 3,56 a $\pm$ 0,0   | 3,58 a $\pm$ 0,0   |

Las medias seguidas de la misma letra en la misma fila no son diferentes por el test de Tukey al nivel del 5 %.

**Cuadro 3.** Temperaturas medias máximas y mínimas y lluvias medias acumuladas en los meses de maduración de las uvas, en cada año considerado.

|      |         | Temp. medias<br>máximas (°C) | Temp. medias<br>mínimas (°C) | Lluvias (mm) |
|------|---------|------------------------------|------------------------------|--------------|
| 2001 | Enero   | 28,9                         | 18,3                         | 202          |
|      | Febrero | 29,0                         | 18,0                         | 177          |
|      | Marzo   | 26,4                         | 18,6                         | 34           |
| 2002 | Enero   | 27,5                         | 17,1                         | 58           |
|      | Febrero | 26,1                         | 16,8                         | 103          |
|      | Marzo   | 25,0                         | 17,3                         | 164          |
| 2003 | Enero   | 29,5                         | 16,8                         | 43           |
|      | Febrero | 26,7                         | 17,2                         | 161          |
|      | Marzo   | 26,3                         | 16,0                         | 31           |

Las temperaturas medias fueron obtenidas por promedio de las medias registradas en las Estaciones Agrometeorológicas de Sayago y Las Brujas. Las lluvias se obtuvieron promediando las precipitaciones registradas en cada viñedo hasta el momento de la cosecha.

Las condiciones reseñadas tuvieron una incidencia importante en los rendimientos de cada viñedo, que presentaron diferencias significativas entre vendimias (datos no mostrados), contribuyendo al impacto del “efecto año” sobre la composición de la uva.

Se verificaron diferencias estadísticas en el peso medio del grano y las proporciones de cada parte de la baya correspondientes a las distintas variedades (Cuadro 4). Las bayas más grandes fueron las de Tannat, que presentaron también los mayores porcentajes de semillas. Las bayas más pequeñas fueron las de Cabernet-Sauvignon, que presentaron también los mayores porcentajes de hollejos.

Se constataron diferencias estadísticas, según la variedad de uva y los años considerados, en las concentraciones de polifenoles totales y de antocianos en las uvas, y en la distribución de los polifenoles en los hollejos y semillas (Cuadros 5 y 6 y Figura 1).

Las uvas de Tannat presentaron los mayores contenidos de polifenoles totales, antocianos totales y antocianos extraíbles, con diferencias muy importantes con respecto a las otras variedades (Cuadro 5). Las uvas de Cabernet-Sauvignon tuvieron mayores contenidos fenólicos y

antociánicos que las de Merlot, en la mayor parte de los casos.

Los valores de EA fueron mayores en las uvas de Tannat, lo que indica una menor extractibilidad de los antocianos en relación con las otras variedades, considerando el potencial total en estos compuestos y las concentraciones de antocianos que efectivamente son extraíbles en las condiciones del análisis (Cuadro 6). Vivas de Gaulejac *et al.* (2001) señalan que la degradación de las células de los hollejos en el proceso de maduración y la extractibilidad de los antocianos son características propias de cada variedad de uva.

Las uvas de Tannat tuvieron los mayores contenidos de taninos de hollejos y de taninos de semillas, en tanto las de Merlot presentaron siempre los menores contenidos de taninos de hollejos (Cuadro 6).

La Figura 1 muestra que las uvas de Cabernet-Sauvignon fueron las más ricas en taninos de hollejos y las más pobres en taninos de semillas en términos relativos (valores altos de  $dp_{ell}\%$  y bajos de  $Mp\%$ , respectivamente), lo que algunos autores interpretan como una mayor “madurez” de semillas (Glories y Augustin, 1993; Saint-Cricq *et al.*, 1997).

**Cuadro 4.** Pesos medios de la baya y proporciones de las distintas partes de la baya (medias  $\pm$  desviaciones estándar) de las uvas de cada variedad en cada año.

|                            |             | <b>Tannat</b>     | <b>Cabernet-Sauvignon</b> | <b>Merlot</b>     |
|----------------------------|-------------|-------------------|---------------------------|-------------------|
| <b>Peso de la baya (g)</b> | <b>2001</b> | 1,77 a $\pm$ 0,08 | 1,51 b $\pm$ 0,11         | 1,68 a $\pm$ 0,09 |
|                            | <b>2002</b> | 1,80 a $\pm$ 0,13 | 1,35 c $\pm$ 0,10         | 1,59 b $\pm$ 0,07 |
|                            | <b>2003</b> | 1,93 a $\pm$ 0,11 | 1,54 c $\pm$ 0,11         | 1,79 b $\pm$ 0,22 |
| <b>% hollejos</b>          | <b>2001</b> | 11,9 a $\pm$ 1,7  | 12,3 a $\pm$ 0,8          | 9,8 b $\pm$ 1,3   |
|                            | <b>2002</b> | 8,5 b $\pm$ 1,2   | 9,8 a $\pm$ 0,8           | 6,6 c $\pm$ 0,7   |
|                            | <b>2003</b> | 9,0 b $\pm$ 1,4   | 11,2 a $\pm$ 0,9          | 9,0 b $\pm$ 0,9   |
| <b>% semillas</b>          | <b>2001</b> | 5,3 a $\pm$ 0,6   | 3,4 b $\pm$ 0,2           | 3,4 b $\pm$ 0,1   |
|                            | <b>2002</b> | 4,8 a $\pm$ 0,4   | 3,2 b $\pm$ 0,2           | 3,3 b $\pm$ 0,2   |
|                            | <b>2003</b> | 4,7 a $\pm$ 0,5   | 3,3 b $\pm$ 0,2           | 3,2 b $\pm$ 0,3   |
| <b>% pulpa</b>             | <b>2001</b> | 82,7 b $\pm$ 2,2  | 84,3 b $\pm$ 0,8          | 86,7 a $\pm$ 1,3  |
|                            | <b>2002</b> | 86,7 b $\pm$ 1,0  | 87,0 b $\pm$ 0,5          | 90,1 a $\pm$ 0,3  |
|                            | <b>2003</b> | 86,3 b $\pm$ 1,4  | 85,5 b $\pm$ 1,1          | 87,8 a $\pm$ 1,1  |

Las medias seguidas de la misma letra en la misma fila no son diferentes por el test de Tukey al nivel del 5 %.

**Cuadro 5.** Riqueza fenólica total (A280) y concentraciones de antocianos totales (ApH1) y extraíbles (ApH3,2) (medias  $\pm$  desviaciones estándar) de las uvas de cada variedad en cada año.

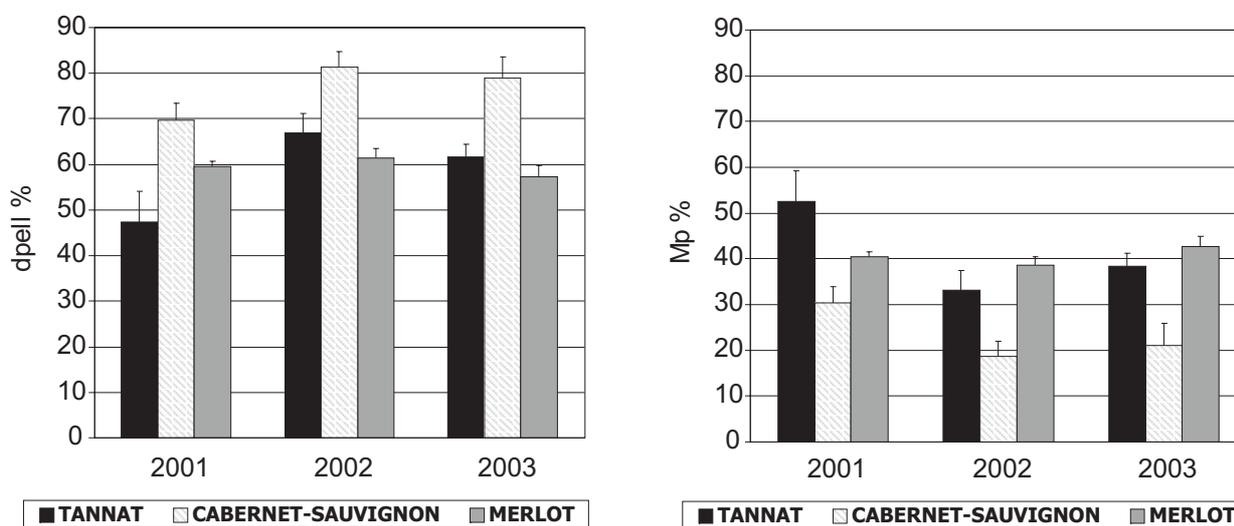
|                                             |             | <b>Tannat</b>        | <b>Cabernet-Sauvignon</b> | <b>Merlot</b>        |
|---------------------------------------------|-------------|----------------------|---------------------------|----------------------|
| <b>A280</b>                                 | <b>2001</b> | 62,4 a $\pm$ 8,8     | 40,7 b $\pm$ 6,1          | 31,9 c $\pm$ 1,2     |
|                                             | <b>2002</b> | 105,6 a $\pm$ 13,2   | 56,1 b $\pm$ 6,3          | 55,5 b $\pm$ 3,4     |
|                                             | <b>2003</b> | 91,8 a $\pm$ 3,7     | 47,1 b $\pm$ 2,9          | 48,0 b $\pm$ 2,5     |
| <b>ApH1<br/>(mg EMG . L<sup>-1</sup>)</b>   | <b>2001</b> | 1458,9 a $\pm$ 184,6 | 1078,6 b $\pm$ 252,6      | 707,7 c $\pm$ 29,0   |
|                                             | <b>2002</b> | 3631,8 a $\pm$ 502,3 | 1938,6 b $\pm$ 203,0      | 1516,4 b $\pm$ 105,8 |
|                                             | <b>2003</b> | 2932,9 a $\pm$ 154,8 | 1599,4 b $\pm$ 75,2       | 1230,5 c $\pm$ 75,3  |
| <b>ApH3,2<br/>(mg EMG . L<sup>-1</sup>)</b> | <b>2001</b> | 730,8 a $\pm$ 84,2   | 713,4 a $\pm$ 140,0       | 475,0 b $\pm$ 15,5   |
|                                             | <b>2002</b> | 1777,5 a $\pm$ 319,9 | 1139,7 b $\pm$ 127,4      | 852,4 b $\pm$ 27,7   |
|                                             | <b>2003</b> | 1413,5 a $\pm$ 69,8  | 926,1 b $\pm$ 41,0        | 688,2 c $\pm$ 35,9   |

EMG = equivalente de malvidin-3-glucósido. Las medias seguidas de la misma letra en la misma fila no son diferentes por el test de Tukey al nivel del 5 %.

**Cuadro 6.** Índices polifenólicos (medias  $\pm$  desviaciones estándar): extractibilidad de los antocianos (EA%), contenido tánico de los hollejos (dpell) y contenido tánico de las semillas (dTpep) de las uvas de cada variedad en cada año.

|              |             | <b>Tannat</b>     | <b>Cabernet-Sauvignon</b> | <b>Merlot</b>    |
|--------------|-------------|-------------------|---------------------------|------------------|
| <b>EA %</b>  | <b>2001</b> | 49,8 a $\pm$ 2,8  | 32,8 b $\pm$ 3,2          | 33,3 b $\pm$ 2,8 |
|              | <b>2002</b> | 51,2 a $\pm$ 3,9  | 41,1 b $\pm$ 4,1          | 43,6 b $\pm$ 3,2 |
|              | <b>2003</b> | 51,8 a $\pm$ 1,7  | 42,0 c $\pm$ 2,4          | 44,0 b $\pm$ 2,1 |
| <b>dpell</b> | <b>2001</b> | 29,2 a $\pm$ 3,4  | 28,5 a $\pm$ 5,6          | 19,0 b $\pm$ 0,6 |
|              | <b>2002</b> | 71,1 a $\pm$ 12,8 | 45,6 b $\pm$ 5,1          | 34,1 c $\pm$ 1,1 |
|              | <b>2003</b> | 56,5 a $\pm$ 2,8  | 37,0 b $\pm$ 1,6          | 27,5 c $\pm$ 1,4 |
| <b>dTpep</b> | <b>2001</b> | 33,1 a $\pm$ 7,5  | 12,2 b $\pm$ 0,1          | 12,9 b $\pm$ 0,7 |
|              | <b>2002</b> | 34,5 a $\pm$ 2,4  | 10,5 c $\pm$ 2,5          | 21,4 b $\pm$ 2,4 |
|              | <b>2003</b> | 35,2 a $\pm$ 3,5  | 10,0 c $\pm$ 2,6          | 20,5 b $\pm$ 1,9 |

Las medias seguidas de la misma letra en la misma fila no son diferentes por el test de Tukey al nivel del 5 %.



**Figura 1.** Distribución porcentual de los taninos en los hollejos (dpell%) y las semillas (Mp%). Valores medios y desviaciones estándar para cada variedad en cada año.

La riqueza fenólica total y antocianica de las uvas de Tannat es una característica de esta variedad. Roson y Moutounet (1992) señalan que este cultivar tiene las uvas con mayor riqueza en polifenoles entre las variedades originarias del Sudoeste de Francia. Otros trabajos también señalan sus elevados contenidos en compuestos fenólicos, y particularmente en antocianos, taninos de hollejos y taninos de semillas (Souquet *et al.*, 2000).

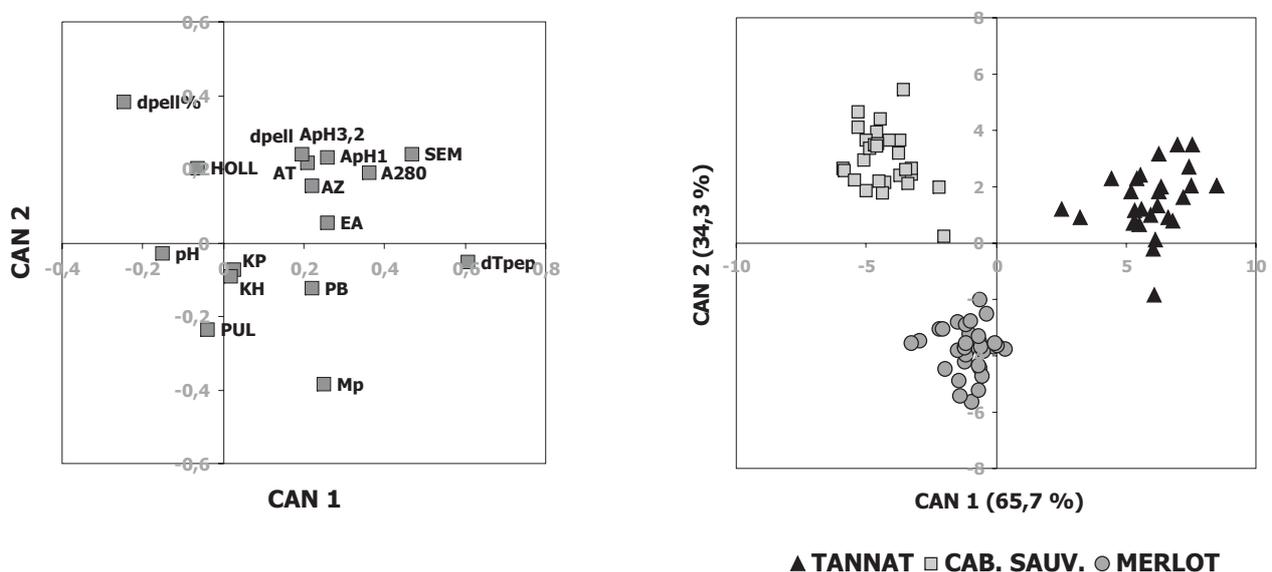
Numerosos trabajos clasifican a Merlot y Cabernet-Sauvignon como variedades ricas en antocianos, con contenidos fenólicos similares (Bourzeix *et al.*, 1983; Roson y Moutounet, 1992; Vivas de Gaulejac *et al.*, 2001). Sin embargo, Roson y Moutounet (1992) señalan que estas variedades pueden diferenciarse netamente por la relación entre los taninos de hollejos y los de semillas, lo que coincide con los resultados de este trabajo.

Los resultados verificados tienen una gran importancia tecnológica, ya que los valores de los distintos índices polifenólicos permiten caracterizar las uvas de cada variedad, más allá de las variaciones correspondientes a los distintos años. Diversos trabajos señalan que la gestión de las vinificaciones puede ser mejorada sustancialmente, apoyándose en estos índices y de acuerdo con el vino que

se procura elaborar (Saint-Cricq *et al.*, 1998; Glories, 2001; González-Neves *et al.*, 2003 y 2004b; González-Neves, 2005; Romero-Cascales *et al.*, 2005).

La relación entre los factores genéticos y la composición de las uvas se comprobó también mediante un Análisis Canónico Discriminante que incluyó todas las variables precedentemente consideradas, así como las cantidades de uva producida en cada viñedo. Las dos funciones canónicas determinadas permiten clasificar correctamente, de acuerdo con la variedad de uva, la totalidad de las muestras analizadas (Figura 2), a pesar de la diversidad en las condiciones de maduración y en las concentraciones de los distintos componentes en las uvas de cada año.

La consideración conjunta de las correlaciones canónicas y de la posición de los escores de cada muestra en el plano definido por las dos funciones canónicas permite asociar las variables incluidas con las muestras de cada variedad. Las variables que permitieron diferenciar en mayor medida las muestras de Tannat de las otras fueron las concentraciones de taninos de semillas, la proporción de semillas y la riqueza fenólica de la uva. Las muestras de Merlot se diferenciaron de las de Cabernet-Sauvignon sobre todo por las proporciones de taninos de hollejos y de taninos de semillas.



**Figura 2.** Correlaciones canónicas de las variables productivas y de composición de las uvas y distribución de las muestras en el plano definido por las funciones canónicas discriminantes. KH = kg de uva por hectárea; KP = kg por planta; PB = peso de la baya; PUL = % de pulpa; HOLL = % de hollejos; SEM = % de semillas; AT = acidez total; AZ = concentraciones de azúcares; A280 = riqueza fenólica; ApH1 = potencial total en antocianos; ApH3,2 = antocianos extraíbles; dpell = contenidos de taninos de hollejos; dpell% = % taninos de hollejos; dTpep = contenidos de taninos de semillas; Mp = % taninos de semillas; EA = índice de extractibilidad de los antocianos.

Los contenidos antociánicos de los extractos de hollejos de Tannat fueron significativamente mayores a los de Cabernet-Sauvignon, que a su vez fueron estadísticamente superiores a los de Merlot (Cuadro 7). Estos resultados, obtenidos por HPLC, coinciden con las estimaciones espectrofotométricas de los potenciales totales antociánicos de las uvas.

Las concentraciones de las moléculas antociánicas no aciladas y de cumaratos fueron también significativamente superiores en los hollejos de Tannat, pero las mayores concentraciones de antocianos bajo forma de acetatos se determinaron en los hollejos de Cabernet-Sauvignon.

Al considerar las proporciones de cada forma antociánica, se constató que los hollejos de la variedad Tannat tuvieron los mayores porcentajes de estos compuestos bajo forma de delfinidina, petunidina y glucósidos no acilados, con diferencias estadísticas muy significativas en relación con las otras variedades (Cuadro 8). En cambio, las proporciones de malvidina y de acetatos fueron significativamente mayores en las uvas de Cabernet-Sauvignon, en los dos años. Las proporciones de peonidina fueron significativamente mayores en las uvas de Merlot, que también tuvieron las proporciones de cumaratos significativamente mayores en el año 2003.

La distribución relativa entre moléculas aciladas y no aciladas constatada en los hollejos de Merlot coincide con los resultados reportados por Wenzel *et al.* (1987), Roggero *et al.* (1988), Larice *et al.* (1989) & Ortega *et al.* (1994), entre otros autores. En el caso de Tannat, estas proporciones coinciden con las constatadas por Roggero *et al.* (1988), Larice *et al.* (1989) & Medina *et al.* (2005), y confirman lo indicado en publicaciones previas de nuestro grupo (González Neves *et al.*, 2004a y b, 2005 y 2006; González Neves, 2005).

La predominancia de los cumaratos sobre los acetatos verificada en Tannat y en Merlot coincide con los resultados reportados para otras variedades (Wenzel *et al.*, 1987; Roggero *et al.*, 1988; Larice *et al.*, 1989; Ortega *et al.*, 1994; Di Stéfano & Maggiorotto, 1995; Otteneder *et al.*, 2002; entre otros). La predominancia de los acetatos sobre los cumaratos verificada en los hollejos de Cabernet-Sauvignon ha sido indicada previamente por numerosos autores (Wulf y Nagel, 1978; Wenzel *et al.*, 1987; Darné, 1988; Roggero *et al.*, 1988; Revilla *et al.*, 2001a; Otteneder *et al.*, 2002; entre otros).

De acuerdo con lo indicado por diversos autores (Roggero *et al.*, 1986; Larice *et al.*, 1989; Di Stéfano *et al.*, 1994; Ortega *et al.*, 1994), las diferencias verificadas entre

**Cuadro 7.** Concentraciones totales de antocianos libres y de las formas aciladas y no aciladas (medias  $\pm$  desviaciones estándar) en los extractos de hollejos de cada variedad en cada año (mg EMG por litro). EMG = equivalente de malvidin-3-glucósido.

|                                                            |             | Tannat               | Cabernet-Sauvignon    | Merlot                |
|------------------------------------------------------------|-------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <b>Antocianos libres totales (mg EMG . L<sup>-1</sup>)</b> | <b>2002</b> | 922,91 a $\pm$ 60,03 | 611,03 b $\pm$ 117,14 | 504,17 c $\pm$ 118,52 |
|                                                            | <b>2003</b> | 862,58 a $\pm$ 79,00 | 561,73 b $\pm$ 39,17  | 409,96 c $\pm$ 43,64  |
| <b>Glucósidos no acilados (mg EMG . L<sup>-1</sup>)</b>    | <b>2002</b> | 704,30 a $\pm$ 45,52 | 392,30 b $\pm$ 75,59  | 342,93 b $\pm$ 91,99  |
|                                                            | <b>2003</b> | 627,99 a $\pm$ 59,91 | 346,01 b $\pm$ 25,04  | 268,58 c $\pm$ 30,76  |
| <b>Glucósidos acetilados (mg EMG . L<sup>-1</sup>)</b>     | <b>2002</b> | 137,11 b $\pm$ 11,58 | 189,76 a $\pm$ 34,61  | 119,54 b $\pm$ 18,65  |
|                                                            | <b>2003</b> | 151,34 b $\pm$ 12,43 | 188,23 a $\pm$ 12,53  | 96,78 c $\pm$ 8,58    |
| <b>Glucósidos cumarílicos (mg EMG . L<sup>-1</sup>)</b>    | <b>2002</b> | 81,50 a $\pm$ 21,32  | 28,96 c $\pm$ 7,26    | 41,70 b $\pm$ 10,19   |
|                                                            | <b>2003</b> | 83,25 a $\pm$ 13,03  | 27,72 c $\pm$ 2,20    | 44,60 b $\pm$ 5,28    |

Las medias seguidas de la misma letra en la misma fila no son diferentes por el test de Tukey al nivel del 5 %.

**Cuadro 8.** Proporciones de cada forma en el total de antocianos (medias  $\pm$  desviaciones estándar) de los hollejos de cada variedad en cada año, considerando por un lado las antocianidinas y por otro las formas aciladas y no aciladas.

|                      |             | <b>Tannat</b>    | <b>Cabernet-Sauvignon</b> | <b>Merlot</b>    |
|----------------------|-------------|------------------|---------------------------|------------------|
| % <b>Delfinidina</b> | <b>2002</b> | 13,4 a $\pm$ 1,9 | 8,9 b $\pm$ 0,8           | 8,5 b $\pm$ 0,9  |
|                      | <b>2003</b> | 11,3 a $\pm$ 1,0 | 6,5 c $\pm$ 0,4           | 8,0 b $\pm$ 0,8  |
| % <b>Cianidina</b>   | <b>2002</b> | 4,6 a $\pm$ 2,1  | 2,0 b $\pm$ 0,1           | 3,7 a $\pm$ 0,4  |
|                      | <b>2003</b> | 3,2 b $\pm$ 0,4  | 2,0 c $\pm$ 0,2           | 3,9 a $\pm$ 0,6  |
| % <b>Petunidina</b>  | <b>2002</b> | 17,4 a $\pm$ 0,8 | 8,7 c $\pm$ 0,4           | 10,5 b $\pm$ 0,9 |
|                      | <b>2003</b> | 15,9 a $\pm$ 0,6 | 7,2 c $\pm$ 0,3           | 10,1 b $\pm$ 0,5 |
| % <b>Malvidina</b>   | <b>2002</b> | 56,9 c $\pm$ 6,8 | 71,7 a $\pm$ 1,1          | 65,8 b $\pm$ 2,8 |
|                      | <b>2003</b> | 64,1 c $\pm$ 2,2 | 74,7 a $\pm$ 0,6          | 66,1 b $\pm$ 2,7 |
| % <b>Peonidina</b>   | <b>2002</b> | 7,7 b $\pm$ 2,2  | 8,8 b $\pm$ 0,5           | 11,5 a $\pm$ 0,8 |
|                      | <b>2003</b> | 5,9 c $\pm$ 0,5  | 9,7 b $\pm$ 0,3           | 11,8 a $\pm$ 1,5 |
| % <b>No acilados</b> | <b>2002</b> | 76,4 a $\pm$ 2,7 | 64,2 c $\pm$ 0,5          | 67,5 b $\pm$ 2,5 |
|                      | <b>2003</b> | 72,8 a $\pm$ 1,1 | 61,6 c $\pm$ 0,4          | 65,5 b $\pm$ 0,9 |
| % <b>Acetatos</b>    | <b>2002</b> | 14,8 c $\pm$ 0,7 | 31,1 a $\pm$ 0,7          | 24,2 b $\pm$ 2,5 |
|                      | <b>2003</b> | 17,6 c $\pm$ 1,0 | 33,5 a $\pm$ 0,5          | 23,7 b $\pm$ 0,8 |
| % <b>Cumaratos</b>   | <b>2002</b> | 8,8 a $\pm$ 2,0  | 4,7 b $\pm$ 0,3           | 8,3 a $\pm$ 0,5  |
|                      | <b>2003</b> | 9,6 b $\pm$ 1,0  | 4,9 c $\pm$ 0,2           | 10,9 a $\pm$ 0,5 |

Las medias seguidas de la misma letra en la misma fila no son diferentes por el test de Tukey al nivel del 5 %.

los perfiles antociánicos de los hollejos de cada variedad indican que las actividades de las enzimas que participan de la biosíntesis de estos compuestos son diferentes en los tres cultivares estudiados. La mayor acumulación relativa de peonidina en los hollejos de Merlot estaría dada por una menor actividad flavonoide-hidroxilasa en esta variedad. Por el contrario, la acumulación de delfinidina y

petunidina en las uvas de Tannat sería explicada por una menor actividad metil-transferasa, en relación con las otras variedades. Las elevadas proporciones de malvidina en Cabernet-Sauvignon indican una fuerte actividad de las dos enzimas. Las reacciones que conducen a formas acetiladas son promovidas particularmente en las uvas de esta variedad, lo que indica una fuerte actividad de enzimas

acetil-transferasas (Roggero *et al.*, 1986 y Di Stéfano *et al.*, 1994).

La composición antocianica de las uvas de cada variedad va a incidir en la intensidad, tonalidad y estabilidad del color de los vinos correspondientes, en función de las respectivas concentraciones de estos compuestos y de la predominancia de una u otra forma antocianica. La malvidina es la antocianidina más estable y las formas cumariladas y acetiladas se degradan más fácilmente que los glucósidos no acilados, durante la conservación y crianza de los vinos tintos (Cheyner *et al.*, 1994; Dallas *et al.*, 1995; Revilla *et al.*, 2001b).

## CONCLUSIONES

Las uvas Tannat tuvieron los mayores contenidos de azúcares, acidez total, polifenoles totales, antocianos totales y antocianos extraíbles y los menores valores de pH. Estos resultados indican que las uvas de esta variedad tienen un potencial enológico excepcional en las condiciones de producción consideradas.

La composición antocianica de los hollejos de cada variedad define un perfil característico y típico para cada una. Las proporciones de glucósidos no acilados, de delphinidina y de petunidina fueron significativamente mayores en las uvas Tannat. Las mayores proporciones de malvidina y de acetatos se encontraron en las uvas Cabernet-Sauvignon, en tanto las mayores proporciones de peonidina correspondieron a Merlot.

Los análisis estadísticos multivariados confirmaron que los factores genéticos tienen una incidencia primordial en la composición de la uva, independientemente de las diferencias verificadas entre las características de las uvas de una misma parcela en distintos años, que dependen fundamentalmente de los factores ambientales.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las empresas Viñedos y Bodegas Filgueira, Establecimiento Juanicó, D., E. y G. Pisano, José Luis Rinaldi y Viña Varela Zarranz, por el apoyo prestado para la realización de los ensayos.

A D. Charamelo, J. Balado, R. Bochicchio, G. Gatto, A. Tessore, G. Camussi, I. Sibille y J. Abella por su participación en los muestreos y análisis de las uvas. A G. Bordo por su colaboración en la presentación del trabajo.

Al Programa de Desarrollo Tecnológico (PDT) de la DINACYT de Uruguay (Beca PDT S/C/BE/OP/10 y Proyecto S/C/OP/07/21), por sus aportes para la financiación de distintas actividades relacionadas con este trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

- BOURZEIX, M.; HEREDIA, N. & KOVAC, V. 1983. Richesse de différents cépages en composés phénoliques totaux et en anthocyanes. *Prog. Agric. Vitic.*, 17, 421-428.
- BOURZEIX, M.; WEYLAND, D. & HEREDIA, N. 1986. Etude des catéchines et des procyanidols de la grappe de raisin, du vin et d'autres dérivés de la vigne. *Bull. de l'O.I.V.* 669-670: 1176-1190.
- CARBONNEAU, A.; MOUEIX, A.; LECLAIR, N. & RENOUX, J. 1991. Proposition d'une méthode de prélèvement de raisins à partir de l'analyse de l'hétérogénéité de maturation sur un cep. *Bull. de l'O.I.V.* 727/728, 679-690.
- CHEYNIER, V.; SOUQUET, J.; KONTEK, A. & MOUTOUNET, M. 1994. Anthocyanin degradation in oxidizing grape musts. *J. Sci. Food Agric.* 66: 283-288.
- DALLAS, C.; RICARDO-DA-SILVA, J. M. & LAUREANO, O. 1995. Degradation of oligomeric procyanidins and anthocyanins in a Tinta Roriz red wine during maturation. *Vitis* 34 (1): 51-56.
- DI STEFANO, R. & MAGGIOROTTO, G. 1995. Antociani, acidi idrossicinnamici e flavonoli del frutto, delle foglie, dei raspi e dei tralci della vite. *Riv. Vitic. Enol.* 2: 51-65.
- DI STEFANO, R.; MORIONDO, G.; BORSA, D.; GENTILINI, N. & FOTI, S. 1994b. Influenza di fattori climatici e culturali sul profilo antocianico varietale. *L'Enotecnico* XXX (4): 73-77.
- GLORIES, Y. 2001. Caractérisation du potentiel phénolique: adaptation de la vinification. *Progrès Agricole et Viticole* 118 (15-16): 347-350.
- GLORIES, Y. & AUGUSTIN, M. 1993. Maturité phénolique du raisin, conséquences technologiques: application aux millésimes 1991 et 1992. *Compte Rendu Colloque Journée Techn. CIVB, Bordeaux.* pp. 56-61.
- GONZALEZ-NEVES, G. 2005. Etude de la composition polyphénolique des raisins et des vins des cépages Merlot, Cabernet-Sauvignon et Tannat provenant de vignes conduites en Lyre et en Espalier dans le sud de l'Uruguay. Tesis de Doctorado. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier. Montpellier, 279 pp.
- GONZÁLEZ-NEVES, G.; BARREIRO, L.; GIL, G.; FRANCO, J.; FERRER, M.; CARBONNEAU, A. & MOUTOUNET, M. 2004a. Anthocyanic composition of Tannat grapes from the South region of Uruguay. *Analytica Chimica Acta*: 513 (1): 197-202.
- GONZÁLEZ-NEVES, G.; CHARAMELO, D.; BALADO, J.; BARREIRO, L.; BOCHICCHIO, R.; GATTO, G.; GIL, G.; TESSORE, A.; CARBONNEAU, A. & MOUTOUNET, M. 2004b. Phenolic potential of Tannat, Cabernet-Sauvignon

- and Merlot grapes and their correspondence with wine composition. *Analytica Chimica Acta* 513 (1): 191-196.
- GONZÁLEZ-NEVES, G.; BARREIRO, L.; GIL, G.; FRANCO, J.; CARBONNEAU, A. & MOUTOUNET, M. 2005. Estudio de la composición antocianica de uvas y vinos de los cv Tannat, Cabernet-Sauvignon y Merlot : utilidad de los perfiles obtenidos para la caracterización varietal. *Bulletin de l'O.I.V.* 78 (887-888): 30-43.
- GONZÁLEZ-NEVES, G.; FRANCO, J.; BARREIRO, L.; GIL, G.; MOUTOUNET, M. & CARBONNEAU, A. 2006. Varietal differentiation of Tannat, Cabernet-Sauvignon and Merlot grapes and wines according to their anthocyanic composition. *European Food Research and Technology* (Online): 1-7.
- GONZÁLEZ-NEVES, G.; FERRER, M.; CARBONNEAU, A. & MOUTOUNET, A. 2003. Adaptación de la vinificación en tinto en función del potencial polifenólico de las uvas. Experiencias realizadas en la vendimia 2001. *Agrociencia VII* (1): 59-67.
- HASELGROVE, L. BOTTING, D.; VAN HEESWIJCK, R.; HOJ, P. B.; DRY, P. R.; FORD, C. & ILAND, P. 2000. Canopy microclimate and berry composition: the effect of bunch exposure on the phenolic composition of *Vitis vinifera* L cv. Shiraz grape berries. *Aust. J. Grape Wine Res.* 6: 141-149.
- HRAZDINA, G.; PARSONS, G. & MATTICK, L. 1984. Physiological and biochemical events during development and maturation of grape berries. *Am. J. Enol. Vitic.* 35 (4), 220-227.
- LARICE, J.; ARCHIER, P.; ROCHEVILLE-DIVORNE; COEN, S. & ROGGERO, J. 1989. Composition anthocyanique des cépages. II. Essai de classification sur trois ans par Analyse en Composantes Principales et étude des variations annuelles de cépages de même provenance. *R.F.OE.* 121: 7-12.
- MEDINA, K.; BOIDO, E.; DELLACASSA, E. & CARRAU, F. 2005. Yeast interaction with anthocyanins during red wine fermentation. *Am. J. Enol. Vitic.* 56 (2): 104-109.
- MONAGAS, M.; BARTOLOMÉ, B. & GÓMEZ-CORDOVÉS, C. 2005. Updated knowledge about the presence of phenolic compounds in wine. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 45: 85-118.
- O.I.V. 1990. *Récueil des méthodes internationales d'analyse des vins et des moûts.* Office International de la Vigne et du Vin. Paris.
- ORTEGA, M.; RIVAS-GONZALO, J.; VICENTE, J. & SANTOS-BUELGA, C. 1994. Diferenciación de variedades de uvas tintas por su composición antocianica. *La Semana Vitivinícola* 2521 (22): 4209-4220.
- OTTENEDER, H.; HOLBACH, B.; MARX, R. & ZIMMER, M. 2002. Rebsortenbestimmung in Rotwein anhand der Anthocyanenspektren. *Mitteilungen Klosterneuburg* 52: 187-194.
- PRICE, S.; BREEN, P.; VALLADAO, M. & WATSON, T. 1995. Cluster sun exposure and quercetin in Pinot Noir grapes and wines. *Am. J. Enol. Vitic.* 46 (2): 187-194.
- REVILLA, E.; GARCÍA-BENEYTEZ, E.; ALONSO, E. & CABELLO, F. 2001a. La extracción de antocianinas durante la vinificación en tinto. Implicaciones en la utilización de esas moléculas como herramienta en las diferenciación de vinos. In *Proceedings World Congress Vine and Wine, Adelaida*, pp: 172-180.
- REVILLA, E.; GARCÍA-BENEYTEZ, E.; CABELLO, F.; MARTÍN-ORTEGA, G. & RYAN, J. 2001b. Value of high-performance liquid chromatographic analysis of anthocyanins in the differentiation of red grape cultivars and red wines made from them. *Journal of Chromatography A* 915: 53-60.
- REVILLA, I., PÉREZ-MAGARIÑO, S.; GONZÁLEZ-SANJOSÉ, M. L. & BELTRÁN, S. 1999. Identification of anthocyanin derivatives in grape skin extracts and red wines by liquid chromatography with diode array and mass spectrometric detection. *Journal of Chromatography*: 847. 83-90.
- RIBEREAU-GAYON, P. & STONESTREET, E. 1965. Le dosage des anthocyanes dans le vins rouges. *Bull. Soc. Chim.* 9: 2649.
- ROGGERO, J.; COEN, S. & RAGONNET, B. 1986. High performance liquid chromatography survey on changes in pigment content in ripening grapes of Syrah. An approach to anthocyanin metabolism. *Am. J. Enol. Vitic.* 37 (1): 77-83.
- ROGGERO, J.; LARICE, J.; ROCHEVILLE-DIVORNE, C.; ARCHIER, P. & COEN, S. 1988. Composition anthocyanique des cépages. I. Essai de classification par Analyse en Composantes Principales et par Analyse Factorielle Discriminante. *R.F.Œ.* 112: 41-48.
- ROMERO-CASCALES, I.; ORTEGA-REGULES, A.; LÓPEZ-ROCA, J.; FERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, J. & GÓMEZ-PLAZA, E. 2005. Differences in anthocyanin extractability from grapes to wines according to variety. *Am. J. Enol. Vitic.* 56 (3): 212-219.
- ROSON, J. & MOUTOUNET, M. 1992. Quantités d'anthocyanes et de tanins des raisins de quelques cépages du Sud-Ouest en 1988 et 1989. *R.F.Œ.* 135: 17-27.
- SAINT-CRICQ DE GAULEJAC, N.; VIVAS, N. & GLORIES, Y. 1998. Maturité phénolique: définition et contrôle. *R. F. Œ.* 173: 22-25.

- SOUQUET, J.; CHEYNIER, V.; SARNI-MANCHADO, P. & MOUTOUNET, M. 1996. Les composés phénoliques du raisin. *J. Int. Sci. Vigne et Vin* 33 (N° HS): 99-107.
- SOUQUET, J.; CHEYNIER, V. & MOUTOUNET, M. 2000. Composition en tanins de différents cépages. In : *Œnologie* 99. Coord. A. Lonvaud-Funel. Editions Tec & Doc. Paris.
- TOMASI, D.; PITACCO, A. & PASCARELLA, G. 2003. Bunch and berry temperature and anthocyanin synthesis and profile in Cabernet sauvignon. *Riv. Vitic. Enol.* 4: 3-15.
- VIVAS DE GAULEJAC, N.; NONIER, M.; GUERRA, C. & VIVAS, N. 2001. Anthocyanin in grape skins during maturation of *Vitis vinifera* L. cv Cabernet Sauvignon and Merlot Noir from different Bordeaux terroirs. *J. Int. Sci. Vin* 35 (3): 149-156.
- WENZEL, K.; DITTRICH, H. & HEIMFARTH, M. 1987. Die Zusammensetzung der Anthocyane in den Beeren verschiedener Rebsorten. *Vitis* 26: 65-78.