SEXTO CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE VITICULTURA DE MONTAÑA Y EN FUERTE PENDIENTE

SIXTH INTERNATIONAL CONGRESS ON MOUNTAIN AND STEEP SLOPE VITICULTURE

San Cristobal de la Laguna (Isla de Tenerife) – España
26 – 28 de Abril de 2018

"Viticultura heroica: de la uva al vino a través de recorridos de sostenibilidad y calidad"

"Heroic viticulture: from grape to win through sustainability and quality"

ACTOS

PROCEEDINGS

POSTERS

POSTERS

ISBN 978-88-902330-5-0

PATROCINIOS

Generating Innovation between Practice and Research

SEXTO CONGRESO INTERNACIONAL
SOBRE VITICULTURA DE MONTAÑA Y EN FUERTE PENDIENTE

SIXTH INTERNATIONAL CONGRESS ON MOUNTAIN AND STEEP SLOPE VITICULTURE

SESIÓN I

SESSION I

Mecanización y viticultura de precisión en los viñedos en fuerte pendiente

Mechanization and precision viticulture for steep slope vineyard

PATROCINIOS

Generating Innovation between Practice and Research

ROMOVI & PARRA: Robotics towards an adaptable and all-inclusive service for steep slope vineyards

Castelão I.[1]; Petiz, P.[1]; Ramalho T. [1]; Sousa E.[2]; Carlos, C.[3] [1]

TEKEVER, Portugal: ines.castelao@tekever.com, pedro.petiz@tekever.com, tiago.ramalho@tekever.com

[2] INIAV - Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, Portugal: esmeraldina.sousa@iniav.pt

[3]ADVID - Association for the Development of Viticulture in the Douro Region, Portugal: cristina.carlos@advid.pt

Introduction

Even though mechanization and the use of robots in agricultural activities is still not fully democratized, it is indisputable that it is a domain with a lot of economic and non-economic potential. Using user-driven approaches and combining different robotic platforms with other state of the art technologies like data collection and processing tools, it is possible to provide efficient, effective and environmental friendly solutions to precise farming. Robotization then becomes a key contributor in agriculture, creating additional benefits besides labour reduction; in fact, according to the paradigm which is presented herein, robots should be used in a holistic approach, so that each one is able to not only complement human activities (reducing strenuous and especially repetitive tasks), but also other robots' tasks – the right robot for the right use. This becomes acutely important in an environment such as steep slope vineyards.

Methods

The harsh requirements associated with steep slope viticulture (which are typical in the Douro region) present challenges to mechanization and robotization, especially due to the sharp inclination and morphology of its terrain, along with the great amount of rocks and other obstacles. Furthermore, the limited area of vineyards with numerous parcels (which characterizes the vineyard of the Minho region) hinder the work of the phytosanitary inspectors. PARRA and ROMOVI are both 3-year projects, still in progress since April 2016 and January 2017 (respectively) addressing different problems associated with these type of environments, (e.g. Flavescence Dorée (FD) disease detection and vineyards stage/state diagnostic). Although PARRA and ROMOVI explore different platforms and applications UAV and UGV, respectively, they both are the foundation towards a versatile and all-inclusive service for steep slope vineyards, complementing each other as well as with traditional human activities.

Status

After more than one year into the ROMOVI project, UGV system design and implementation are starting to take place, with the final project demonstration planned to occur in the Douro region during 2019. PARRA has been exploring UAV equipped with hyperspectral sensors in order to collect FD diseases data samples, and develop an early detection algorithms of FD symptoms. Data collected is currently under analysis in order to develop an automatic algorithm and establish a pattern according to environment light condition of data collected from the UAV. These projects are co-funded by the European Commission in the scope of program Portugal 2020 under grant agreements 3447 (PARRA) and 17945 (ROMOVI), for cooperative Research and Development.

PATROCINIOS

Generating Innovation between Practice and Research

A tool to mitigate climate change: kaolin boosts grapevine physiology, fruit quality and must in cv. Tinta Francisca.

L.-T. Dinis(1), **A. Luzio**(1), **S. Bernardo**(1), **A. Gonçalves**(1), **N. Machado**(1), **J. Coutinho**(1), **A.C. Malheiro**(1), **R. Flores**(2), **C. Correia**(1), **S. Alves**(2) and **J. Moutinho-Pereira**(1)

(1)*Centre for the Research and Technology of Agro-Environmental and Biological Sciences (CITAB).* *liatdinis@utad.pt* (1)*Herdade do Esporão.*

Abstract

In the current climate-changing scenario, the projections point to shift the temperature and precipitation patterns, which will imbalance agricultural production chains, wine quality. It is known that climate change will affect grapevine physiology and grape berry ripening however knowledge about short-term climate change adaptation strategies for Mediterranean vineyards is scare but necessary to improve grapevine physiology and yield quality attributes to maintain the wine typicity. In this work, physiological performance of Tinta Frascisca cv. through infra-red gas analyser were monitorized after kaolin application (5%) in a commercial vineyard, "Herdade do Esporão", located at *Alentejo* in 2017 summer. Besides, phenolic composition, tannins, anthocyanins and berry qualitative attributes (total acidity, tartaric and malic acid) were also evaluated at harvest in order to understand kaolin effects. In the must, we also evaluated the probable alcohol, total acidity and tartaric acid. Two months after application (end August), net photosynthesis and stomatal conductance increased in treated plants. Fruits from kaolin plants showed a lower decrease in phenolic compounds and tannins between veraison and maturation but an high increment of anthocyanins. Also treated fruits had higher tartaric and malic acid content and total acidity. Relating to must the treated plants revealed higher total acidity and lower probable alcohol. Overall, results showed that kaolin maintaining high tartaric acid content in the harvest period**,** which play an important role during wine production, and have positive effects on wine quality showing a natural higher acidity.

Key words: photosynthesis, phenolic compounds, probable alcohol, total acidity, tartaric acid

1 Introduction

Excess of temperature, high irradiance and water scarcity are well-known environmental stress factors that increasingly frequent during summer in grape growing areas like the Mediterranean basin. These scenario limits grapevine productivity and berry quality in Alentejo, becoming nowadays frequent in the context of ongoing climate change. In this context, the foliar application of kaolin, $Al_2Si_2O_5(OH)_4$, a chemically inert mineral that greatly reflects ultraviolet and infrared radiations, as well as, in part, photosynthetically active radiation, has recently been shown to decrease photoinhibition in mature leaves (Dinis et al., 2018). This is a strategy to mitigate the negative effects of the climate change. In grapevine, the use of a kaolin particle film led to lower canopy temperatures, higher stomatal conductance and photosynthesis under non-limiting soil moisture conditions, higher protection of photosystem II structure and function in leaves exposed excessive solar radiation (Dinis et al. 2016a, 2016b). Also, the protective effect of kaolin has been proved on boosting the antioxidant capacity and phenolic content in grapevines from Touriga Nacional variety (Conde et al. 2016; Dinis et al. 2016b). In grape berries it promoted an alteration of total soluble solids content and anthocyanin amount and enhanced several molecular mechanisms involved in the synthesis of phenolics, including flavonoids, namely anthocyanins (Shellie and Glenn 2008; Conde et al. 2016). However, it is

mandatory to study this protector effect of kaolin particle film in other varieties and perhaps in different areas (terroir).
For this, the purpose of this work is to study the effect of kaolin application in leaf photosynthesis, fruit and must quality of Tinta Francisca variety. As far as we know there were no studies in must analysis with this short-term strategy.

2 Material and methods

This experiment was carried out in 2017 at the commercial vineyard "Herdade do Esporão" in Alentejo Region located at Reguengos de Monsaraz (N 38° 23′ 55" W7° 32′ 45.999"), in south Portugal. The climate is Mediterranean type with dry and hot summers, high precipitation during the winter months and very low during the summer. The studied grapevine variety was "Tinta Francisca", a typical variety of the area, considered the one of the finest Portuguese red grape variety, and in Alentejo wine region is particularly important. Grapevines were grown under dry-farming conditions and this work took place in a vineyard row with 60 plants treated with kaolin and 60 as control (without kaolin). The row was sprayed soon after veraison (3rd July 2017) with 5% kaolin (w/v) (Surround WP; Engelhard Corp., Iselin, NJ), according to previous works done by our team (Dinis et al., 2016a,b). The adult vines were trained to unilateral cordon. For biochemical analysis we used mature leaves and well exposed to sun. Samples were frozen in liquid nitrogen and stored at −80 °C, then lyophilized for 48 h and converted to a fine dried powder before analysis.

2.1 Gas exchange

Gas exchange parameters (n=6) were determined at midday (13:30–14:30) one month and half after kaolin application (September) with a portable gas exchange system (LCpro+, ADC, Hoddesdon, England). Incident photosynthetic photon flux density (PPFD) on the leaves was always greater than 1500 μmol m−2 s−1, which is above light saturation point in this species (Flexas et al., 2002). Net CO2 assimilation rate (A), and stomatal conductance (gs) were calculated (von Caemmerer and Farquhar, 1981).

2.2 Phenolic compounds

The concentration of total phenolics was quantified by the Folin–Ciocalteu colorimetric method at 750 nm (Singleton and Rossi, 1965) using a gallic acid (GAE) calibration curve. The results were expressed as mg of gallic acid equivalents per g of dry weight (GAEs). Flavonoids concentrations in the extracts were determined by a colorimetric method at 510 nm (Jia et al., 1999). A calibration curve was prepared with (+)-catechin and the results were expressed as μg of (+)-catechin equivalents per g of dry weight (DW). Total anthocyanins concentration was estimated using the pH differential method (Meng et al., 2012). Extracts were diluted with buffers at pH 1.0 and 4.5 at the same dilution. Absorbance was measured at 520 and 700 nm in both pH 1.0 and 4.5 buffers. Total anthocyanins (expressed per cyanidin-3-glucoside of dry weight) were calculated using the following formula: Anthocyanin concentration = A × DF × MW/ (ε × C). A = (A520 – A700) pH1.0 − (A520 – A700)pH4.5; where MW is the molecular weight of cyanidin-3-glucoside (449 g/ mol); DF is the dilution factor; ε is the molar extinction coefficient of cyanidin-3-glucoside (29,600); C is the concentration of extracted volume. Tannins concentrations of the extracts were determined by a colorimetric method at 500 nm (Zou et al., 2011). A calibration curve was prepared with (+)-catechin and the results were expressed as mg of (+)-catechin equivalents per g of dry weight.

2.3 Acidity parameters

The total acidity quantification was determined by volumetric method; the malic and tartaric acids by enzymatic method in both berries and must.

3 Results and Discussion

Gas-exchange parameters showed that the treated plants exhibited significantly higher values of photosynthesis (79.4% higher) two months after kaolin application in maturation stage, only in the midday period (Figure 1). Regarding to stomatal conductance the kaolin-treated plants presented significantly higher values in the same period as referred for the photosynthesis with an increment of 62.4% compared with control plants (Figure 2). Vines sprayed with kaolin exhibit lower leaf temperature due to clay particles impact on leaf reflectance (Dinis et al., 2018). Accordingly, this effect reduces potentially damage caused by visible and ultraviolet radiations, and consequently reduces heat stress and sunburn damage. Together, the kaolin effects caused, in this specific study on field-grown grapevines, a significant increment of stomatal conductance and photosynthesis, when compared with the untreated plants, mainly two months after the application. The lower values of photosynthesis and stomatal conductance in the control plants suggested that the decline in photosynthesis could be related to stomatal limitations. The regulation of stomatal aperture limits the CO_2 entry into leaves and consequently leads to a decrease of photosynthesis as a result of the reduced CO_2 availability (Centritto et al. 2005). Moreover, as the stress progressed, the nonstomatal component of photosynthesis was also affected, as demonstrated by the decrease of photosynthesis and stomatal conductance.

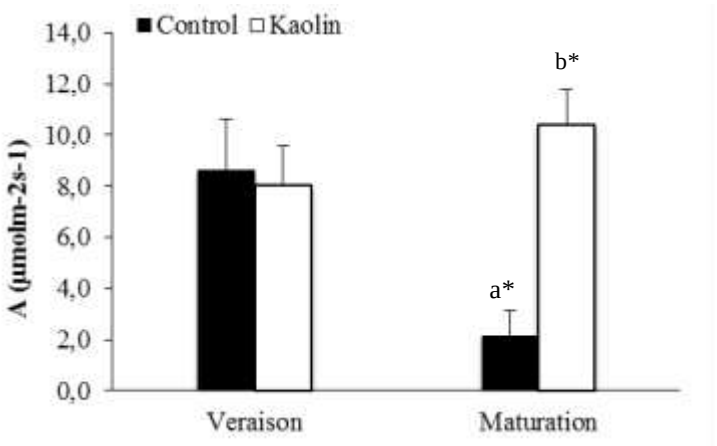


Figure 1 - Kaolin application effects on stomatal condutance (mmol m^{-2} s_{-1}), in veraison (three week after kaolin application) and maturation (two months after kaolin application). Values are presented as mean, n = 6 per treatment. Statistical analysis was performed using a two-way factorial ANOVA. Different lowercase letters represent significant differences between the treatment (control vs. kaolin) and * represents significant differences between different stages within the same treatment ($p<0.05$).

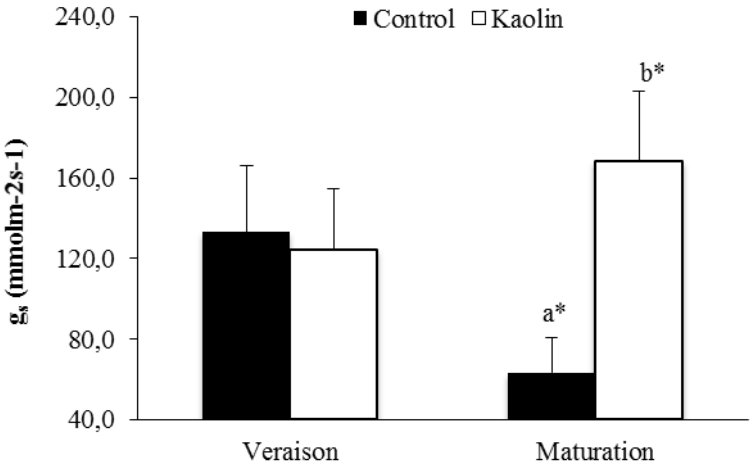


Figure 2 - Kaolin application effects on stomatal condutance (μmol m^{-2} s^{-1}) in veraison (three week after kaolin application) and maturation (two months after kaolin application). Values are presented as mean, n = 6 per treatment. Statistical analysis was performed using a two-way factorial ANOVA. Different lowercase letters represent significant differences between the treatment (control vs. kaolin) and * represents significant differences between different stages within the same treatment ($p<0.05$).

Table 1 shows the total phenols, flavonoids, anthocyanins and tannins concentrations in extracts from berries sampled from July and September treated with kaolin and control plants. As can be seen the total amount of phenols decreases from veraison to maturation. However, this slope is much less pronounced in the fruits from treated plants (37.0% and 25.9% in treated and untreated, respectively). Regarding flavonoids and tannins the tendency was the same. Fruits from treated plants showed a lower decrease (35.8% and 45.7% for flavonoids and tannins, respectively) than untreated ones (48.4% and 54.4% for flavonoids and tannins, respectively). Kaolin application also showed a stimulating effect on the production of anthocyanin fruits (Conde et al., 2016). Moreover, the concentration of anthocyanins increased by 68.0% in control berries and 74.5% in kaolin-treated ones.

Table 1. Phenolic compounds of grapevine berries of Tinta Francisca cv. three weeks (veraison) and two months after kaolin application. Values are presented as mean, n = 6 per treatment. Statistical analysis was performed using a two-way factorial ANOVA. Different lowercase letters represent significant differences between the treatment (control vs. kaolin) and * represents significant differences between different stages within the same treatment ($p<0.05$).

		Fruit			
Stage	**Treatment**	**Total phenols (mg/g)**	**Flavonoids (mg/g)**	**Anthocyanins (mg/g)**	**Tannins (mg/g)**
Veraison	Control	84.62±3.37a	30.89±0.74a	0.56±0.04	50.59±1.31
	Kaolin	65.95±1.23b	20.85±0.21b	0.52±0.01	31.01±0.51
Maturation	Control	53.3±1.90a*	15.94±0.57a*	1.75±0.13	23.09±0.31
	Kaolin	48.84±1.74b*	13.39±0.22b*	2.04±0.13	16.84±0.12

PATROCINIOS

Generating Innovation between Practice and Research

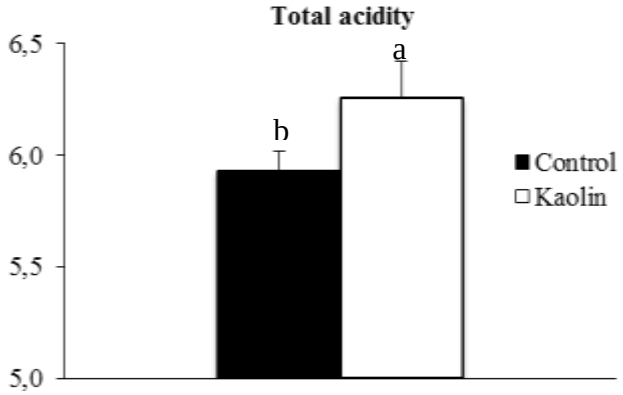
Results showed that kaolin diminished the decreased of phenolic components in berries, part of them with well-known contribution to berry and wine quality.
In other study done by our team in other demarked region (Douro) with another variety (Touriga Nacional) (Dinis et al., 2016) we also have similar results relating to gas-exchange parameters. Nevertheless, relating to phenolic compounds the behavior was quite different. In spite of the lower decrease observed, in the other variety and area we had higher concentration of phenols, flavonoids and anthocyanins in the fruits from the kaolin-treated plants, which not occurs in this study. However, in this study we had this tendency in the veraison stage, which is closer to the date of the kaolin application. These results together could also indicate that kaolin has benefit effects in grape berries but we suggest that it could be sprayed soon in the Alentejo than Douro region. Also different varieties in different *terroir* show to have different behavior to kaolin application.
In the Table 2 we can see the acidity parameters in grapevine berries treated and untreated with kaolin, namely total acidity, tartaric acid and malic acid in both veraison and maturation stages. Is clearly and expectable the decrease of acidity between veraison and maturation, due the decrease of the acids concentration. This expected decrease is due to the excess of heat (near 40ºC) and radiance present on the region during the summer that affects the plants causing the degradation of the acids. As we can see, in the maturation stage the kaolin shadow effect provokes a lower degradation of the tartaric and malic acid leading higher berry acidity.

Table 2. Acidity parameters of grapevine berries of Tinta Francisca cv. three weeks (veraison) and two months after kaolin application. Statistical analysis was performed using a two-way factorial ANOVA. Different lowercase letters represent significant differences between the treatment (control vs. kaolin) and * represents significant differences between different stages within the same treatment ($p<0.05$)

		Fruit		
Stage	**Treatment**	**Total acidity** (g/L Tartaric acid)	**Tartaric acid** (g/L)	**Malic acid** (g/L)
Veraison	Control	7.35±0.39	4.02±0.27	2.36±0.42
	Kaolin	7.30±0.61	4.04±0.23	2.63±0.11
Maturation	Control	3.90±0.13a*	2.46±0.02*	1.27±0.16a*
	Kaolin	4.68±0.16b*	2.57±0.19*	1.81±0.17b*

In relation to the must the analysis of total acidity (Figure 2) and probable alcohol (Figure 3) was done. The must prevenient from plants treated with kaolin showed higher values of total acidity. The treated must show more 5.3% of acidity than control one.

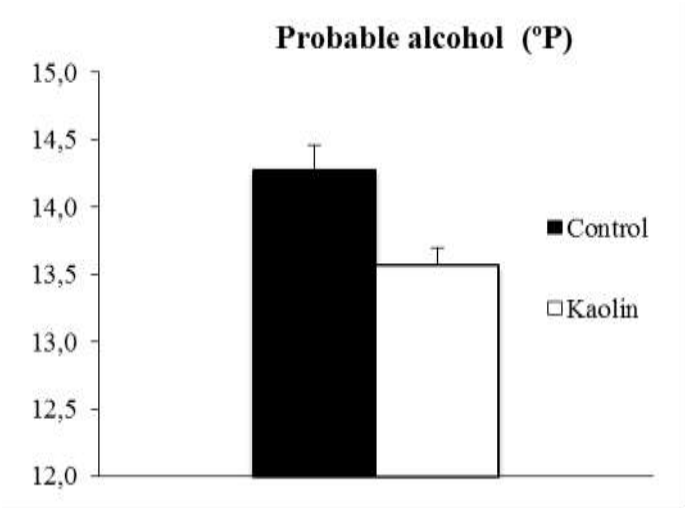
Figure 3 – Effect of kaolin application in total acidity of the must of Tinta Francisca. Statistical analysis was performed using a one-way factorial ANOVA. Different lowercase letters represent significant differences between the treatment (control vs. kaolin) ($p<0.05$).



Concerns to probable alcohol in the must treated one showed to have lower alcohol than control plants.

Nowadays, the wine market is searching red wines with lower alcohol and higher acidity. Looking to this tendency the kaolin treatment shows to be an excellent tool to producers to achieve this goal.

Figure 4 – Effect of kaolin application in the probable alcohol of Tinta Francisca must. Statistical analysis was performed using a one-way factorial ANOVA. Different lowercase letters represent significant differences between the treatment (control vs. kaolin) ($p<0.05$).



4 References

L.-T. DINIS, A. MALHEIRO, A. LUZIO, H. FRAGA, H. FERREIRA, I. GONÇALVES, G. PINTO, C.M. CORREIA, M.-P. J., Improvement of grapevine physiology and yield under summer stress by kaolin-foliar application: water relations, photosynthesis and oxidative damage, Photosynthetica, 56 (2018) 641-651.

L.-T. DINIS, H. FERREIRA, G. PINTO, S. BERNARDO, C.M. CORREIA, J. MOUTINHO-PEREIRA, Kaolin-based, foliar reflective film protects photosystem II structure and function in grapevine leaves exposed to heat and high solar radiation., Photosynthetica, 54 (2016a) 47-45.

L.T. DINIS, S. BERNARDO, A. CONDE, D. PIMENTEL, H. FERREIRA, L. FELIX, H. GEROS, C.M. CORREIA, J. MOUTINHO-PEREIRA, Kaolin exogenous application boosts antioxidant capacity and phenolic content in berries and leaves of grapevine under summer stress, J Plant Physiol, 191 (2016b) 45-53.

CONDE, D. PIMENTEL, A. NEVES, L.-T. DINIS, S. BERNARDO, C.M. CORREIA, H. GERÓS, J. MOUTINHO-PEREIRA, MOLECULAR and metabolic modifications on phenylpropanoid and flavonoid pathways in grape berry reveal a stimulatory effect of foliar kaolin application, Frontiers Plant Science, Submitted (2016).

K. SHELLIE, D.M. GLENN, Wine grape response to foliar particle film under differing levels of pre-veraison water stress. , HortScience, 43 (2008) 1392–1397.

V.L. SINGLETON, J.A.J. ROSSI, Colorimetric of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents, American Journal of Enology and Viticulture, 16 (1965) 144–158.

Z. JIA, M. TANG, J. WU, The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals, Food Chemistry, 64 (1999) 555–559.

J.F. MENG, Y.L. FANG, M.Y. QIN, X.F. ZHUANG, Z.W. ZHANG, Varietal differences among the phenolic profiles and antioxidant properties of four cultivars of spine grape (Vitis davidii Foex) in Chongyi County (China), Food Chemistry, 134 (2012) 2049-2056.

Y. ZOU, S.K. CHANG, Y. GU, S.Y. QIAN, Antioxidant activity and phenolic compositions of lentil (*Lens culinaris* var. Morton) extract and its fractions., J Agric Food Chem 59 (2011) 2268-2276.

M. CENTRITTO, S. WAHBI, R. SERRAJ, M.M. CHAVES, Effects of partial rootzone drying (PRD) on adult olive tree (*Olea europaea*) in field conditions under arid climate. II. Photosynthetic responses., Agriculture, Ecosystems & Environment, 106 (2005) 303–311.

El aclareo de racimos para el ajuste de precisión: efectos agronómicos y cualitativos en cv. Verdejo, variando la dosis de riego, en la D.O. Rueda

Cluster thinning for precision adjustment: agronomic and qualitative effects on cv. Verdejo, varying the dose of irrigation in the D.O. Rueda

Jesús Yuste[1], Alejandro Vicente[1,a], Daniel Martínez-Porro[1]

[1]Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León, Ctra. Burgos km 119, 47071 Valladolid

[a]Actualmente: actividad vitivinícola externa, España.

Resumen

La regulación del rendimiento es un aspecto crítico para la calidad de la uva de variedades blancas en condiciones de cultivo con fuerte limitación hídrica, como ocurre en la mayoría de las regiones de España, pero también cuando la escasez de lluvia puede paliarse con la aplicación moderada de riego. En el caso de la variedad Verdejo, se requiere conocer su respuesta a la reducción del número de racimos con la finalidad de regularizar la producción y mejorar la calidad de la uva. A lo largo del período 2012-2014, se estudió la aplicación de un tratamiento de aclareo de racimos (A), suprimiendo un 30% de los mismos, frente a un tratamiento testigo (T), en dos regímenes hídricos, uno con riego del 25% y otro con riego del 50% de ETo, aplicado por goteo desde tamaño guisante hasta vendimia. El ensayo se llevó a cabo con cv. Verdejo sobre portainjerto 110R, plantado en 2006 y conducido en espaldera en cordón Royat bilateral, con un marco de 2,60 m x 1,25 m (3.077 plantas/ha). El viñedo se sitúa en Medina del Campo (Valladolid), dentro de la D.O. Rueda. El aclareo de racimos produjo una notable reducción del rendimiento, en torno al 26,5%, a pesar del ligero aumento del peso del racimo, un 6,5%. El desarrollo vegetativo no se vio modificado sustancialmente por el aclareo, en concordancia con el peso de sarmiento, aunque disminuyó ligeramente dentro de R50. La concentración de sólidos solubles se vio favorecida claramente por el aclareo, a la par que el pH aumentó ligeramente y la acidez total se redujo suavemente. El ácido tartárico mostró una tendencia similar a la acidez total, mientras que el ácido málico no mostró diferencias reseñables entre tratamientos. La concentración de potasio fue superior en el tratamiento de aclareo que en el tratamiento testigo.

1 Introducción

La regulación del rendimiento es un aspecto crítico para la calidad de la uva de variedades blancas en condiciones de cultivo con fuerte limitación hídrica, como ocurre en muchas zonas de montaña y de fuerte pendiente y en la mayoría de las regiones de España. La aplicación de aclareo de racimos está ampliamente extendida en muchas zonas productoras con Denominación de Origen como técnica más directa para corregir el exceso de carga productiva anual (Yuste y Vicente, 2015). Dicho exceso suele estar ocasionado por un número elevado de yemas dejadas en la poda o por condiciones meteorológicas muy favorables durante los períodos de floración y cuajado, incrementándose la fertilidad real respecto a la esperada. La reducción intencionada del rendimiento ha estado asociada a la idea de que un rendimiento bajo da lugar a una mayor calidad de uva y de vino, la cual ha sido incluso transmitida al consumidor final, sin considerar los diversos aspectos del cultivo. Sin embargo, se ha observado que el incremento inicial de producción es acompañado por un incremento en la calidad de la uva, mostrando la regresión entre estos dos parámetros una curva normal, hasta un punto a partir del cual la calidad se resiente debido al exceso de carga de cosecha (Bravdo, 2004). Dicho punto de equilibrio depende de la capacidad productiva del viñedo, que será función del clima, el suelo, la variedad, el manejo del cultivo y las características de la uva deseadas.

El aclareo de racimos puede ser eficaz en plantas con sobrecarga y/o bajo condiciones climatológicas adversas, si se realiza con suficiente antelación a la vendimia, para favorecer la madurez deseada de la uva y la calidad del vino (Vila-Crespo *et al*., 2015). La reducción de cosecha modifica la relación fuente-sumidero y, consecuentemente, puede favorecer el adelanto de la maduración e incrementar el pH y el contenido en sólidos solubles, antocianos, polifenoles y Nitrógeno total en mosto (Palliotti y Cartechini, 2000).

PATROCINIOS

Generating Innovation between Practice and Research

Intrigliolo y Castel (2011) indicaron que el aclareo de racimos incrementaba la uniformidad de la uva en cuanto a sólidos solubles. Contrariamente, Calderón-Orellana *et al*. (2014) observaron que el aclareo de racimos incrementó la uniformidad del contenido en sólidos solubles en los racimos durante la fase de envero, pero que en vendimia no se apreciaban diferencias estadísticamente significativas con respecto al testigo, en cuyo caso la ejecución del aclareo, buscando el incremento de la homogeneidad de madurez en vendimia, no justificaría su coste económico. Sin embargo, ambas publicaciones coinciden en que los cambios debidos al aclareo de racimos, en la composición de la uva y en las características del vino resultante, pueden verse modificados en diverso grado en función de las características climáticas del año, cuya influencia en la planta ya ha sido observada en algún trabajo realizado con la variedad Verdejo cultivada en secano (Vicente y Yuste, 2015).

Bravdo (2004) ya resaltó que la calidad organoléptica del vino de plantas aclareadas resultó significativamente más alta que la del vino procedente de plantas testigo en un ensayo con sobrecarga productiva. Contrariamente, el efecto del aclareo no fue estadísticamente significativo al evaluar los vinos de otro ensayo que presentaba plantas sin exceso de producción. La evaluación organoléptica realizada por Berkey *et al*. (2011), en vinos obtenidos de ensayos de aclareo, mostró diferencias el primer año pero no el segundo, lo cual remarca la importancia de las condiciones climáticas anuales en cuanto a la aplicación de esta técnica.

Los trabajos sobre el aclareo de racimos, como técnica empleada para regularizar la carga e incrementar la calidad de la uva, no son escasos, pero se han realizado generalmente con variedades tintas (Alburquerque *et al*., 2010) y muestran la divergencia de resultados consecuente con las diferentes condiciones en que se han llevado a cabo, tales como suelo, clima, variedad y tipo de manejo. Por tanto, la experimentación eficaz debe realizarse en cada zona con la variedad cuyo nivel de producción pueda ser objeto de control.

El objeto de este trabajo es el estudio de los posibles efectos de la aplicación de aclareo de racimos, en el desarrollo vegetativo y en la producción de uva, así como en su composición, de la variedad Verdejo en el periodo 2012-2014, en un ensayo experimental situado en la Denominación de Origen Rueda (España), por tanto, en las condiciones climáticas semiáridas del centro del valle del río Duero.

2 Material y métodos

El ensayo se realizó a lo largo del periodo 2012-2014 en la localidad de Medina del Campo (Valladolid, España), en un viñedo perteneciente a la bodega del Grupo Yllera S.L., ubicado dentro de la D.O. Rueda, en el centro de Castilla y León. Las coordenadas del ensayo son 41º21’02’’N y 4º56’16’’O. Las cepas del viñedo experimental, plantadas en 2006, son del cv. Verdejo, injertadas sobre el portainjerto 110R. El marco de plantación es de 2,60 m x 1,25 m, que corresponde a un área de suelo por cepa de 3,25 m^2, o sea, a una densidad de 3077 cepas por ha.

Las cepas fueron conducidas en espaldera, con formación en cordón Royat bilateral y posicionamiento vertical de la vegetación (*VSP*), y orientación de filas NNO (N-25º). La carga de poda fue de 16 yemas por cepa, en pulgares de 2 yemas. Se aplicó una operación de poda en verde cada año, tras el período de riesgo de helada primaveral, para el ajuste de la carga de pámpanos por cepa.

Los tratamientos experimentales se basan en la regulación del número de racimos, a través de la aplicación de un tratamiento de aclareo (A) frente a un tratamiento testigo (T). El aclareo de racimos se aplicó al inicio del envero, tratando de eliminar el 30% de los mismos. Dicho tratamiento se aplicó en dos situaciones de régimen hídrico, una con riego del 25% de ETo (R25) y otra con riego del 50% de ETo (R50), aplicado por goteo semanalmente desde la parada de crecimiento vegetativo de pámpanos principales hasta la vendimia.

El diseño experimental es en bloques al azar, con 4 repeticiones de 20 cepas de control por parcela elemental.

El suelo del ensayo es profundo, con un horizonte superior de textura arcillosa, y presenta una suave pendiente en dirección Este-Oeste y un buen drenaje en general.

Se han medido, como parámetros de producción, el rendimiento en uva (kg/cepa), el número de racimos por cepa y el peso de baya (g). Asimismo, como parámetros de desarrollo vegetativo, se han determinado el peso de madera de poda (kg/cepa) y el número de sarmientos por cepa, obteniendo posteriormente el Índice de Ravaz. Por último, como parámetros básicos de calidad de la uva, se han determinado la concentración de sólidos solubles totales (ºbrix), el pH, la acidez total (g.L-1 de ácido tartárico), el ácido tartárico (g.L-1), el ácido málico (g.L-1) y el potasio (mg.L-1) del mosto en vendimia.

El análisis estadístico de los resultados se ha realizado mediante análisis de varianza (ANOVA), con el programa SPSS 16.0.

Los datos medios mensuales de pluviometría y temperatura, del periodo 2012-2014, se detallan en las tablas 1 a 3.

Tabla 1. Datos termo-pluviométricos medios de la campaña 2012 (octubre-2011 / septiembre-2012), registrados en Medina del Campo (Valladolid). Tm: temperatura media (ºC), Tmax: temperatura media de máximas (ºC), Tmin: temperatura media de mínimas (ºC), P: precipitación (mm), para todas las tablas.

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Año
Tm	13,1	8,2	3,7	2,1	2,4	8,8	8,2	16,3	20,0	21,3	22,5	17,9	12,9
Tmax	22,5	12,8	9,2	7,0	10,1	17,1	13,2	23,6	27,6	30,0	30,9	25,7	19,2
Tmin	4,4	4,3	-0,8	-2,1	-4,9	0,1	3,8	8,7	11,4	12,0	13,4	10,4	5,1
P	0,2	0,5	28,5	14,7	1,1	11,0	39,8	10,8	4,8	6,5	1,6	20,6	140,1

Tabla 2. Datos termo-pluviométricos de la campaña 2013 (octubre-2012 / septiembre-2013), registrados en Medina del Campo.

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Año
Tm	12,3	7,5	5,1	4,5	4,2	7,3	9,5	11,7	17,2	23,6	21,7	18,2	11,9
Tmax	19,0	12,4	9,4	9,3	9,7	12,1	15,5	18,1	25,0	32,1	30,6	26,7	18,3
Tmin	6,4	3,0	1,0	0,5	-0,8	2,8	3,5	5,1	9,1	14,6	12,7	10,4	5,7
P	70,8	43,2	14,5	38,9	28,0	98,0	32,9	18,1	9,6	18,5	3,9	42,0	418,4

Tabla 3. Datos termo-pluviométricos de la campaña 2014 (octubre-2013 / septiembre-2014), registrados en Medina del Campo.

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Año
Tm	13,4	6,5	2,6	6,1	5,5	8,8	13,2	14,6	19,0	21,1	21,3	18,6	12,6
Tmax	19,6	11,9	8,1	10,2	10,0	15,8	20,3	22,1	26,6	28,7	29,1	25,8	19,0
Tmin	8,2	1,7	-2,1	1,8	1,2	2,0	6,5	7,1	10,7	13,2	13,3	12,3	6,3
P	52,5	8,4	44,0	51,9	47,1	21,7	18,6	17,0	12,5	5,6	0,0	49,5	328,8

3 Resultados y Discusión

3.1 Producción de uva

El rendimiento en uva del tratamiento sometido a aclareo mostró una reducción notable con respecto al testigo, resultando un valor promedio de dicho tratamiento el 23,4 y el 29,6% inferior al del testigo en R25 y R50 respectivamente (tabla 5), aunque variando en función del año, pero siendo las diferencias estadísticamente significativas en la casi totalidad de los casos (tabla 4). El número de racimos se vio lógicamente reducido por la aplicación directa del aclareo, respecto al testigo, en 29,0 y 32,5% de media interanual en R25 y R50 respectivamente (tabla 5). Así, la reducción definitiva de racimos se aproximó estrechamente al 30% pretendido. Las diferencias en número de racimos fueron estadísticamente significativas todos los años (tabla 4), siendo la principal causa de reducción de la producción de uva en el tratamiento de aclareo respecto al testigo.

El peso del racimo mostró cierta tendencia al incremento en el tratamiento aclareado, un 8% en R25 y un 5% en R50 de media interanual (tabla 5), respecto al testigo, variando en función del año, aunque las diferencias sólo resultaron estadísticamente significativas entre tratamientos en 2013 (tabla 4). El peso del racimo, por tanto, explicaría cierta compensación parcial en la producción de uva, frente a la reducción del número de racimos.

En relación con el peso del racimo, el número de bayas por racimo mostró cierta tendencia del tratamiento de aclareo a presentar valores ligeramente superiores que el testigo, con un aumento medio del 4% en R25 y del 3% en R50 (tabla 5), sin haber resultado diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en ningún caso (tabla 4). En cuanto al peso de baya, se observó cierta tendencia del aclareo a generar bayas de tamaño ligeramente mayor, con un valor medio de 1,68 g frente a 1,62 g del testigo en R25 y de 1,77 g frente a 1,75 g del testigo en R50 (tabla 5), sin que las diferencias tampoco resultasen estadísticamente significativas en ningún caso (tabla 4).

3.2 Desarrollo vegetativo

El peso de madera de poda por cepa no se vio modificado sustancialmente por la reducción de carga de cosecha, mostrando el tratamiento de aclareo un valor medio interanual ligeramente inferior, 1,1% en R25 y 8,4% en R50, que el testigo (tabla 5), pero con variación de tendencia muy notable en función del año de estudio, hasta el punto de que en el último año la cantidad de madera de poda fue mayor en el aclareo. No obstante, las diferencias anuales observadas no fueron estadísticamente significativas en ningún caso (tabla 4).

Tabla 4. Producción (Prod., kg/cepa), Número de racimos (N. Rac.), Peso de racimo (P. Rac., g), Peso de baya (P. baya, g), Número de bayas (N. bayas); Madera de poda (g/cepa), Número de sarmientos (N. Sarm.), Sarmientos francos y Chupones, por cepa; Peso de sarmiento (P. Sarm., g) e Indice de Ravaz, de los tratamientos Testigo (T) y Aclareo (A). Significación estadística = p<5% (*: mayor). Leyenda aplicable a la tabla 5.

	2012				2013				2014			
	R25		R50		R25		R50		R25		R50	
	T	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	A
Prod.	3,07*	2,15	3,77*	2,48	4,12*	3,14	5,18*	3,61	3,69	3,05	4,41*	3,31
N. Rac.	20,0*	13,8	21,3*	14,5	24,2*	16,0	25,2*	16,4	23,1*	17,8	24,8*	17,2
P. Rac.	153	155	176	172	171	196*	205	220	160	171	178	193
P. baya	1,50	1,52	1,66	1,68	1,58	1,72	1,73	1,81	1,78	1,79	1,86	1,82
N. bayas	102	103	106	103	107	114	120	122	90	96	96	107
Madera	558	507	635	523	988	947	1148	1018	823	887	921	934
N. Sarm.	16,7	14,7	15,6	15,2	16,0*	15,6	16,0	15,7	16,8	16,7	16,2	16,6
S. Francos	15,9	14,0	14,7	14,4	15,4	15,3	15,2	15,1	14,9	15,1	15,0	15,0
Chupones	0,88	0,69	0,96	0,81	0,58*	0,32	0,79	0,56	1,89	1,66	1,52	1,63
P. Sarm.	34,3	34,4	40,6	34,4	61,8	60,8	72,0	65,1	49,1	53,0	56,7	56,2
I. Ravaz	5,56	4,33	5,91	4,82	4,18*	3,33	4,52*	3,54	5,10*	3,61	5,75*	3,89

Tabla 5. Valores medios interanuales del periodo 2012-2014 de los parámetros de la tabla 4.

2012-2014		Prod.	N. Rac.	P. Rac.	P. baya	N. bay.	Mad.	N. Sarm.	Franc.	Chup.	P. Sarm	Ravaz
R25	T	3,63	22,4	161	1,62	100	789	16,5	15,4	1,12	48,4	4,95
	A	2,78	15,9	174	1,68	104	780	15,7	14,8	0,89	49,4	3,75
R50	T	4,45	23,7	186	1,75	107	901	15,9	15,0	1,09	56,5	5,40
	A	3,13	16,0	195	1,77	110	825	15,8	14,8	1,00	51,9	4,.09

El peso de sarmiento no se vio prácticamente alterado por la aplicación del aclareo en R25, mientras que en R50 se redujo aproximadamente un 8% de media interanual respecto al tratamiento testigo (tabla 5), sin que las diferencias entre tratamientos resultasen estadísticamente significativas ninguno de los años (tabla 4).

El número de sarmientos por cepa no varió significativamente entre los tratamientos (tabla 4), habida cuenta del ajuste de carga de pámpanos aplicado cada año tras el período de riesgo de heladas primaverales, promediando aproximadamente 16 sarmientos por cepa al final del ciclo (tabla 5). En cuanto al tipo de sarmiento, ni el número de sarmientos francos ni el número de chupones mostraron diferencias reseñables entre tratamientos, por la razón expuesta anteriormente (tablas 4 y 5).

El índice de Ravaz mostró una clara reducción, derivada de la disminución de producción de uva causada en el tratamiento sometido a aclareo, en torno al 24% de media interanual, tanto en R25 como en R50 (tabla 5), habiéndose observado diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en la mayoría de los casos (tabla 4).

3.3 Composición de la uva

La concentración de sólidos solubles (ºbrix) se incrementó como consecuencia del aclareo todos los años, con un aumento medio aproximado de 1º brix tanto en R25 como en R50 (tabla 7), en concordancia con autores que han trabajado con otras variedades en situaciones diversas [Alburquerque *et al*., 2010; Intrigliolo y Castel, 2011), habiéndose encontrado diferencias entre tratamientos estadísticamente significativas en 2012 y 2013 (tabla 6). En 2012, las plantas sufrieron un gran estrés hídrico y térmico y el aclareo aceleró la acumulación de azúcares, provocando un adelanto de una semana en la fecha de

vendimia respecto al testigo, en la línea de lo observado por algunos autores en otras variedades [Palliotti y Cartechini, 2000). Contrariamente, en 2013 las condiciones ambientales ejercieron menor estrés hídrico en las plantas y, adicionalmente, algunas precipitaciones notables marcaron el final de maduración. No obstante, el aclareo aceleró la acumulación de azúcares y la consecución de la madurez tecnológica. Por tanto, es destacable que la operación de aclareo realizada permitiese alcanzar mayor nivel de azúcar en la uva en dos años que fueron climatológicamente muy diferentes.

El valor de pH del mosto fue ligeramente superior en el tratamiento de aclareo que en el testigo en todos los casos, aunque la cuantía de las diferencias entre tratamientos no fuese muy remarcable (tabla 7). Dichas diferencias resultaron estadísticamente significativas a favor del aclareo en 2012 y 2013 (tabla 6). La acidez total (g/L TH_2) presentó una disminución, ligera pero constante, de su concentración en el tratamiento de reducción de carga con respecto al testigo, con una media interanual de 0,23 g/L en R25 y de 0,35 g/L en R50 (tabla 7), aunque las diferencias entre tratamientos no resultaron estadísticamente a lo largo de los años de estudio (tabla 6).

El ácido tartárico (g/L) mostró una tendencia similar a la acidez total, con una ligera reducción constante de los valores alcanzados por el tratamiento de aclareo con respecto al testigo, que supuso una media interanual de 0,19 g/L en R25 y de 0,23 g/L en R50 (tabla 7). No obstante, dichas diferencias observadas entre tratamientos solo resultaron estadísticamente significativas en R50 en 2013 (tabla 6). El ácido málico (g/L) no mostró diferencias constantes ni notables entre tratamientos, siempre inferiores a 0,12 g/L, con valores bastante más bajos el primer año, el de mayor estrés hídrico y térmico, por debajo de 1,02 g/L, que los otros dos años, entre 1,34 g/L y 2,18 g/L (tablas 6 y 7).

La concentración de potasio (mg/L) fue superior todos los años en el tratamiento de aclareo, especialmente en los dos años en que hubo mayor disponibilidad hídrica (2013 y 2014), con un incremento medio interanual de 150 mg/L en R25 y 55 mg/L en R50 (tabla 7), aunque las diferencias entre tratamientos sólo resultaron estadísticamente significativas en R25 en 2013 (tabla 6).

Tabla 6. Sólidos solubles totales (SST, ºbrix), pH, Acidez titulable (g/L TH_2), Acido tartárico (g/L), Acido málico (g/L) y Potasio (mg/L), de los tratamientos Testigo (T) y Aclareo (A). Significación estadística = p<5% (*: mayor). Leyenda aplicable a la tabla 7.

	2012				2013				2014			
	R25		R50		R25		R50		R25		R50	
	T	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	A
SST	22,6	23,7*	23,4	23,9	20,2	21,5	20,2	21,6*	22,0	22,8	22,4	23,1
pH	3,43	3,50*	3,49	3,55	3,28	3,35*	3,26	3,37*	3,37	3,41	3,33	3,39
Ac. titulable	4,42	4,26	4,44	4,22	5,75	5,43	6,30	5,80	5,28	5,07	5,59	5,26
Ac. tartárico	7,02	6,72	6,69	6,49	7,66	7,49	7,66*	7,36	7,70	7,61	7,72	7,53
Ac. málico	0,71	0,76	0,99	1,02	1,52	1,59	2,18	2,17	1,20	1,18	1,44	1,34
Potasio	1475	1570	1538	1558	1350	1600*	1418	1555	1470	1577	1267	1277

Tabla 7. Valores medios interanuales del periodo 2012-2014 de los parámetros de la tabla 6.

2012-2014		Sólidos Solubles	pH	Ac. titulable	Ac. tartárico	Ac. málico	Potasio
R25	T	21,6	3,36	5,15	7,46	1,14	1432
	A	22,7	3,42	4,92	7,27	1,18	1582
R50	T	22,0	3,36	5,44	7,36	1,54	1408
	A	22,9	3,44	5,09	7,13	1,51	1463

4 Conclusiones

La aplicación del aclareo de un 30% de racimos produjo, lógicamente, gran efecto en la producción de uva, tal que el tratamiento de aclareo mostró un rendimiento claramente inferior que el testigo, con una reducción media en torno al 26,5%. Dicha reducción de rendimiento fue algo menor que la del número de racimos (derivada del propio aclareo), debido a que el peso del racimo compensó ligeramente la pérdida de cosecha, aumentando una media del 6,5%. La compensación parcial de producción a través del peso del racimo se debió tanto al ligero aumento del número de bayas por racimo como del peso de baya, causado por el aclareo, aunque ninguno de estos dos componentes mostró diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

El peso de madera de poda no se vio modificado sustancialmente por la reducción de carga de cosecha, aunque disminuyó ligeramente en el tratamiento aclareado dentro de R50. Esta tendencia fue muy similar a la observada en el peso de sarmiento, que mostró el mismo tipo de variación. El índice de Ravaz mostró una clara reducción derivada directamente de la disminución de cosecha en el tratamiento sometido a aclareo, en torno al 24% de media interanual, tanto en R25 como en R50.

La concentración de sólidos solubles se vio favorecida clara y constantemente por la disminución de carga de cosecha provocada por el aclareo. El pH fue ligeramente superior en el tratamiento sometido a aclareo y la acidez total se vio reducida al disminuir la carga de cosecha, aunque con escasa intensidad frente al testigo. El ácido tartárico mostró una tendencia similar a la acidez total, con una ligera reducción debida al aclareo, mientras que el ácido málico no mostró diferencias constantes ni notables entre tratamientos, siempre inferiores a 0,12 g/L, con valores bastante más bajos el año de mayor estrés hídrico y térmico. La concentración de potasio fue superior en el tratamiento de aclareo, especialmente en año en que hubo mayor disponibilidad hídrica.

En definitiva, la aplicación del aclareo de racimos redujo notablemente el rendimiento, a pesar del ligero aumento del peso del racimo. El desarrollo vegetativo, sin embargo, apenas se vio modificado por el aclareo, aplicado en una fase avanzada del ciclo del cultivo. El aumento de la acumulación de azúcares provocado por el aclareo hace destacable la utilidad de esta operación en añadas en que haya retraso en la maduración, generalmente por razones hídricas o térmicas, con el fin de optimizar la fecha de vendimia y la calidad de la uva. No obstante, esta técnica puede reducir el nivel de acidez e incrementar la concentración de potasio en la uva. Por todo ello, se han de considerar conjuntamente las implicaciones enológicas y productivas que puede conllevar la aplicación del aclareo, en función de los objetivos económicos de cada explotación vitivinícola.

Referencias citadas

M.V. Alburquerque, R. Yuste, E. Barajas, J. Yuste. "Efectos productivos y cualitativos básicos del aclareo de racimos. Técnica complementaria al riego de la variedad Tempranillo en situaciones diversas". Vida Rural **310**: 32-37 (2010)

T.G. Berkey, A.K. Mansfield, S.D. Lerch, J.M. Meyers, J.E.V. Heuvel. "Crop load adjustment in 'Seyval Blanc' winegrape: Impacts on yield components, fruit composition, consumer wine preferences, and economics of production". HortTechnology **21**(5): 593-598 (2011)

B.A. Bravdo. "Effect of cultural practices and environmental factors on wine production and quality". Acta Hort. (ISHS) **652:** 119-124 (2004)

A. Calderón-Orellana, L. Mercenaro, K.A. Shackel, N. Willits, M.A. Matthews. "Responses of fruit uniformity to deficit irrigation and cluster thinning in commercial winegrape production". American Journal of Enology and Viticulture **65:** 354-362 (2014)

D.S. Intrigliolo, J.R. Castel. "Interactive effects of deficit irrigation and shoot and cluster thinning on grapevine cv. Tempranillo. Water relations, vine performance and berry and wine composition". Irrigation Science **29:** 443-454 (2011)

A. Palliotti, A. Cartechini. "Cluster thinning effects on yield and grape composition in different grapevine cultivars". Acta Hort. **512:** 111-119 (2000)

A. Vicente, J. Yuste. "Aclareo de racimos en cv. Verdejo cultivado en secano: efectos fisiológicos, agronómicos y cualitativos, en la D.O. Rueda (España)". **38º** Congreso Mundial de la Viña y el Vino. Mainz (Alemania), 5-10 Julio (2015)

J. Vila-Crespo, J.M. Rodríguez-Nogales, E. Fernández-Fernández, J. Yuste. "Incidencia del riego y el aclareo de racimos en las características enológicas del mosto y el vino de la variedad Verdejo". **XIII** Congreso Nacional de Investigación Enológica – GIENOL. Tarragona, 19-12 Junio (2015)

J. Yuste, A. Vicente. "Manejo del riego y control del rendimiento del viñedo en un marco de limitación hídrica y cambio climático. Aplicación en la variedad Verdejo (*Vitis vinifera* L.)". Phytoma España **274**: 116-120 (2015)

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación de los proyectos INIA RTA2011-00100-C05-02 y RTA2014-00049-C05-01 y FEDER, el apoyo del Grupo Yllera S.L. y la colaboración de la Estación Enológica y del Grupo de Viticultura del Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León.

Seasonal variability and effect of tractor passes on soil compaction, field-saturated hydraulic conductivity, runoff and soil erosion in tilled and grassed vineyards

Giorgio Capello[(1)], Marcella Biddoccu[(1)] and Eugenio Cavallo[(1)]

[(1)] Institute for Agricultural and Earth-Moving Machines, National Research Council of Italy, Strada delle cacce 73, 10135 Torino, Italy

KEYWORDS: soil management, infiltration, bulk density, runoff, erosion.

Abstract

The hydrological response of a vineyard is influenced, among others, by the soil management that is adopted in the inter-rows. Inter-row management with tillage is known to favour runoff and soil erosion. On the other hand, the adoption of grass cover in the inter-row reduces these soil threats. Vehicles traffic in vineyards occurs along fixed paths, and has a relevant effect on soil compaction, on soil hydraulic properties, and, consequently, on runoff at the field scale.
From autumn 2012 to autumn 2017 the values of field-saturated hydraulic conductivity were measured in two adjacent sloping vineyard plots in the Alto Monferrato vine-growing area (Piedmont, NW Italy) by means of the simplified falling head technique (SFH) infiltration tests that were carried out in different positions, affected or not by the vehicles passages. The inter-rows of the two plots were managed with conventional tillage and grass cover, respectively. Rainfall, runoff and soil erosion have been monitored during the observation period. Finally, soil bulk density measurements were conducted in order to evaluate the impact of the increasing number of vehicles passes on soil compaction and on field-saturated hydraulic conductivity during the whole year.

The tillage temporarily increased the field-saturated hydraulic conductivity compared to the plot with permanent grass cover. A decrease in field-saturated hydraulic conductivity was observed as a consequence of cumulative precipitation and vehicles passages after the tillage. A significant increase of soil bulk density was measured in the topsoil, track position while the field-saturated hydraulic conductivity decreased from more than 1000 to 1 mm h^{-1}. Both the K_{fs}, the runoff and the soil erosion varied considerably in the period of observation. In the grassed plot, the bulk density increased significantly in dry summers in the most surficial layer (0-15 cm of depth). The field-saturated hydraulic conductivity in the grassed plot were higher because of the presence of cracks. The results of the study highlighted the very short period of effectiveness of tillage in enhancing water infiltration in trafficked vineyards, and the immediate effect of vehicle traffic in increasing soil compaction.

1. Introduction

Grapevine cultivation is one of the land uses for which higher runoff rates and sediment losses are observed in Europe, especially in the Mediterranean area (Tropeano, 1983; Kosmas et al., 1997; Cerdà and Doerr, 2007; García-Ruiz, 2010; García-Ruiz et al., 2015): runoff higher than 9% of annual precipitation (Maetens et al., 2012) and the highest erosion rates (17.4 Mg ha-1 year-1) were measured throughout Europe (Cerdan et al., 2010).
The hydrological response of a vineyard is influenced, among the typical location on hillslopes and disposition of rows along the slope, by the soil management that is adopted in the inter-rows (Tropeano, 1983; Kosmas et al., 1997; Arnaez et al., 2007; Brenot et al., 2008; Casalí et al., 2008; Raclot et al., 2009; Ruiz-Colmenero et al., 2011; Novara et al., 2011; Corti et al., 2011; Biddoccu et al., 2016).
Inter-rows management with tillage is known to favour runoff, soil erosion (García-Ruiz et al., 2015; Gómez et al., 2014; González-Hidalgo et al., 2009), compaction (Ferrero et al., 2005), nutrient or organic matter losses (Ramos and Martínez-Casasnovas, 2004) and reduction of soil water holding capacity (Ramos and Martínez-Casasnovas, 2007). On the other hand, the adoption of grass cover in the inter-row reduces these soil threats (Blavet et al., 2009). However, growers are often worried that the grass cover could spoil and reduce soil water and nutrients, reducing grape yield and quality (Ruiz- Colmenero et al., 2011) therefore, especially on low-permeability soils, tillage is still used as a practice to remove grass in summer and improve water infiltration, particularly during autumn and winter time (Novara et al., 2011).
Vehicles traffic in vineyards occurs along fixed paths, and has a relevant effect on soil compaction, on soil hydraulic properties, and, consequently, on runoff at the field scale (Corti et al., 2011). Moreover, the

PATROCINIOS

Generating Innovation between Practice and Research

ideal value of soil bulk density for plant growth is under 1.40 g cm^{-3}, whereas the root growth results affected by the soil compaction when bulk density overcomes 1.63 g cm^{-3} (USDA-NCRS, 2017).
This study presents the results of a 5 years experiment of monitoring two vineyard field-scale plots with two different inter-row soil managements: conventional tillage (CT) and grass cover (GC). The objective was to evaluate the effects of soil management, included tractor traffic, at seasonal temporal scales, on soil compaction (bulk density), soil hydraulic conductivity, runoff, and soil erosion.

2. Materials and methods

2.1 Study site

The study was carried out in the "Tenuta Cannona Experimental Vine and Wine Centre of Regione Piemonte", at 296 m asl (Piedmont, NW Italy). The climate is sublitoranean, and at the study site, the average annual precipitation in the period 2000–2017 was 828.3 mm, mainly concentrated in October, November and March. The driest month was July. The nearest weather station (Ovada, 187 m asl) showed an average annual precipitation of 965 mm in the period 1951-1990. Soil texture is clay to clay-loam, and is classified as Typic Ustorthents, fine-loamy, mixed, calcareous, mesic (Soil Survey Staff, 2010).
The experiment was conducted in two vineyard plots on a hillslope with average 15% slope and SE aspect. Since 2000, the inter-rows of the two plots were managed with conventional tillage (CT, cultivated with chisel to a depth of about 0.25 m) and grass cover (GC, with spontaneous grass controlled with mulcher during the year), respectively (figure 1): twice a year, in spring (usually in May) and autumn (usually at the end of September), either treatments were carried out. Most of the farming operations in the vineyard has been carried out using tracked or tyred tractors, with passages intensification from spring to the grape harvest time: usually 1 or 2 passes were carried out in winter (prunings trimming); 4 in spring (phytosanitary treatments and binding); 10 -12 in summer (phytosanitary treatments); 2 in autumn (harvest).

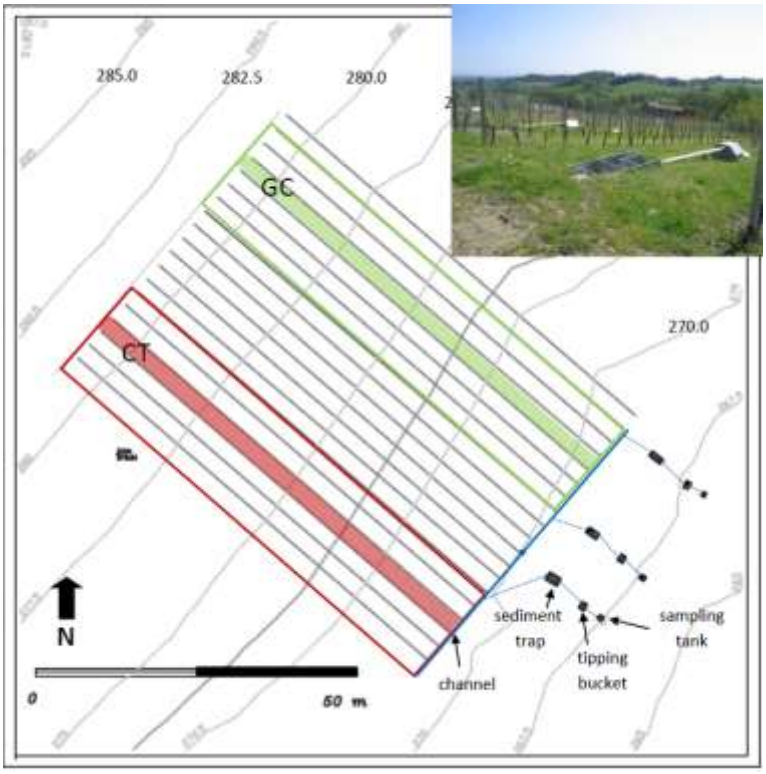


Figure1: Sketch of the two vineyard erosion plots and the runoff collection/measuring system. Since 2000, the plots have been managed with conventional tillage (CT) and grass cover (GC). The coloured inter-rows are those where sampling were carried out. (Elaboration retrieved from Biddoccu et al., 2016)

2.2 Measurements

In order to detect the seasonal variability of the field-saturated soil hydraulic conductivity (K_{fs}) at the surface of the vineyard inter-rows and the effect of tractor passes on soil compaction, with different conditions depending on soil management, periodic measurements, from autumn 2012 to autumn 2017, were carried out to obtain values of field-saturated hydraulic conductivity (K_{fs}), and soil bulk density (BD) in the two plots. Measurements were carried out both in the no-track (indicated as NT) and in the track position (indicated as T), which is the portion of soil affected by the passage of tractor wheels or tracks. Rainfall, runoff and soil erosion from each experimental plot have been monitored during the observation period by a monitoring system that provided continuous measurements.

2.3 Infiltration tests

From autumn 2012 to autumn 2017 the values of field-saturated hydraulic conductivity were measured in two adjacent sloping vineyards in different positions, affected and not affected by vehicles passages, by means of 148 infiltration tests, carried out using the simplified falling head technique (SFH), proposed by Bagarello et al. (2004). To assure one-dimensional flow, an additional larger second ring to the one required by the SFH was inserted concentric to the inner one. The two PVC cylinders had a height of 0.30 m, and inner diameters of 0.305 m and 0.486 m. They were inserted in the soil to a minimum depth of 0.06 m. The applied volumes of water were 7.0 L in the inner ring and 10.8 L in the external one. According to Bodhinayake et al. (2004) the slope of the experimental plots do not affect the measurements significantly. In winter the soil temperature was checked to be sure that soil was not frozen.
Finally, soil bulk density (BD) measurements were conducted in order to evaluate the impact of the increasing number of vehicles passes on soil compaction during the whole year: three undisturbed soil cores ($V = 100\ cm^3$), at the depth of 0–0.15 m, were collected next to the investigated area.
The K_{fs} dataset was divided into seasons (winter: December, January, February; spring: March, April, May; summer: June, July, August; autumn: September, October, November), and track / no-track positions, then summarized by calculating the geometric mean and the coefficient of variation value for lognormal distributions (Lee et al., 1985) in order to compare the data obtained by the infiltration experiments. The statistical frequency distributions of the data were assumed to be log-normal. Differences between positions (track vs no-track) and among treatments (GC vs CT) were tested by using t-tests (P=0.05).

2.4 Rainfall and runoff

Rainfall measurements were obtained by an automatic rainfall gauge placed nearby the testing site, with 0.2 mm resolution. For each season, all events that have generated runoff were analysed: rainfall amount and duration, energy and erosivity were computed, by means of RIST (Rainfall Intensity Summarization Tool) (ARS-USDA, 2015).
Hourly volumes of runoff from each plot were obtained by a tipping bucket: each plot was hydraulically bounded (a channel at the top of the plots collected upstream water), and runoff was collected by a channel at the bottom of the slope, connected to a sedimentation trap by which it was also possible to collect water samples to determinate the sediment yield. Runoff (RO) and sediment losses (SL) have been summarized by calculating the seasonal mean and the coefficient of variation (CV).

3. Results and Discussions

3.1 Rainfall and runoff distribution

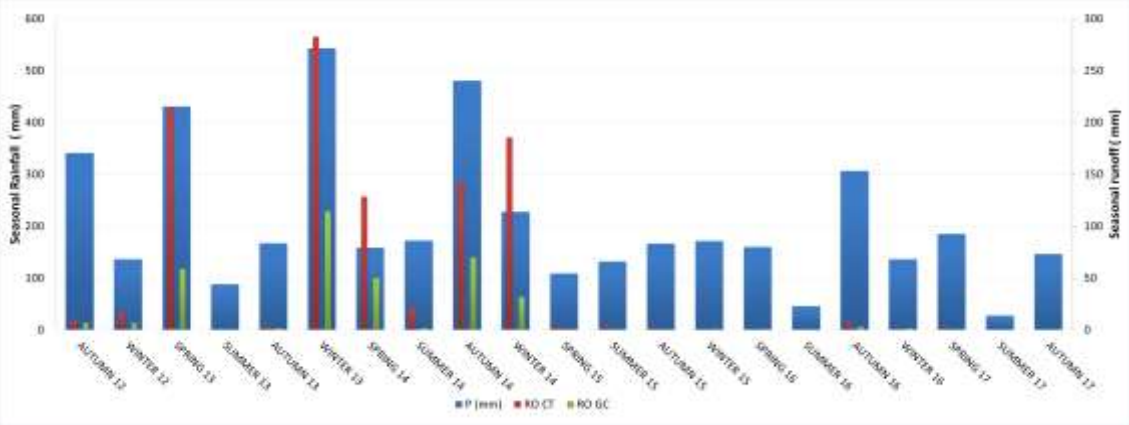


Figure 2: Precipitations (P) and runoff (RO) measured in each season in the two plots (CT and GC), during the period from autumn 2012 to autumn 2017.

Considering the period of observation, years 2013 and 2014 had higher precipitation (980 and 1210 mm), than the mean annual precipitation in the period 2000 –2017 (828 mm), whereas the following years, especially 2017, were drier than usual, recording 612, 713 and 489 mm of precipitation, respectively. The seasonal precipitation distribution in some years differed from the typical local climate distribution (Figure 2): in 2013 more than 75% of the cumulative precipitation fell in spring and winter, whereas autumn was drier than usual; in 2014, the 40% of annual precipitation was recorded in autumn. In 2016 the summer was very dry (45,6 mm), and 70% of precipitation fell in autumn and winter; in 2017 the dryness in summer was even greater, with only 27.6 mm of rain.
The plots response to the precipitation events, in terms of runoff varied considerably during the period (Figure 2): because of higher precipitation, its characteristics and distribution, 2013 and 2014 presented a higher runoff than the following years.
Generally, during most of the events, the runoff in the grassed plot resulted lower than in the tilled one. In the period of observation, yearly runoff was reduced between 54% and 88% by the grass cover. Other studies measured annual runoff reduction between 50% and 75%, due to the use of different cover crops in the inter-rows, with respect to tillage (Novara et al., 2011; Ruiz- Colmenero et al., 2011). The grass cover was less effective on occasion of large precipitation events, with high energy, during winter, at the end of autumn and the beginning of spring, when grass cover is lower than in other periods.

3.2 Seasonal relationships between soil bulk density and field-saturated hydraulic conductivity

Figure 3 shows the field-saturated hydraulic conductivity (K_{fs}) measured in each season in the two positions (T and NT) of the two plots (Ct and GC), versus soil bulk density (BD).
The field-saturated hydraulic conductivity (K_{fs}) ranged between 1 and 9119 mm h^{-1} in the tilled plot and between 4 and 1775 mm h^{-1} in the plot with grass cover, and it was usually higher in track position than in no-track position in the two plots. The greatest variability occurred in winter in the track position of both plots, when traffic is lower than in other seasons. After the autumnal tillage, K_{fs} values obtained in the CT plot, T position, were mainly higher than 1000 mm h^{-1}; otherwise in spring and in summer, but also in autumn before tillage and at the end of winter, after some tractor passages, K_{fs} values obtained, were generally lower than 100 mm h^{-1}.
Similar values for hydraulic conductivity were obtained in Sicilian vineyards by Bagarello et al. (2014) and Bagarello and Sgroi (2007). They measured Kfs ranging between 838 mm h^{-1} and 7424 mm h^{-1}, and mean values ranging from 20 mm h^{-1} to 952 mm h^{-1}, in clay and sandy loam soil (previously tilled but then undisturbed over the 2 years of observation), respectively.
Soil bulk density (BD) ranged between 1.09 and 1.63 g cm^{-3} in CT, and between 1.07 and 1.56 g cm^{-3} in GC. Soil bulk density was usually higher in T than in NT in the two plots. Significant difference between these two positions was found in GC only in summer, when traffic is more intense, and in CT in every

season except winter, almost certainly because of the autumnal tillage. In autumn it was also found a significant difference between GC-T and CT-T: this might be due to the effect of tractor passes on the two plots, in fact BD in CT-T was higher than in GC-T. Otherwise in winter it was found a significant difference between the two plots in no-track position: in this case it might be due to the autumnal tillage effect, in fact BD in CT-NT was lower than in GC-NT.

In both position of CT, during winter and spring, Kfs shows a correlation with BD: as the density increases because of the tractor passages, the conductivity decreases. This correlation in summer and spring is evident only in the track position. In autumn, when tractor traffic is less frequent, this correlation is evident in both positions in GC and only in T position in the CT plot. This shows how, in absence of "direct" traffic, there is not an evident K_{fs} decrease after tillage. Nevertheless, in winter 2017, as consequence of the first tractor passage after the autumnal tillage, the CT-T K_{fs} decreased from 1287 to 1 mm h^{-1} and BD raised from 1,35 to 1,38 g cm^{-3}. After the second passage CT-T K_{fs} decreased from 10 mm h^{-1} to 1 mm h^{-1} and BD raised from 1,34 to 1,42 g cm^{-3}.

In GC-T, it is unusually evident how the trend is inverted in summer, when Kfs increase with BD. This may be due to the presence of cracks (up to 2 cm wide) in summer, under very dry conditions, that can influence the results of SFH test.

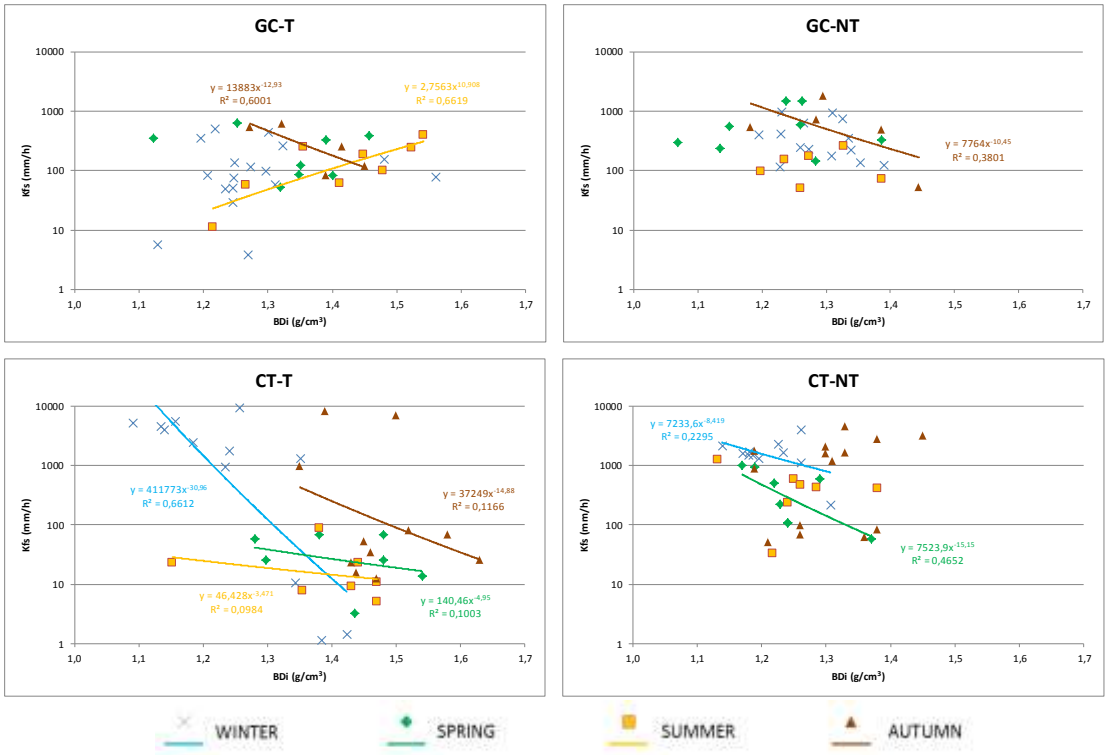


Figure 3: Field-saturated hydraulic conductivity (K_{fs}) measured in each season in the two positions (T and NT) of the two plots (CT and GC), versus soil bulk density (BD).

3.3 Overall soil management effects on seasonal hydrologic and erosive response to precipitation

Table 1: Seasonal mean and coefficient of variation (CV) of field-saturated hydraulic conductivity (K_{fs}), and for events that generated runoff: number of events (NUM), precipitation (P), duration (P_Dur), energy, erosivity, runoff (RO), runoff coefficient (RC), sediment losses (SL) measured in the CT and GC treatments in track (T) and no-track (NT) positions during the period from autumn 2012 to autumn 2017 (SL data only until autumn 2016). Geometric mean and the coefficient of variation value for lognormal distributions (Lee et al., 1985) were used for K_{fs}. Mean values in bold show a significant difference between the two positions, values in italic show a significant difference between the two treatments according to the t-test at the 0.05 probability level.

Season	NUM	P	P_Dur	ENERGY	EROSIVITY	K_{fs} CT-T	K_{fs} CT-NT	RO CT	RC CT	SL CT	K_{fs} GC-T	K_{fs} GC-NT	RO GC	RC GC	SL GC
		mm	h	MJ ha^{-1}	MJ mm ha^{-1} hr^{-1}	mm h^{-1}	mm h^{-1}	mm	%	Mg ha^{-1}	mm h^{-1}	mm h^{-1}	mm	%	Mg ha^{-1}
WINTER	7,2	256,9	348,3	27,2	168,5	519,7	*1432,4*	112,2	27,9	1,5	**79,5**	***316,3***	37,7	8,1	0,2
CV	11,6%	79,7%	50,5%	88,0%	135,4%	338,4%	125,3%	155,8%	114,3%	182,2%	202,0%	134,2%	187,7%	132,4%	171,8%
SPRING	6,6	173,8	184,0	19,1	117,1	***25,6***	**281,6**	44,4	11,6	0,3	***182,9***	**471,6**	12,0	3,1	0,3
CV	62,1%	82,1%	71,5%	78,5%	65,0%	217,7%	156,1%	213,7%	189,9%	155,9%	148,8%	136,7%	214,5%	190,6%	158,5%
SUMMER	5,2	90,4	54,4	13,9	204,2	***15,1***	**333,0**	6,8	5,7	1,6	*108,0*	116,5	0,6	0,5	0,0
CV	68,5%	70,7%	87,7%	65,9%	60,7%	223,2%	157,1%	128,7%	113,3%	173,2%	176,3%	134,3%	111,3%	107,2%	96,2%
AUTUMN	4,8	227,1	246,3	27,2	207,6	117,6	593,4	35,8	8,7	0,6	240,5	443,1	16,2	4,0	0,1
CV	47,9%	60,8%	61,3%	57,8%	64,0%	312,1%	184,7%	220,5%	198,5%	145,8%	144,9%	163,6%	211,2%	185,9%	175,7%

Table 1 resumes the mean number of precipitation events and their characteristics (depth, duration, energy, erosivity), along with the mean values of K_{fs}, runoff, runoff coefficient and sediment losses for rainfall events that generated runoff in each season. Mean values of Kfs show the different hydrologic behavior of the two plots, considering different positions and soil conditions in each season.

Mean seasonal precipitations in autumn and winter showed high variability and rain depth higher than 200 mm, long duration (more than 2 days) and maximum energy. Indeed, the highest seasonal erosivity mean was observed in summer and autumn (more than 200 MJ ha mm^{-1} h^{-1}). The event with the highest rainfall (222 mm) and the event with longest duration (181 h) were recorded in the winter season of 2013 and 2014 respectively. In summer, storms were usually shorter and with low rainfall, but with higher intensity than in other seasons. The event with the highest intensity (24.6 mm h^{-1}) was recorded in summer 2014.

Results show that the track position had always lower field-saturated hydraulic conductivity than the no-track position, because of the compaction due to the tractor traffic. In the T position, CT had a K_{fs} higher than GC only in winter (also if there is not a significant difference), when, after the autumnal tillage tractors passages are not frequent.

In CT there is a significant difference between track and no-track position only in spring and summer, when most of the passages are concentrated. Otherwise in GC there is a significant difference only in spring and winter.

The highest runoff coefficients were obtained both in CT and in GC in winter, even if in the CT plot the field-saturated hydraulic conductivity showed the highest values, as consequence of the autumn tillage. Thus, runoff that was generated in the freshly tilled soil was mainly consequence of soil saturation rather than hortonian runoff, as Biddoccu et al. (2017) observed during selected precipitation events: in winter and spring both the plots are generally already wet, therefore on occasion of a rainfall, with high depth and long duration, or snow that melts in the following days, soil saturation runoff occurrence is easier.

The lowest RC were obtained both in CT and in GC in summer, despite the mean of Kfs values being about 100 mm h-1 or less, except in CT-NT. The presence of soil cracks and the tillage (in the central part of the CT inter-row) likely facilitated the water infiltration in summer.

During the period of observation, sediment losses (SL) were lower than usual: during the period 2000-2013 a mean of 7,0 Mg ha^{-1} in CT, and of 1,8 Mg ha^{-1} in GC were measured (Biddoccu et al., 2016). In every season SL was always higher in CT than in GC. In particular, the highest SL values were recorded in GC in winter and spring, when there is less grass cover, and in CT in winter and summer, when events are characterized by high erosivity. Also autumn presents high erosivity, but low erosion was recorded: the autumnal tillage, and the absence of many consecutive tractor passages after the tillage, may have reduced it, thanks to a high infiltration rate, and the formation of sub-superficial runoff that transports less sediments.

4. Conclusions

Field-saturated hydraulic conductivity was investigated in grassed and tilled hillslope vineyard plots over a period of 5 years. The soil bulk density and the soil response to rainfall events, in terms of runoff and sediment losses, were also monitored.

Results show that the track position had always lower field-saturated hydraulic conductivity and higher soil bulk density than the no-track position, because of the compaction due to the tractor traffic. In the absence of "direct" traffic, there is not an evident K_{fs} decrease. The tillage temporarily increased the field-saturated hydraulic conductivity compared to the plot with permanent grass cover. A decrease in hydraulic conductivity was observed as a consequence of cumulative precipitation and vehicles passages after the tillage. As consequence of the first tractor passages after the autumnal tillage, significant increase of soil bulk density was measured in the track position topsoil, while the field-saturated hydraulic conductivity decreased from more than 1000 to 1 mm h^{-1}.

The highest runoff coefficients were obtained both in CT and in GC in winter, even if in the CT plot the field-saturated hydraulic conductivity showed the highest values, as consequence of the autumn tillage. Thus, runoff that was generated in the freshly tilled soil was mainly consequence of soil saturation rather than hortonian runoff. The grass cover was less effective on occasion of large precipitation events, with high energy, during winter, at the end of autumn and the beginning of spring, when grass cover is lower than in other periods. During most of the events, the runoff in the tilled plot resulted higher than in the grassed one. It resulted in higher SL in CT than in GC in every season. In particular, the highest SL values were recorded in GC in winter and spring, when there is less grass cover, and in CT in winter and summer, when events are characterized by high erosivity.

The results of the study highlighted the very short period of effectiveness of tillage in enhancing water infiltration in trafficked vineyards, and the immediate effect of vehicles traffic in increasing soil compaction. Consequently, runoff and soil losses resulted highest in CT than in GC in all seasons.

Acknowledgments

Thanks to Mr. Giancarlo Padovan, Ms. Giorgia Bagagiolo and Mr. Guarino Benvengù for the support in field operations; to the staff of the “CSV Tenuta Cannona”, which collaborated managing the vineyards and in sample collections.

Reference

Arnaez, J., Lasanta, T., Ruiz-Flano, P., Ortigosa, L., 2007. Factors affecting runoff and erosion under simulated rainfall in Mediterranean vineyards. Soil Tillage Res. 93 (2), 324–334.

ARS-USDA, 2015. RIST _ Rainfall Intensity Summarization Tool. (Last accessed on 03 03 2017) http://www.ars.usda.gov/Research/docs.htm?docid=3251.

Bagarello, V., Baiamonte, G., Castellini, M., Di Prima, S., Iovino, M., 2014. A comparison between the single ring pressure infiltrometer and simplified falling head techniques. Hydrol. Process. 28, 4843–4853. http://dx.doi.org/10.1002/hyp.9980.

Bagarello, V., Iovino, M., Elrick, D., 2004. A simplified falling-head technique for rapid determination of field-saturated hydraulic conductivity. Soil Sci. Soc. Am. J. 68, 66–73.

Bagarello, V., Sgroi, A., 2007. Using the simplified falling head technique to detect temporal changes in field-saturated hydraulic conductivity at the surface of a sandy loam soil. Soil Tillage Res. 94, 283–294. http://dx.doi.org/10.1016/j.still. 2006.08.001.

Biddoccu, M., Ferraris, S., Opsi, F., Cavallo, E. 2016. Long-term monitoring of soil management effects on runoff and soil erosion in sloping vineyards in Alto Monferrato (North-West Italy). Soil Till. Res. 155, 176-189, DOI: 10.1016/j.still.2015.07.005

Biddoccu, M., Ferraris, S., Pitacco, A., Cavallo, E. 2017 Temporal variability of soil management effects on soil hydrological properties, runoff and erosion at the field scale in a hillslope vineyard, North-West Italy. Soil Till. Res. 165 , 46–58, DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2016.07.017

Blavet, D., De Noni, G., Le Bissonnais, Y., Leonard, M., Maillo, L., Laurent, J.Y., Asseline, J., Leprun, J.C., Arshad, M.A., Roose, E., 2009. Effect of land use and management on the early stages of soil water erosion in French Mediterranean vineyards. Soil Tillage Res. 106, 124–136.

Bodhinayake, W., Si, B.C., Noborio, K., 2004. Determination of hydraulic properties in sloping landscapes from tension and double-ring infiltrometers. Vadose Zone J. 3, 964–970.

Brenot, J., Quiquerez, A., Petit, C., Garcia, J.-P., 2008. Erosion rates and sediment budgets in vineyards at 1-m resolution based on stock unearthing (Burgundy, France). Geomorphology 100, 345–355.

Casalí, J., Gastesi, R., Álvarez-Mozos, J., De Santisteban, L.M., Lersundi, J.D.V.d., Giménez, R., Larrañaga, A., Goñi, M., Agirre, U., Campo, M.A., López, J.J., Donézar, M., 2008. Runoff, erosion, and water quality of agricultural watersheds in central Navarre (Spain). Agric. Water Manage. 95, 1111–1128.

Cerdà, A., Doerr, S.H., 2007. Soil wettability, runoff and erodibility of major dry- Mediterranean land use types on calcareous soils. Hydrol. Process. 21, 2325–2336.

Cerdan, O., Govers, G., Le Bissonnais, Y., Van Oost, K., Poesen, J., Saby, N., Gobin, A., Vacca, A., Quinton, J., Auerwald, K., Klik, A., Kwaad, F.J.P.M., Raclot, D., Ionita, I., Rejman, J., Rousseva, S., Muxart, T., Roxo, M.J., Dostal, T., 2010. Rates and spatial variations of soil erosion in Europe: a study based on erosion plot data. Geomorphology 122, 167–177.

Corti, G., Cavallo, E., Cocco, S., Biddoccu, M., Brecciaroli, G., Agnelli, A., 2011. Evaluation of erosion intensity and some of its consequences in vineyards from two hilly environments under a Mediterranean type of climate, Italy. In: Godone, D., Stanchi, S. (Eds.), Soil Erosion in Agriculture. Intech Open Access Publisher Eds., pp. 113–160.

Ferrero, A., Usowicz, B., Lipiec, J., 2005. Effects of tractor traffic on spatial variability of soil strength and water content in grass covered and cultivated sloping vineyard. Soil Tillage Res. 84, 127–138.

García-Ruiz, J.M., 2010. The effects of land uses on soil erosion in Spain: a review. Catena 81, 1–11.

García-Ruiz, J.M., Beguería, S., Nadal-Romero, E., Gonzalez-Hidalgo, J.C., Lana- Renault, N., Sansjuan, Y., 2015. A meta-analysis of soil erosion rates across the world. Geomorphology 239, 160–173.

Gómez, J.A., Vanwallenghem, T., De Hoces, A., Taguas, E.V., 2014. Hydrological and erosive response of a small catchment under olive cultivation in a vertic soil during a five-year period: implications for sustainability. Agric. Ecosyst. Environ. 188, 229–244.

González-Hidalgo, J.C., de Luis, M., Batalla, R.J., 2009. Effects of the largest daily events on total soil erosion by rainwater. An analysis of the USLE database. Earth Surf. Processes Landforms 34 (15), 2070–2077.

Kosmas, C., Danalatos, N., Cammeraat, L.H., et al., 1997. The effect of land use on runoff and soil erosion rates under Mediterranean conditions. Catena 29, 45–59.

Lee, D. M., Reynolds, W. D., Eldrick, D. E. and Clothier, B. E. 1985. A comparison of three field methods for measuring saturated hydraulic conductivity. Can. J. Soil Sci. 65: 563-573

Maetens, W., Vamaercke, M., Poesen, J., Jankauskas, B., Jankauskiene, G., Ionita, I., 2012. Effect of land use on annual runoff and soil loss in Europe and the Mediterranean: a meta-anlysis of plot data. Prog. Phys. Geog. 36 (5), 599–653.

Novara, A., Gristina, L., Saladino, S.S., Santoro, A., Cerdà, A., 2011. Soil erosion assessment on tillage and alternative soil managements in a Sicilian Vineyard. Soil Till. Res. 117, 140–147.

Raclot, D., Le Bissonais, Y., Louchart, Y., Andrieux, P., Moussa, R., Voltz, M., 2009. Soil tillage and scale effects on erosion from fields to catchment in a Mediterranean vineyard area. Agric. Ecosyst. Environ. Catena 66, 198–210.

Ramos, M.C., Martínez-Casasnovas, J.A., 2004. Nutrient losses from a vineyard soil in Northeastern Spain caused by an extraordinary rainfall event. Catena 55, 79–90. doi:http://dx.doi.org/10.1016/S0341-8162(03)00074-2.

Ramos, M.C., Martínez-Casasnovas, J.A., 2007. Soil loss and soil water content affected by land leveling in Penedès vineyards. Catena 71, 210–217. doi:http:// dx.doi.org/10.1016/j.catena.2007.03.001.

Ruiz-Colmenero, M., Bienes, R., Marques, M.J., 2011. Soil and water conservation dilemmas associated with the use of green cover in steep vineyards. Soil Tillage Res. 117, 211–223.

Soil Survey Staff, 2010. Keys to Soil Taxonomy, 11th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.

Tropeano, D., 1983. Soil-erosion on vineyards in the tertiary piedmontese basin (NorthWestern Italy) studies on experimental areas. Catena 115–127.

USDA-NCRS (2017): Soil Quality Kit – Guides for Educators: Bulk Density/ Moisture/ Aeration [Online]. USDA-NRCS, https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_053260.pdf

Propuesta de la utilización de ovejas con aversión inducida a la vid, para el control de la cubierta vegetal en un viñedo de montaña.

Design of plant cover control in a mountain vineyard by using sheep with conditioned aversion to grapevine

J.L. Santiago[(1)], P. Gago[(1)], S. Boso[(1)], E. Albanell[(2)], G. Caja[(2)], C.L. Manuelian [(2)], M.C. Martínez[*(1)]

[(1)]Misión Biológica de Galicia (CSIC), Carballeira 8, 36080 Pontevedra, España.*e-mail: carmenmartinez@mbg.csic.es; [(2)]Departament de Ciencia Animal i dels Aliments, Facultat de Veterinària, Campus UAB, 08193 Bellaterra, España. Grupo de "Recerca en Remugants" de la Universidad Autónoma de Barcelona.

Abstract

La mayoría de los viñedos de la zona vitícola asturiana (Noroeste de España) se sitúan en zonas de fortísima pendiente y con altitudes superiores a los 400-500 metros. El manejo del suelo y de la flora adventicia en este tipo de viñedo tiene un gran coste debido a la difícil orografía y a la rápida y abundante proliferación de adventicias a lo largo de todo el ciclo vegetativo (necesidad de varios cortes anuales), debido a las condiciones climáticas de la zona.

La aplicación de herbicidas es el método más utilizado por los viticultores actualmente, seguido por el control mecánico mediante siegas manuales. Estos métodos son económicamente costosos y el primero de ellos provoca además deterioro del medio ambiente.

En este trabajo se propone el uso de ovejas con aversión inducida a determinadas variedades de vid, como un método de control de la cubierta vegetal y de lucha contra las adventicias a lo largo de todo el ciclo vegetativo. El método se basa en el protocolo puesto a punto por Manuelian et al. (2014) para la creación de aversión en cabras para el control de la flora adventicia en plantaciones de olivo.

Se ha puesto a punto un método para la inducción de la aversión a la vid en ovejas y se ha comprobado su eficiencia en un viñedo experimental del Norte de España. Se analizará posteriormente si el control de la cubierta vegetal con ovejas con aversión inducida a la vid, es igual de eficaz que otros sistemas de manejo utilizados habitualmente. Se analizarán también las ventajas e inconvenientes de esta forma de control de las malas hierbas.

Palabras clave: Aversión inducida, Malas hierbas, Ovejas, *Vitis vinifera*.

Introducción

La zona vitícola asturiana (Norte de España) se extiende por el sur occidente de esta región y se enmarca plenamente en la Viticultura de Montaña. La mayoría de los viñedos se sitúan en zonas de fortísima pendiente, con altitudes superiores a los 400-500 metros (Figura 1). Las cepas se disponen actualmente en espaldera, formada por postes de madera e hilos de alambre, hasta una altura de menos de un metro. El suelo de la mayoría de estos viñedos es pedregoso. Está documentada la existencia de la viticultura en esta zona desde el siglo IX.

Aunque alcanzó gran esplendor en el siglo XIX (Martínez y López, 2015) y hasta mediados del XX, por distintas razones (llegada de la minería, la industrialización, emigración del campo a la ciudad…), en la segunda mitad del siglo XX este viñedo entró en decadencia, hasta llegar casi a su total desaparición en los últimos años de dicho siglo (Martínez et al., 2013). Los pocos viñedos antiguos que todavía quedaban en los años 80 se conservaron gracias al esfuerzo, casi heroico, de los ancianos viticultores y al amor que éstos sentían por sus cepas centenarias. Sin embargo, precisamente el carácter marginal de estos viñedos hizo posible que lo poco que quedaba se mantuviese prácticamente con las mismas características que tenía a finales del siglo XIX o principios del XX, constituyendo una especie de área refugio en la que se conservó una biodiversidad vitícola relativamente alta.

PATROCINIOS

Generating Innovation between Practice and Research

Figura 1. Detalle de un viñedo de montaña en la zona vitícola asturiana (norte de España).

Los trabajos desarrollados por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) desde el año 1986, de forma ininterrumpida hasta la actualidad, han servido para localizar, describir y conservar las variedades que existían en dicha zona. Todos estos estudios (Martínez et al., 2000, 2005, 2007, 2009, 2013; Santiago et al., 2005, 2010; Gago et al., 2009a, 2009b, 2011; Alonso-Villaverde et al., 2010) contribuyeron a la inclusión en la "Lista oficial española de variedades de vid comerciales" de muchas de estas variedades, lo que permitió el establecimiento de nuevas plantaciones y la comercialización del vino con sus nombres en el etiquetado. Entre las variedades que aquí se cultivaban, destacaríamos Verdejo Negro, Albarín Negro y Carrasquín entre las tintas, el Moscatel Rojo de Grano Menudo entre las variedades de uva roja o rosada y como blancas el Moscatel Blanco de Grano Menudo y el Albarín Blanco. A través de un vivero autorizado, el CSIC inició en 2002 el proceso de certificación de clones de algunas de estas variedades, comenzando a finales del año 2006 la comercialización de los primeros clones certificados de Albarín Blanco y Verdejo Negro, que han sido plantados por numerosos viticultores en distintos viñedos de la zona sur occidental del Principado de Asturias.

La lenta pero progresiva aparición de nuevas bodegas, la creación de un Consejo Regulador, de un museo del vino y una concienciación cada vez mayor de la oportunidad que esta actividad agrícola puede suponer a medio plazo en una zona de montaña muy deprimida económicamente, pero muy atractiva desde el punto de vista agrario y turístico, ha impulsado nuevamente a la viticultura asturiana, que desde hace pocos años se encuentra amparada bajo la Denominación de Origen Protegida "Vino de Cangas".

Para que esta ilusionante nueva etapa en la Viticultura asturiana pueda constituir una alternativa real en la economía de la región, es necesario apostar por la máxima calidad de sus vinos, y a la vez por la introducción de mejoras en el cultivo que lo hagan más rentable, pero también respetuoso con el medio ambiente, y a su vez sostenible.

En estas zonas, algunos de los parámetros climáticos como la temperatura, la humedad, las horas de sol, la intensidad lumínica, etc., varían enormemente, en distancias de pocos metros, en función de la orografía. Por ello resulta fundamental disponer de estaciones agroclimáticas instaladas en los propios viñedos, que suministren datos que permitan entender y controlar el comportamiento del cultivo en unas condiciones tan particulares.

Las dificultades de mecanización y el elevado coste en horas de mano de obra que requiere esta "viticultura extrema", aspectos ya comentados, la hacen totalmente diferente a la que se lleva a cabo en cualquier otra zona vitícola de calidad. En este sentido, un manejo muy habitual en cualquier viñedo, como es el control de las malas hierbas, encierra en este viñedo de montaña una especial dificultad por la orografía del terreno, y también porque las condiciones climáticas de la zona provocan una rápida y

abundante proliferación de las malas hierbas a lo largo de todo el ciclo vegetativo. La siega manual o uso de desbrozadoras manuales (en algunas zonas, ni siquiera es posible el uso de segadoras pequeñas, debido a la orografía), es necesario repetirla varias veces desde la primavera (mayo) hasta la vendimia (octubre) para controlar las malas hierbas. La aplicación de herbicidas es el método más utilizado por los viticultores actualmente, pero además de ser económicamente muy costoso, y de la legislación sobre su uso, que es cada vez más restrictiva (Directiva 2009/128/CE), presenta problemas de contaminación de los suelos y deterioro del medio ambiente. Otros sistemas como la cobertura plástica del suelo de las filas, no evita el desbrozado o aplicación de herbicidas en el espacio interfilas, siendo además necesario instalarlo antes de la plantación de las cepas y de los postes. Además de su necesaria reparación cada cierto tiempo, en zonas de fuerte pendiente como la que nos ocupa, no siempre es posible su instalación, debido a la orografía del terreno. En los últimos años, estudios llevados a cabo por Manuelian et al. (2014) empleando olivo y ensayos realizados con vid en colaboración con el grupo de Viticultura de la Misión Biológica de Galicia (Gago et al., datos sin publicar), proponen el uso de ovejas con aversión inducida a determinadas variedades de vid, como una alternativa de lucha contra las malas hierbas altamente eficaz, rentable y respetuosa con el Medio Ambiente, en este tipo de viñedos de montaña. (Figura 2). Este método de control de las malas hierbas, a diferencia del uso de herbicidas que deja totalmente desnudo el suelo, permitirían el mantenimiento de una cubierta vegetal baja, que evitar la erosión del suelo por arrastre, aspecto de vital importancia en una zona de montaña y en fuerte pendiente como la que nos ocupa.

Otro manejo habitual que en este tipo de viticultura encierra una especial dificultad, es la aplicación de tratamientos fitosanitarios en cada campaña para el control de las enfermedades fúngicas que atacan a la vid, debido a las dificultades de mecanización. A esta dificultad se suman, al igual que ocurre en la mayoría de las zonas vitícolas de clima húmedo, los problemas de deterioro del Medio Ambiente, debido al uso excesivo de productos fitosanitarios, si bien en este tipo de viticultura, estudios realizados por distintos autores (Jermini et al. 2006; Caffi et al., 2011) indican que sería posible reducir el número de tratamientos fitosanitarios jugando con las variedades más adaptadas a la zona y los microclimas provocados por las variaciones orográficas y altitudes del terreno dentro de una misma parcela. La utilización de ovejas como sistema de control de las malas hierbas, podría a la vez reducir la incidencia de enfermedades fúngicas y aumentar la calidad de la uva en los viñedos, debido sobre todo a las características y composición química de los excrementos del ganado ovino, rico en potasio (Zhang et al., 2015), que según algunos autores (Soyer, 1989; Fregoni et al, 2000; Thuerig et al., 2011) tiene un efecto beneficioso para la maduración de la uva y otros aspectos relacionados con la intervención de las ovejas en la eliminación de las malas hierbas del viñedo.

Objetivos

En esta propuesta, se plantea por tanto, comprobar si el control de las malas hierbas mediante el uso de

Figura 2. Ensayo realizado con ovejas con aversión inducida a determinadas variedades de vid.

ovejas con aversión inducida a la vid, es igual de eficaz que el uso de herbicidas (práctica habitual que se lleva a cabo en la actualidad en esta zona). Al mismo tiempo se evaluará la influencia que tiene la presencia de las ovejas sobre determinados parámetros de calidad de la uva y el vino, por el mayor aporte de Potasio en el suelo procedente de los excrementos de este ganado. También se comprobará si este método de control de las malas hierbas en el suelo del viñedo, influye en la disminución de la incidencia de las principales enfermedades fúngicas que atacan este cultivo cada año en estas latitudes. Por último, se analizará la influencia que tiene esta técnica de control de malas hierbas con ovejas frente al uso de herbicidas, en la erosión y la concentración de nutrientes en el suelo.

Material y metodología propuesta

El trabajo se llevará a cabo en los viñedos de la bodega Vítheras, que están localizados en el Concejo de Cangas del Narcea (Principado de Asturias, Norte de España), dentro de la Denominación de Origen "Vino de Cangas". Esta empresa dispone de una parcela de 45922 m^2, situada en el pueblo de Carballo, perteneciente al mismo Concejo. Las características de la parcela y de la zona vitícola en la que se encuentra entran dentro de lo que se conoce como "Viticultura Extrema". El viñedo (Figura 3) está constituido por dos zonas bien diferenciadas en cuanto a su orientación y orografía, ocupando dos laderas distintas de la misma montaña (Zona 1: -21.928 m2- y Zona 2: -23.994 m2). Dentro de la Zona 1, con orientación suroeste, y que da a un valle abierto, sujeto a fuertes corrientes de aire, la parte más baja del viñedo está situada a una altitud de 525 metros sobre el nivel del mar y la más alta, con un sistema de aterrazados, a 600 metros. Además, esta parte del viñedo está atravesada por una carretera provincial en 3 puntos de la ladera. En la Zona 2, orientada al sureste, la oscilación en altura está entre los 575 metros en la cota más baja y los 625 en la más alta, mirando en este caso a un valle mucho más cerrado, más abrigado y por tanto más protegido de los vientos que el valle de la zona 1. En ambas zonas, la pendiente del terreno es siempre superior al 20 %, alcanzando en numerosos puntos valores superiores al 40%. Estas condiciones orográficas ocasionan variaciones notables en las propiedades edáficas y microclimáticas entre los distintos puntos de cada zona, así como en la cobertura vegetal de las mismas.

El trabajo se llevará a cabo con cepas de las variedades Albarín Blanco, Verdejo Negro, Albarín Negro y Moscatel de Grano Menudo, autóctonas de esta zona, ya mencionadas anteriormente. En la parte más baja de la Zona 1 crecen ejemplares de estas variedades con más de 25 años de antigüedad, mientras que tanto en la parte baja, como en la parte media y la parte alta de esta Zona están ocupadas por cepas de Albarín Blanco plantadas hace tan solo un año y que entrarán en plena producción en las próximas campañas. La Zona 2 ha sido plantada durante 2017.
En la actualidad se dispone de una estación agroclimática iMetos completa en la cota más baja de la Zona 1 que recoge diariamente los siguientes parámetros: Temperatura del suelo, radiación solar, precipitación,

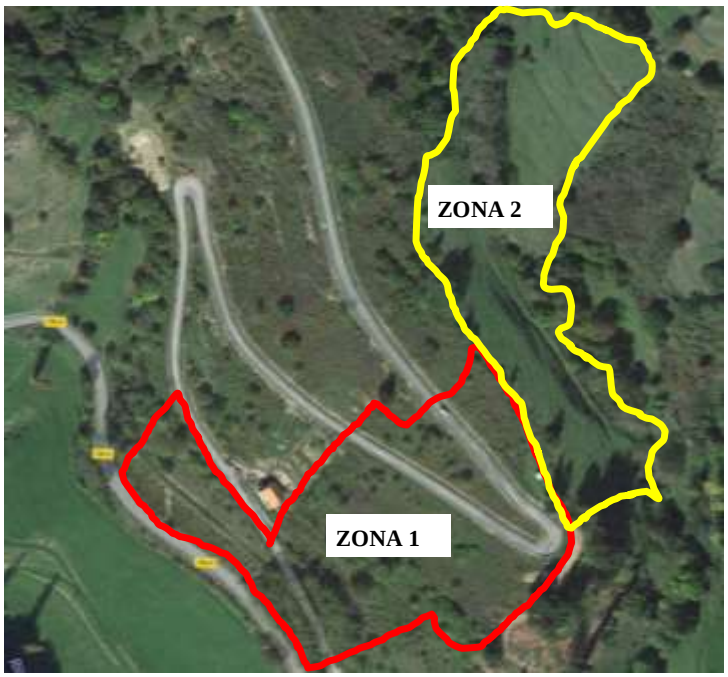


Figura 3. Viñedo de la bodega Vítheras donde se desarrollará el proyecto propuesto.

humedad foliar, temperatura del aire (media, mínima y máxima), humedad relativa del aire y punto de rocío. Será necesario disponer de otros puntos de medida, tanto en la cota alta de la Zona 1, como en las dos cotas de la Zona 2, con sensores conectados a la estación completa ya existente, que recoja únicamente los siguientes parámetros: Humedad foliar, humedad relativa del aire y temperatura del aire (media, mínima y máxima). Estos datos agroclimáticos serán utilizados para relacionarlos con los resultados obtenidos en los diferentes ensayos que se lleven a cabo.

A partir de la experiencia previa (Figura 4), fruto de un Convenio de colaboración específico entre la Misión Biológica de Galicia-CSIC y la Universidad Autónoma de Barcelona, se seguirá la metodología propuesta por el equipo de la Dra. Albanell, del grupo de "Recerca en Remugants" de la citada Universidad, para provocar aversión a las citadas variedades de vid en dos ovejas hembras de una edad inferior a dos años y que no hayan consumido anteriormente hojas de vid (Manuelian et al., 2014).

Se procederá a la delimitación y marcaje de las cepas en cada sector dentro de cada zona del viñedo. En cada sector de altitud se delimitarán dos ensayos, uno en el que se introducirán las ovejas a las que previamente se les ha creado la aversión a la vid, y otro ensayo a modo de control en el que se seguirán las prácticas de cultivo habituales en el viñedo, manteniendo el suelo limpio mediante el uso de herbicidas (práctica habitual en la zona).

Se recogerán muestras de suelo en cada sector y en las que se determinarán los siguientes parámetros: pH en agua, pH en cloruro potásico, porcentaje de materia orgánica, acidez de cambio, fósforo disponible, potasio asimilable, magnesio cambiable, conductividad eléctrica y cationes del complejo de cambio.

Se describirá la cubierta vegetal natural existente en cada uno de los ensayos dentro de cada sector y su densidad. Para ello se empleará el método de cuadrantes (Braun-Blanquet, 1972; Wikum y Shanholtzer, 1978; Bonham et al., 1989), con un cuadro de PVC o metálico de $1m^2$.

Las plantas de cada sector y ensayo serán sometidas a idénticas prácticas de manejo del cultivo, con la única diferencia de la presencia de las ovejas en los ensayos correspondientes.

Tres semanas después de la floración (mayo-junio), tanto en las cepas de los ensayos con ovejas como en las cepas de los ensayos control, se determinará la incidencia y severidad de Mildiu (*Plasmopara viticola*) en hoja e inflorescencia. En el momento de la vendimia, se realizarán las evaluaciones en los racimos. En ambos casos se seguirán las metodologías propuestas por Boso et al. (2004, 2005) y por la Organización Internacional de la Vid y el Vino (OIV, 2009). En el momento de la vendimia también se determinará la

Figura 4. Proceso en la creación de la aversión a la vid en ovejas

Incidencia y severidad a Botrytis (*Botrytis cinerea*), evaluando los daños en los racimos, tanto en las cepas de los ensayos con ovejas como en las cepas de los ensayos control, según la metodología propuesta por Boso et al. (2009, 2010).

Por otra parte se cree que la alta concentración de Potasio que presenta el abono de oveja frente a otro tipo de abonos en los que predomina el Nitrógeno (abono de ganado vacuno), puede influir positivamente en la maduración de la uva y otros parámetros. En base a ello, en las semanas previas a la vendimia, se realizarán controles de maduración en cada uno de los ensayos y variedad (grado alcohólico probable, acidez total del mosto, pH, etc.)

En el momento de la vendimia se procederá a la recogida de los racimos en cada uno de los ensayos de cada variedad, determinando en cada una de ellas los siguientes parámetros agronómicos: Kilogramos de uva por cepa, número de racimos por cepa, número de racimos por pámpano, peso, largo y ancho de un racimo representativo por cepa. Además en el mosto extraído de 20 bayas de cada cepa se medirán los siguientes parámetros: rendimiento, grado alcohólico probable, acidez total y pH.

Además, en el momento de vendimia, se separarán aproximadamente 5 kg de uva por variedad y ensayo, que serán congelados para posteriormente, realizar los análisis de aromas de los mostos.

El resto de la cosecha de cada variedad y ensayo será destinada a realizar microvinificiones de cada variedad por separado, por duplicado, comparando los ensayos con presencia de ovejas frente a los ensayos control. Se realizarán en pequeños depósitos de inox de 25 litros y se seguirán los protocolos normales de vinificación para blancos-Albarín Blanco y Moscatel de Grano Menudo- o tintos-Albarín Negro y Verdejo Negro- que tenga establecidos la bodega. Una vez finalizadas las fermentaciones, los vinos serán estabilizados, filtrados y embotellados hasta el momento de ser analizados.

En los vinos y mostos de cada variedad, elaborados con las uvas procedentes de cada uno de los ensayos, se determinarán los parámetros químicos básicos y se analizará el perfil aromático. La identificación y cuantificación de los compuestos volátiles responsables del aroma se llevará a cabo mediante cromatografía de gases acoplada a un detector de espectrometría de masas (GC-MS). En cuanto al método de detección, se trabajará en modo full scan (o barrido completo) para obtener la fragmentación de masas de cada compuesto y su correcta identificación; y, posteriormente, en modo SIM (o monitorización de un solo ión) para aumentar la sensibilidad del método, dada la gran cantidad de compuestos y sustancias interferentes presentes en cada matriz (mosto o vino), así como para llevar a cabo el proceso de cuantificación. Se podrá comprobar si algunos factores como el empleo de ovejas en el viñedo, la altitud, el tipo o profundidad del suelo, etc. pueden potenciar la presencia de determinados aromas amoscatelados, principalmente en Albarín Blanco, que solamente se manifiestan en esta variedad cuando alcanza determinados estados de maduración (Martínez y Pérez, 1999, 2000; Santiago et al., 2005).

Se procesarán estadísticamente todos los datos recogidos relativos a la evaluación de enfermedades fúngicas, datos agronómicos, datos de mostos y vinos, y se relacionarán con los datos agroclimáticos recogidos, así como con los parámetros analizados en el suelo. Se realizarán las comparaciones entre los dos tipos de ensayos (Ovejas y Control).

Si los resultados y conclusiones que se obtengan de este proyecto son positivos, éstos podrán ser aplicados a medio plazo en otras zonas de viticultura heroica, ya que supondría un incremento de la rentabilidad y sostenibilidad de los viñedos de montaña a través de la implantación de nuevos manejos de cultivo como el que aquí se propone.

Referencias Bibliográficas

Alonso-Villaverde; Santiago; Boso; Gago; Martínez (2010). Moscatel de grano menudo rojo para viticultura de montaña. La Semana Vitivinícola, 3324: 1974-1980.

Bonham (1989). Measurements for Terrestrial Vegetation. John Wiley and Sons, New York, NY. 338 p.

Boso; Alonso-Villaverde; Gago; Santiago; Martínez (2010). Mildiu, Oidio y Botritys. Evaluación de la sensibilidad en diferentes viníferas blancas. La Semana Vitivinícola, 3297: 230-235.

Boso; Santiago; Martínez (2005). A method to evaluate Downy mildew resistance in grapevine. Agronomie, 25: 163-165.

Boso; Rodríguez; Santiago; Alonso-Villaverde; Gago; Martínez (2009). Evaluación de la incidencia a enfermedades fúngicas en diferentes clones del cv. Albariño (Vitis vinifera L.). Phytoma, 210: 30-34.

Boso; Santiago; Martínez (2004). Resistance of eight different clones of the grape cultivar Albariño to Plasmopara viticola. Plant Disease, 88: 741-744.

Braun-Blanquet (1972). Plant Sociology: the Study of Plant Communities. (Transl. by G.D. Fuller and H.S. Conard). Hafner, New York, 439 pp.

Caffi; Salinari; Rossi (2011). A Decision Support System for management of organic vineyards against downy mildew. Phytopathology, 101: S24-S24.

Fregoni; Bavaresco; Contu; Petegolli; Vizzon; Chiusa; Trevisan (2000). Advances in understanding stilbene (resveratrol, \epsilon\-viniferin) - grapevine relationships. Acta Horticulturae, 526: 467-477.

Gago; Santiago; Boso; Alonso-Villaverde; Martínez (2009b). Montaña versus litoral. El comportamiento agronómico del Albarín Blanco. La Semana Vitivinícola, 3284: 2662-2667.

Gago; Santiago; Boso; Alonso-Villaverde; Orriols; Martínez (2011). Identity of three grapevine varieties from a rediscovered viticulture region in northwest Spain. Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin, 45: 245-254

Gago; Santiago; Boso; Alonso-Villaverde; Grando; Martínez (2009a). Biodiversity and characterization of twenty-two Vitis vinifera L. cultivars in the Northwestern Iberian Peninsula. American Journal of Enology and Viticulture, 60: 293-301.

Jermini; Gessler; Linder (2006). The use of know-how on the interaction between grapevine and pests or diseases to improve integrated protection strategies. Bull. IOBC/WPRS, 29: 95-102.

Manuelian; Albanell; Rovai; Salama; Caja (2014). Effect of breed and lithium chloride dose on the conditioned aversion to olive tree leaves (Olea europaea L.) of sheep. Applied Animal Behaviour Science, 155: 42-48.

Martínez; Boso; Alonso-Villaverde; Gago; Santiago (2009). Description de la zone viticole de montagne des Asturias (Nord de l'Espagne). Viticultura de Montagne, 17: 66-75.

Martínez; Gago; Boso; Alonso-Villaverde; Santiago (2013). Recuperación de la viticultura heroica asturiana. Enoviticultura, 21: 6-13

Martínez; Boso; Gago; Alonso-Villaverde; Santiago (2007). Viticultura de montaña en Asturias. Primeros clones certificados de dos de sus variedades autóctonas. La Semana Vitivinícola, 3197: 3846-3847.

Martínez; López Álvarez (2015). Asturias entre las regiones pioneras en la modernización de la vitivinicultura en el siglo XIX. La labor de Anselmo González del Valle, 1878-1901. La Semana Vitivinícola, 3444: 537-542.

Martínez; Santiago; Boso (2005). Contribución a la recuperación de la zona vitícola del principado de Asturias. Localización, descripción, conservación y reintroducción en el mercado de las variedades allí cultivadas. La Semana Vitivinícola, 3075: 2358-2366.

Martínez; Pérez (1999). La vid en el occidente del principado de Asturias. Descripción ampelográfica de las variedades. Editorial CSIC-Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid. 101 pp.

Martínez; Pérez (2000). The forgotten vineyard of the Asturias Princedom (north of Spain) and ampelographic description of its grapevine cultivars (Vitis vinifera L.). American Journal of Enology and Viticulture, 51: 370-378.

Organisation Internationale de la Vigne et du Vin O.I.V. (2009). Code des caractères descriptifs des variétés et espèces de Vitis. Deuxième édition (Dedon: Paris).

Santiago; Boso; Vilanova; Martínez (2005). Characterisation of CV. Albarín Blanco (Vitis vinifera L.). Synonyms, homonyms and errors of identification associated with this cultivar. Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin, 39: 57-65.

Santiago; Boso; Alonso-Villaverde; Gago.; Martínez (2010). Comportamiento del Verdejo Negro en montaña y en litoral. La Semana Vitivinícola, 3316: 1350-1355.

Soyer (1989). The influence of agricultural factors on the sensitivity of grapevine to downy mildew (in: Cavalloro, R. (Ed.): Influence of Environmental Factors on the Control of Grape Pests, Diseases and Weeds. Proceedings of a Meeting of EC Experts' Group, Thessaloniki, 6-8 October 1987).

Thuerig; Slaughter; Marouf; Held; Mauch-Mani; Tamm (2011). Site-specific field resistance of grapevine to Plasmopara viticola correlates to altered gene expression and was not modulated by the application of organic amendments. European Journal of Plant Pathology, 129: 255-265.

Wikum; Shanholtzer (1978). Application of the Braun-Blanquet cover-abundance scale for vegetation analysis in land development studies. Environmental Management, 2: 323-329.

Yang; Fu; Cai; Zhang; Wang; Xu; et al (2015). Sheep manure application increases soil exchangeable base cations in a semi-arid steppe of Inner Mongolia. Journal of Arid Land, 7(3), 361-369.

Effectiveness of different mitigation measures to reduce runoff in sloping vineyards

M. Letey[(1)], F. Vidotto[(2)], O. Zecca[(1)], M. Bassignana[(1)]

[(1)]Institut Agricole Régional, Rég. La Rochère 1/A, 11100 Aosta, Italy. m.letey@iaraosta.it
[(2)]Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Università degli Studi di Torino, Largo Paolo Braccini 2, 10095 Grugliasco (TO), Italy.

Abstract

Water flow regulation is particularly complex in hilly environments: the erosive and runoff flows that originate from cultivated areas may represent a potential risk for water resources, since runoff water may be responsible for transferring organic materials, nutrients and pesticides to superficial water bodies.

Over the last twenty years, many mitigation measures to reduce runoff were proposed and tested: in particular, buffer strips can effectively contribute to surface water protection. In orchards and vineyards, permanent grass cover between rows may also contribute. Both measures allow for runoff flow containment, hindering water movement and facilitating the infiltration processes and adsorption phenomena.

In order to test the effectiveness of these measures in a sloping environment, a 5 m grassed buffer strip placed at the bottom of the rows and grass cover between rows were compared to the traditional system of total weeding over three growing seasons in a sloping vineyard (gradient greater than 30%) in Aosta Valley. In the third year, the effect of soil compaction due to tractor traffic was also evaluated. Runoff flow volumes in the vineyard were measured.

During the first two years of experimentation, no significant differences between the three treatments were found in terms of runoff volumes. In the third year, significant mitigation due to buffer strips and grass cover between rows was observed, but only when there was no tractor traffic, indicating that soil compaction may nullify the mitigation effects of buffer strips and grass cover.

Keyword

Runoff; mitigation measures; sloping vineyards

Introduction

Water flow regulation is particularly complex in hilly environments: the erosive and runoff flows that originate from cultivated areas may represent a potential risk for water resources, since runoff water may be responsible for transferring organic materials, nutrients and pesticides to superficial water bodies.

Over the last twenty years, many mitigation measures to reduce runoff have been proposed and tested: in particular, buffer strips can effectively contribute to surface water protection. The first studies related to the buffer strips date back to the late 1970s (Asmussen et al., 1977) and their effectiveness is widely documented by the international scientific literature, which mainly refers to experiments conducted in Europe and in the USA (Arora, 2010; CORPEN, 2007).

In orchards and vineyards, permanent grass cover between rows may also contribute. Both measures allow for runoff flow containment, hindering water movement and facilitating the infiltration processes and adsorption phenomena (USDA, 2000).

PATROCINIOS

Generating Innovation between Practice and Research

Material and methods

Study area

The study was carried out in the experimental vineyard of the Institut Agricole Régional (IAR), located in Moncenis (Aosta) (45° 74'88.98 " N, 7° 31'40.93 " E) in 3 cultural seasons (2012-2014). The vineyard rows are oriented in the maximum slope direction with average 30% slope (Figure 1).

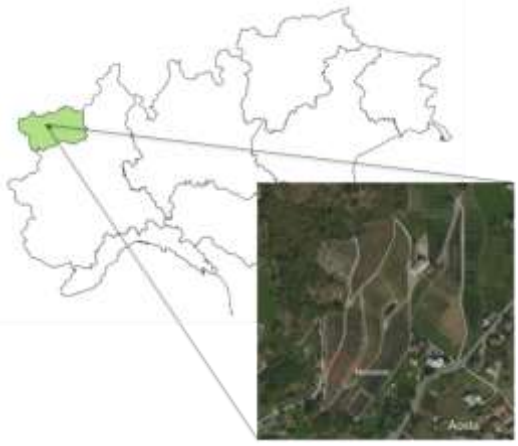


Figure 1. Moncenis experimental vineyard.

To test the effectiveness of different mitigation measures in a sloping environment, a 5 m grassed buffer strip (BF) placed at the bottom of the rows and grass cover between rows (GC) and the traditional system of total weeding (TW) were compared. The study was carried out on 9 plots (3 treatments; 3 replications; 2 vineyard rows per replication), each 3.4x29.5 m. Nine tanks for collecting runoff (CT) were installed (Figure 2; left).

During the 2014 growing season, the experimental design was modified to separate the effect of tractor traffic to soil compaction and the consequent reduction of runoff water infiltration; 18 adjoining plots each 1.6x29.5 m were arranged (3 replications for each treatment; with and without tractor tracks) (Figure 2; right).

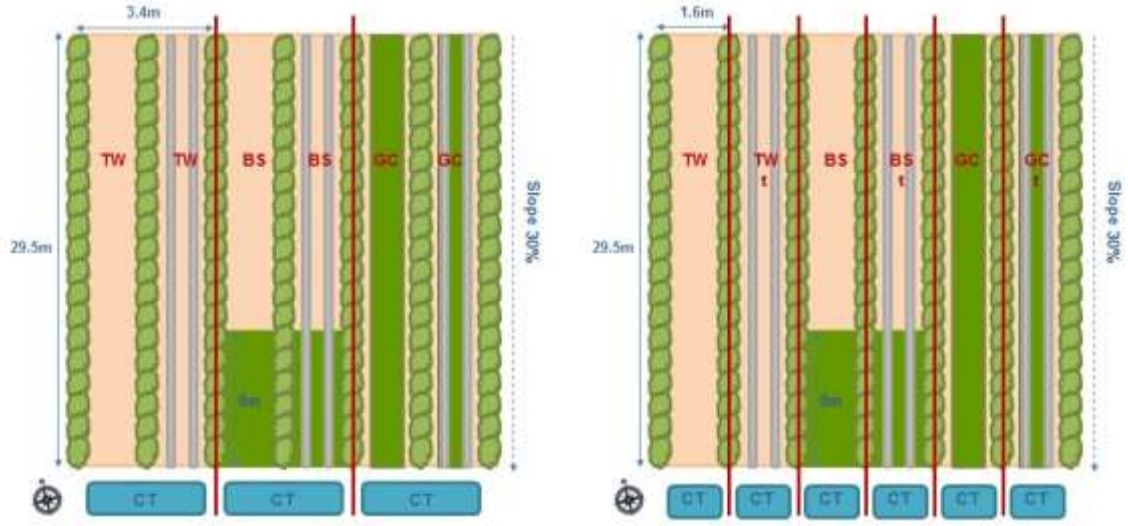


Figure 2. Experimental design in 2012-2013 growing seasons (left; only one replication is represented) and 2014 (right; only one replication is represented).

During the experimentation, treatments were carried out in the absence of wind with a crawler tractor equipped with an axial atomizer. In order to replicate the vineyard weed management usually adopted in the region, weeding treatments were performed using a shoulder sprayer.

Runoff flow volumes in the vineyard were measured starting from the beginning of May and for the whole growing season.

SPSS was used for the statistical analysis; a Ryan-Eynot-Gabriel-Welsch-F test (*P <0.05) was employed to determine the statistical significant differences between treatments in term of runoff volumes.

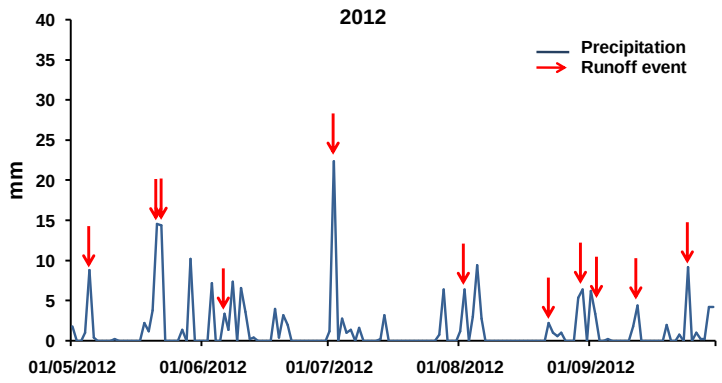
Results

In the 3-years experimentation, all the main climatic variables (rainfall, wind, temperature) were monitored: meteorological data, in particular precipitation, were processed in order to compare them with those recorded in previous years and obtain information about the meteorological trend of the year. Table 1 shows rainfall monthly averages during the 3 year.

Table 1. Seasonal precipitation.

	May	June	July	August	September	Total
			Precipitation (mm)			
2012	60	40	41	39	38	218
2013	173	38	62	54	16	343
2014	25	17	111	54	38	246

During the 2012 growing season, from the first treatment until October, 12 runoff events occurred; 10 (5 in May)and 8runoff events were observed in 2013 and 2014 respectively (Figure 3).



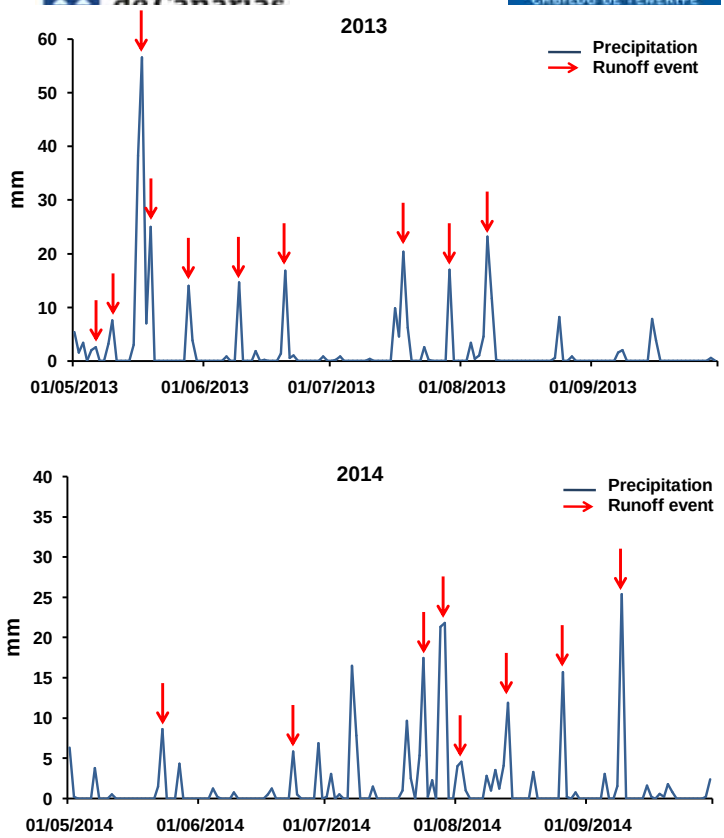


Figure 3. Precipitations and Runoff events.

During the 2012 growing season, in first months of experimentation, no statistically significative differences between the different managements were found, probably because the vegetation cover was not well established and homogeneous (Table 2). However, in the last events, BC and GC treatments had lower (but not statistically significant) runoff volumes, compared to TW, with a reduction of 58% and 64% respectively.

During the 2013 growing season, starting from the first runoff events, an evident effect of the tested mitigating measures was observed, GC has always shown a reduction in the volume of runoff water, ranging from 10% to 70%, depending on the events.

During the first two years, no significant differences between the three treatments were found, in terms of runoff volumes.

In the third year, in particular in case of high rainfall events, significant mitigation due to buffer strips and grass cover between rows was observed, but only when there was no tractor traffic, indicating that soil compaction may nullify the mitigation effects of buffer strips and grass cover (Table 3). As observed in similar studies (Soane and van Ouwerkerk, 1995), the infiltration rate in grassed soil was higher in areas not subjected to tractor traffic compaction.

Table 2. Runoff volumes (litres/ha) in 2012-2013 experimentation. No significant differences were found (REGWF test (*P <0.05)).

	2012											
Treat.	5 May	21 May	22 May	6 Jun	2 Jul	2 Aug	22 Aug	30 Aug	2 Sept	12 Sept	24 Sept	9 Oct
TW	465,3	1638,4	1379,2	498,5	2459,3	565,0	299,1	365,6	1113,3	309,1	7261,5	6463,9
BS	548,4	2426,1	1744,8	448,7	2941,2	398,8	166,2	292,5	1395,8	299,1	3207,0	2741,8
GC	515,1	2618,8	2010,6	375,5	2259,9	498,5	315,7	465,3	1744,8	309,1	2475,9	2343,0

	2013									
Treat.	6 May	10 May	17 May	19 May	28 May	9 Jun	20 Jun	18 Jul	29 Jul	8 Aug
TW	465,3	1030,2	13825,2	4669,3	2392,8	781,0	1013,6	4752,4	1595,2	4187,4
BS	182,8	764,4	11731,5	3340,0	1994,0	847,5	1179,8	4835,5	2127,0	4453,3
GC	265,9	581,6	12329,7	3772,0	1827,8	216,0	614,8	2791,6	1296,1	3722,2

Table 3. Runoff volumes (litres/ha) in 2014 experimentation. Values sharing the same letter are not significantly different (REGWF test (*P <0.05)).

	2014							
Treat.	23 May	23 Jun	24 Jul	29 Jul	3 Aug	13 Aug	26 Aug	9 Sep
TW	847.5a	346.0a	1619.9ab	4601.4a	600.3a	1320.6a	600.3a	21186.4ab
TWt	741.5a	374.3a	12747.5c	22663.1b	706.2a	1363.0a	1165.3a	31779.7b
BS	494.4a	374.3a	641.0a	2278.1a	141.2a	953.4a	423.7a	4307.9a
BSt	1285.3a	706.2a	8301.5bc	7771.2a	600.3a	2097.5a	1235.9a	31779.7b
GC	430.8a	395.5a	726.2a	1872.2a	127.1a	600.3a	600.3a	8933.6a
aGCt	536.7a	444.9a	6790.7abc	3510.3a	550.8a	791.0a	953.4a	31779.7b

Conclusions

The study confirms the effectiveness of different mitigation measures to reduce runoff in sloping vineyards. However, their efficacy is also highly influenced by tractor traffic compaction. In fact, soil compaction has been the key factor in reducing runoff water infiltration.

References

Arora K, Mickelson SK, Helmers MJ, Baker JL (2010).Review of pesticide retention processes occurring in buffer strips receiving agricultural runoff. J. Am. Water Resour. As., 46:618-647.

Asmussen LE, White AW Jr, Hauser EW and Sheridan JM (1977). Reduction of 2,4-D load in surface runoff down a grassed waterway. J. Environ. Qual. 6:159-162.

CORPEN (2007). Les fonctions environnementales des zones tampons. 1stEdition.

Soane BD, van Ouwerkerk C(1995). Implications of soil compaction in crop production for the quality of the environment. Soil Tillage Res., Soil Compaction and the Environment 35, 5-22.

USDA (2000). Conservation buffers to reduce pesticides losses. U.D.o. Agriculture, Natural Resources Conservation Service.

SEXTO CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE VITICULTURA DE MONTAÑA Y EN FUERTE PENDIENTE

SIXTH INTERNATIONAL CONGRESS ON MOUNTAIN AND STEEP SLOPE VITICULTURE

SESIÓN II

SESSION II

Paisaje de los viñedos, ejemplos de viticulturas heroicas: elementos de sostenibilidad e identidad cultural

Examples of heroic viticulture and their sustainability and identitary landscape elements

PATROCINIOS

Generating Innovation between Practice and Research

Effects of wind driven rainfalls on soil loss from a Douro vineyard, Portugal

Tomás de Figueiredo[1], Jean Poesen[2], Zulimar Hernandez[3], Felícia Fonseca[1]

[1] Instituto Politécnico de Bragança, CIMO – Mountain Research Centre, 5300-253 Bragança, Portugal. tomasfig@ipb.pt, ffonseca@ipb.pt; [2] KU Leuven, Department of Earth and Environmental Sciences, Celestijnenlaan 200e - box 2409, 3001 Leuven, Belgium. jean.poesen@kuleuven.be; [3] Universidad Autonoma de Madrid, Facultad de Ciencias, C Tomas y Valiente, s/n, Cantoblanco, Spain. zulimar.hernandez@uam.es

Abstract

In permanent row crops, rainfall interception by canopies in rows varies according to wind direction and this may affect raindrop impact and erosion in the inter-row area. The paper aims at discussing the effects of wind direction during rainfalls on soil loss from vineyard plots with different slope aspect in the Douro Region, Portugal. Long term continuous rainfall records, daily wind direction, and soil loss from 5 plots (32m long x 5n wide), in a 45% slope row-planted vineyard, with slope aspect from NW to SW, were explored separating events only with water loss (NER, 67 non-erosive events) from the others (ERO, 100 erosive events), and considering for each event wind direction at peak rainfall intensity. Calm atmosphere prevailed but with lower frequency in ERO (65%) than in NER (72%). Most frequent winds were NW (20%) and S (11%) in ERRO, and SE (12%) and NW (7%) in NER. Wind direction affected the differences between plots in event soil loss (expressed by the CV of the 5 plots soil loss in each event), with a CV 90% for NW winds, 37% for S, and 33% for Calm. NW winds blow parallel to vine rows in some plots and almost perpendicular in the others and this effect was most evident during the larger erosion events, when lowest to highest plot soil loss ratio reached 1:50. These results may contribute to better tune the application of conservation measures in Douro vineyards considering plot location and dominant wind direction.

Keywords: Wind-driven rainfalls, wind direction, rainfall erosivity, soil erosion, vineyards, Douro Region.

Introduction

Rainfall erosivity is related to both kinetic energy of raindrops and rainfall intensity (Morgan, 2005). Kinetic energy of raindrops hitting the ground converts to disruptive work of surface soil aggregates, determining compression of the uppermost soil, detachment of soil particles and their redistribution over the surface, both generating a sealed layer (Assouline, 2004; Armenise et al., 2018). The balance between rainfall intensity and soil infiltration rate generates excess precipitation at surface, which evolves to runoff, faster as the surface is smoothened by the sealing process (Salles et al., 2000). The loose detached particles become readily prone to runoff wash (Beuselinck et al, 2002). As so, the most common erosivity index (EI30, or the erosive storm kinetic energy times its máximum intensity in 30 min) precisely accounts for both rainfall characteristics (Wischmeier & Smith, 1978).

Erosivity indexes and most erosivity studies assume vertical rain under calm atmosphere. However, lab experiments addressed the effect of wind driven rainfalls on their erosive power and on their effects on overland flow velocity. In one hand, wind forces increase raindrop kinetic energy, leading to a higher potential soil detachment, with consequences for sealing and wash potential (Marzen et al, 2015). On the other hand, wind driven rainfalls increase friction losses on running water over the soil surface (de Lima, 1989), meaning a reduction in flow velocity and soil particles wash. In spite of the recent advances in the study of erosion processes under wind driven rainfalls (Marzen, 2017), there is no actual procedure to reliably account for the effect of wind driven rainfalls in erosivity estimates.

PATROCINIOS

Generating Innovation between Practice and Research

Under field conditions, it is generally assumed that rains fall uniformly over a continuous soil cover by crops, the first interception layer corresponding to canopies or the above ground vegetation, the second one corresponding to surface soil cover by weeds or residues. This is clearly an inadequate approach in the case of permanent crops. Some are aligned in plant rows, as it is the case of vineyards, therefore shaping a discontinuous, yet regular, vegetation cover structure.

In permanent row crops, rainfall interception by canopies varies according to wind direction and this may affect raindrop impact and erosion in the inter-row area (Figure 1a). In this case, rainfall erosivity and the erosional response of row planted plots to rainfalls depends on wind direction, besides the eventual effect of wind speed. For storms occurring on a farmed area, plot erosive response may be quite different according to direction of the wind driven drops as compared to the direction of plant rows (Figueiredo, 2001). These may shadow more or less effectively the inter-row area from raindrop impact. Literature lacks information about this effect, which may help explaining inconsistencies in experimental erosion studies and may help tuning soil conservation strategies in vine-growing regions. It should be noted that wine yards are among the most critical cropping systems in Europe, in what concerns actual erosion rates (Cerdan et al, 2008). Soil conservation is part of the traditional planning and management in Douro Region viticulture but such care with the soil resource should be kept in actual viticulture development, especially considering the extent of high potential erosion risk vine-growing areas, set on very steep slopes and over highly erodible schist derived soils (Figueiredo, 2015).

The paper aims at providing a preliminary discussion on the effects of wind direction during rainfalls on soil loss from vineyard plots with different slope aspect in the Douro Region, Portugal.

Materials and Methods

Long term data records from Quinta de Santa Bárbara state experimental station were explored by Figueiredo (2001) and further in this study. It is located in the Douro Region, Portugal (41˚10'N, 7˚33'W and 130m elevation), in the heart of the Port Wine producing area, qualified as UNESCO World Heritage (Bianchi-de-Aguiar, 2002). Records comprised a 10-year series of continuous rainfall data (pluviograph), daily wind speed and direction, and soil loss from 5 plots (32.1m long by 5.2m wide), installed in a 45% slope vineyard, planted in rows against the contour, with slope aspect varying from WNW to WSW (Figueiredo et al, 2013; Figueiredo, 2015) (Figure 1b).

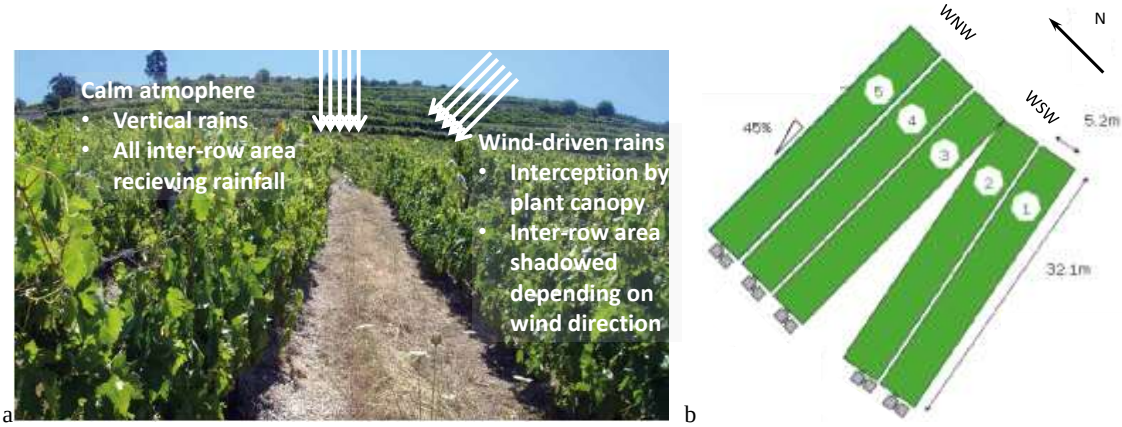


Figure 1 – A Douro vineyard in early summer , planted in rows against the contour, with a schematic representation of vertical and wind-driven rains, and the effect of vine rows interception (a), and a sketch of Quinta de Santa Bárbara erosion plots (with different slope aspect), located in the Douro Wine Region, Portugal (b).

A total of 167 data collections in the 5 plots were recorded, with an average of about 17 records of runoff water and soil loss per year during 10 years. Each record corresponds to a precipitation period, named hereafter event, for which rainfall characteristics such as height, intensity, kinetic energy, erosivity indexes, were determined in detail (Figueiredo, 2001). For each event, wind direction at peak rainfall intensity was identified matching rainfall and wind direction series. Winds with no direction assigned, corresponding to calm atmospheric conditions (< 2 km/h), were screened from the wind speed data series.

In 67 events, only runoff water loss was recorded and they were named non-erosive events (NER), while the remainder 100 events, named erosive (ERO), yield water and soil loss. Data analysis focused on the comparison of these two types of events as they represent different plot erosional responses to rainfalls, whereby NER had much less impacto soil resource tan ERO.

Results and Discussion

Calm atmosphere prevailed in most of the runoff and soil loss events, with 105 out of 167 (Figure 2a). Comparing plots erosional response under calm and windy conditions, Figure 2a shows a much larger proportion of erosive events on windy than on calm conditions (69% against 54% of each group of events), meaning more soil loss is associated to wind-driven than to vertical rains. In fact, 70% of the total soil loss recorded in the 5 plots in 10 years occurred in windy events.

Wind direction frequency distribution of windy events is different in NER as compared to ERO events (Figure 2b). In these, NW direction is dominant (20%), followed by the S winds (11%), while in NER, SE winds were dominant (12%) followed by the NW winds (7%). Figure 2b also stresses the larger share of calm conditions on NER events.

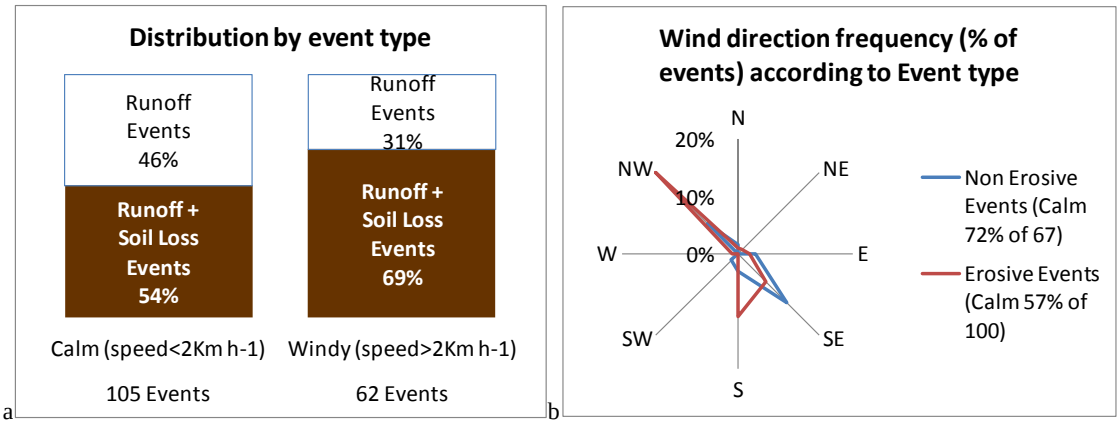


Figure 2 – Frequency distribution of event types for Calm and Windy conditions (a), and Wind direction frequency distribution for the two event types, Erosive and Non-Erosive (b).

However, windy conditions affected differently the erosional response of each one of the 5 plots (Figure 3). From plots 1 to 5, average soil loss was progressively higher in windy events as compared to those occurring in calm conditions. On plot 1 windy events average soil loss was one fifth of that of calm events, while in plots 2, 3, 4 and 5 it was about one third, half, the same and 1.5 times higher, respectively. Furthermore, soil loss in wind-driven rainfall events with certain wind directions (W, NW and E) soil loss was much higher than in others (S, SE, N and NE) (Figure 4).

The hill-slope where plots were installed changes in slope aspect and so plots face different directions. According to the work hypothesis set for this study, under these circumstances, wind-driven rainfalls with similar direction could affect differently plots erosional response. This is also confirmed in Figure 4.

The differences between plots in response to rainfall under calm conditions is expressed by a CV of the 5 plots average event soil loss of 33%. In windy events, the CV were higher than this for wind directions, ranging from 37% to 90%. Very high CV were computed for NW (90%) and W (80%), where average soil loss was higher, meaning that for such wind directions plots erosional response showed the most important differences. The same occurred also in NE direction (CV = 82%) but in this case average soil loss was generally very low.

NW winds are associated to high average event soil loss and very large differences in plot response to wind-driven rainfalls. These winds blow parallel to vine rows in some plots and almost perpendicular in

the others. In the first case, the less protected area between vine rows freely impacted by raindrops generating an erosional response that can be described considering the erosion factors action (rainfall and soil cover), formulated in common terms. In the second case, vine rows act as interception screens and the less protected inter-row area may receive limited rainfall amounts directly impacting the soil surface. In such cases, plots with different slope aspect may show sharply different erosional responses. It should be noted, however, that differences between NW and SE average event soil loss apparently reflect that rainfalls acting up-slope (SE) have a much lower effect on soil loss than those acting down-slope (NW).

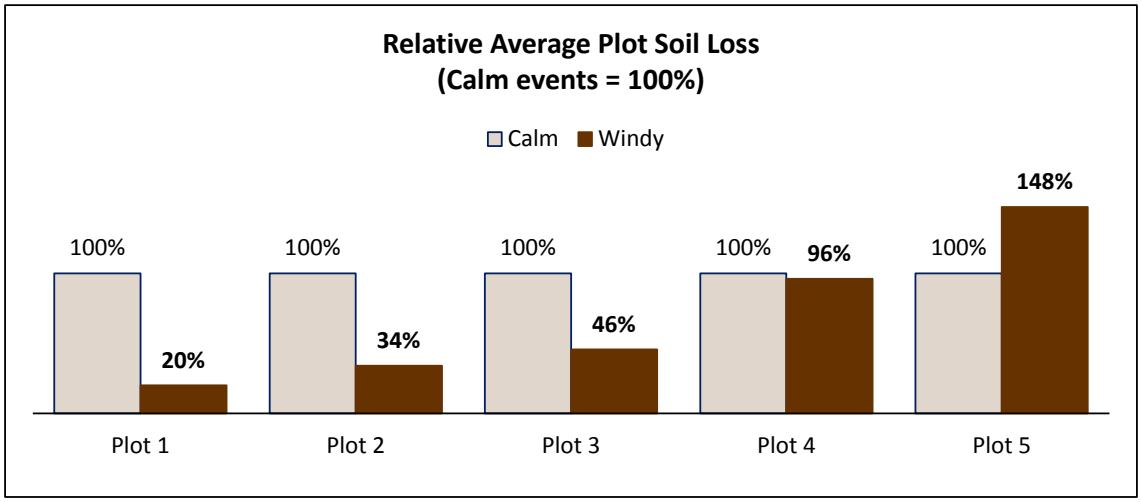


Figure 3 – Average plot Soil Loss in Calm and in Windy events, expressed as a percentage of the Calm events average.

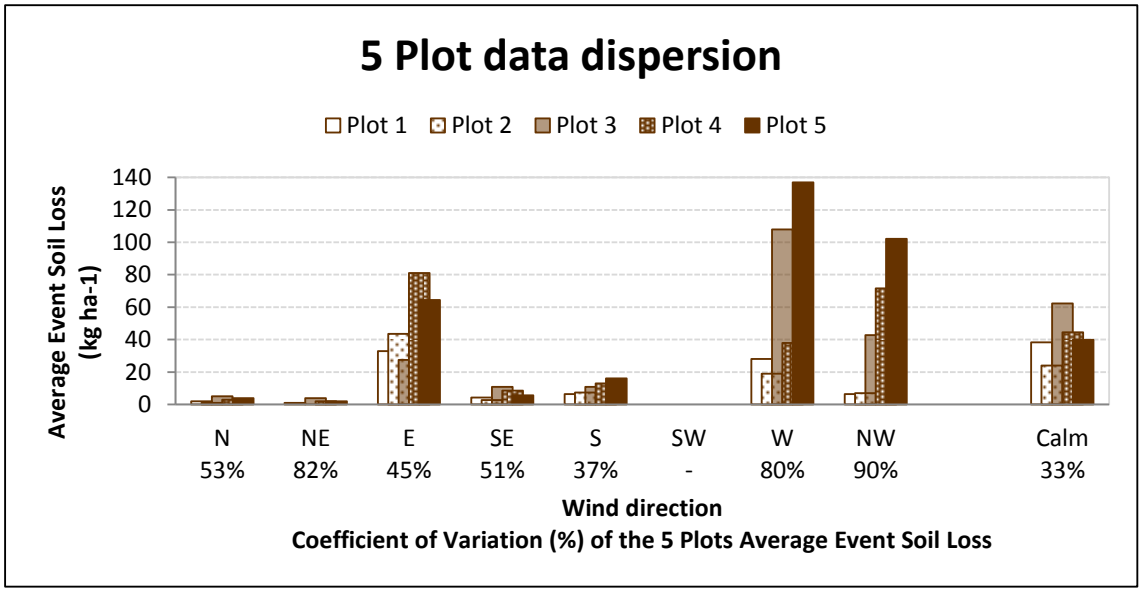


Figure 4 – Event soil loss in the 5 plots for each wind direction and calm events: plot averages and its dispersion, assessed by the coefficient of variation (CV) of the 5 plot averages.

From the 100 erosive events recorded in Quinta de Santa Bárbara erosion plots, 4 were considered extreme events or outliers in the soil loss data series (Figueiredo et al, 1998; Figueiredo et al., 2013). They contributed to 75% of the total soil loss recorded in 10 years. Wind direction on these events was only assigned in one case (NW), the third in event soil loss rank that accounted for 20% of the total soil loss in 10 years. In such large erosion events the above described effect of vine rows direction as related to wind direction during rainfalls was most evident. In fact, in this event the ratio between the lowest (plot 2) and the highest (plot 5) soil loss reached 1:50 (Figueiredo, 2001).

Conclusion

This study was an exploratory work on a topic that is very scarcely addressed to in soil erosion literature. The topic is especially relevant for permanent row crops in sloping areas, as it is the case of the Douro Region vineyards, where a high potential erosion risk prevails.

The analysis of long term data from Quinta de Santa Bárbara erosion plots, set in the vineyards of the Douro Region, Portugal, clearly showed that wind direction during erosive rainfalls affects plots erosional response. Moreover, as plots have different slope aspect, vine rows direction varies accordingly. The same wind direction during a rainfall may yield very different event soil loss when comparing plots where the vine rows impose an interception screen to raindrops (wind perpendicular to vine rows), with those where the inter-row área is freely impact by rainfall (wind parallel to vine rows). This effect was even more evident in very large erosion events.

As the plantation scheme determines the vineyard vegetation cover structure, these results may contribute to better tune the application of conservation measures in Douro viticulture, considering plot location and dominant wind direction. They also contribute for a better interpretation of experimental data on soil erosion in sloping vineyards.

References

Armenise, E., Simmons, R. W., Ahn, S., Garbout, A., Doerr, S. H., Mooney, S. J., Sturrock, C. J., Ritz, K. 2018. Soil seal development under simulated rainfall: Structural, physical and hydrological dynamics. Journal of Hydrology 556: 211-219.

Assouline, S. 2004. Rainfall-Induced Soil Surface Sealing: A Critical Review of Observations, Conceptual Models, and Solutions. Vadose Zone Journal 3. 570-591.

Bianchi-de-Aguiar, F. 2002. O Alto Douro Vinhateiro, uma Paisagem Cultural, Evolutiva e Viva. Douro – Estudos & Documentos VII (13), (3º): 143-152.

Beuselinck, L., Govers, G., Hairsine, P.B., Sander, G.C. and Breynaert, M. 2002. The influence of rainfall on sediment transport by overland flow over areas of net deposition, Journal of Hydrology, 257: 145-163.

Cerdan, O., J. Poesen, G. Govers, N. Saby, Y. Le Bissonnais, A. Gobin, A. Vacca, J. Quinton, K. Auerswald, A. Klik, F. J. P. M. Kwaad, M. J. Roxo. 2006. Sheet and rill erosion. In: Soil Erosion in Europe, Eds. J. Boardman and J. Poesen, Chapter 2.4, 501-513. Chichester: Wiley.

de Lima, J. L. M. P. 1989. Raindrop splash anisotropy: Slope, wind and overland flow velocity effects. Soil Technol. 2: 71 – 78.

Figueiredo, T. de, Poesen, J. & Ferreira, A. G. 1998. The relative importance of low frequency erosion events: results from erosion plots under vineyards in the Douro Region, Northeast Portugal. In: Actas do "XVI Congresso Mundial da Ciência do Solo". ISSS – InternaRtional Soil Science Society, Montpellier, France. 8pp. (CD-ROM).

Figueiredo, T. de. 2001. Pedregosidade e Erosão Hídrica dos Solos em Trás-os-Montes: contributo para a interpretação de registos em vinhas ao alto na Região do Douro. Tese de Doutoramento. Vila Real: UTAD. 283 pp.

Figueiredo, T. de, Poesen, P., Ferreira, A. G. & Gonçalves, D. 2013. Runoff and Soil Loss from steep sloping vineyards in the Douro Valley, Portugal: rates and factors. In: Evelpidou, N., Cordier, S., Merino, A., Figuireido, T. de, Vassilopoulos, A. & Centeri, C. (eds.) Runoff erosion. University of Athens, Greece (digital version).

Figueiredo, T. de. 2015. Proteção do solo em viticultura de montanha: manual técnico para a região do Douro. Vila Real: AVID - Associação para o Desenvolvimento da Viticultura Duriense.

Marzen, M. 2017. Wind-driven rain: A new challenge for soil erosion research. PhD thesis, University of Trier, Germany.

Marzen, M., Iserloh, T., Casper, M.C. & Ries, J.B. 2015. Quantification of particle detachment by rain splash and wind-driven rain splash. Catena 127: 135-141.

Morgan, R.P.C. 2005. Soil erosion and conservation. 3ªed. Rev.National Soil Resources Institute, Cranfield University.

Salles, C., J. Poesen, and G. Govers. 2000. Statistical and physical analysis of soil detachment by raindrop impact: Rain erosivity indices and threshold energy, Water Resour. Res., 36(9), 2721–2729.

Wischmeier, W. H. and D. D. Smith. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses — a guide to conservation planning. Agriculture Handbook 537. Washington, D. C.: U. S. Department of Agriculture.

Influence of soil, climate and cultivar in defining Terroir in volcanic wines

Z. Hernández [(1)], **J.P. Pérez Trujillo** [(2)], **T. de Figueiredo** [(3)], **S. A. Hernández** [(2)], **C. de Pina** [(4)], **G. Almendros** [(5)]

[(1)] Universidad Autonoma de Madrid, Spain. zulimar.hernandez@uam.es

[(2)] Universidad de La Laguna, Tenerife, Spain.

[(3)] Instituto Politécnico de Bragança, CIMO – Mountain Research Centre, Portugal.

[(4)] Universidad de Cabo Verde,

[(5)] Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Spain.

One of the limitations in developing steep slope viticulture in Islands lies in the high susceptibility of these agro-ecosystems to land use changes, as well as in the difficulty of linking the wines to the territory were they are produced.The use of pedo-transfer functions, successful in large continental territories, has large limitations in islands, where the slope determines the spatial variability of the main soil constituents: organic matter and water. This study aims at monitoring changes in the water and the nutrient balance, which are responsible for vineyard spatial variability. Spectroscopic techniques are used to rapid acquisition of data, with high precision and low economic cost, as well as to provide integral information of the soil-plant subsystem. Remote sensing tools, together with field soil data, are used to generalize results from the plot to region scale. The islands from the Macaronesia Region: Pico (Azores), Tenerife, Lanzarote, Hierro (Canary Islands) and Fogo (Cape Verde) are chosen as study area, due to their high diversity of volcanic materials and microclimates, located in an insular territory with a high soil loss risk, where a production of high economic value wines occurs. It is expected that the results of this study provide methodological tools for assessing and monitoring human impacts on soil properties in volcanic island viticulture.

PATROCINIOS

Generating Innovation between Practice and Research

Zonificación bioclimática de la Isla de Tenerife.

N. Machín (1), C. Gonzalo (1), M. Hontoria

(1)Cabildo Insular de Tenerife, Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural, Unidad Orgánica de Enología. C/ Alcalde Mandillo Tejera nº8, 3ª planta. Santa Cruz de Tenerife. C.P: 38007. Tenerife. Islas Canarias. España.

Resumen

La presente comunicación pretende resaltar el estudio de la influencia del clima en el ámbito geográfico de Tenerife en relación a la biodiversidad y por lo tanto a la vitivinicultura, en términos de productividad y calidad. Considerando la gran variabilidad de microclimas y la riqueza varietal en la isla, resulta importante (por no decir imprescindible) contar con una zonificación bioclimática.

A partir de 51 estaciones meteorológicas repartidas por toda la geografía de la isla, se calcula la Integral Térmica Eficaz y se determinan las regiones de Winkler-Amerine. Los resultados se cruzan con la localización de las diferentes variedades sobre el territorio, información disponible en la reciente revisión del Registro Vitícola de Canarias, tratando de correlacionar las condiciones ambientales y la distribución de las diferentes variedades.

En Tenerife llama la atención la existencia de las cinco regiones descritas según Winkler-Amerine. Desde la V en zonas cercanas a la costa a la I en zonas centrales más elevadas de la isla. La viña se distribuye mayoritariamente entre las zonas II y IV, aunque no se identifican patrones de distribución claros de las distintas variedades empleadas en las distintas regiones. Las variedades más extendidas son la Listán Negro (43% de la superficie) y Listán Blanco (42% de la superficie), observándose su distribución en toda la isla y en todas las regiones de Winkler-Amerine. Se trata de variedades adaptables, productivas, rústicas y tolerantes a enfermedades, lo que explica su expansión, y que mejoran su potencial enológico en las zonas más frías.

Key Words: Viticultura, Caracterización Agroclimática, Integral Térmica Eficaz.

1. Introducción.

La Isla de Tenerife se sitúa en el Archipiélago Canario, frente a la costa atlántica de África, aproximadamente a 28º de latitud norte. Las Islas Canarias poseen un clima subtropical árido.

La presencia de una corriente oceánica conocida como Corriente Fría de Canarias hace que sus temperaturas sean menos extremas que las presentes en la cercana costa africana del desierto del Sahara. Además se encuentra bajo la influencia de los vientos alisios, que soplan del noreste cargándose de humedad a su paso sobre el atlántico.

La existencia de una zona de inversión térmica sobre los 1.500 metros de altura impide el desarrollo vertical de los estratocúmulos formando un mar de nubes que se queda bloqueado en las vertientes norte de las islas y es la principal fuente de humedad de las mismas. Sin embargo, la vertiente sur de la tiene un clima más seco y cálido, al no disfrutar de la humedad de los alisios. Por ello los regímenes de pluviometría y temperatura son muy variados, con gran cantidad de meso y microclimas. (Fernández-Caldas, 1978)

El régimen pluviométrico en la costa no supera los 250 mm/año, aumentando con la altura hasta la zona de medianías orientadas al norte, donde es máximo, en torno a 1000 mm/año, volviendo a descender al seguir el ascenso a la cumbre. En la vertiente sur la pluviometría es escasa incluso en zona de medianías.

En cuanto al régimen de temperaturas, éste desciende de forma constante al subir la altura, siendo comparativamente más elevado en las vertientes sur por su mayor insolación, dado que en la zona norte se suele acumular el "mar de nubes".

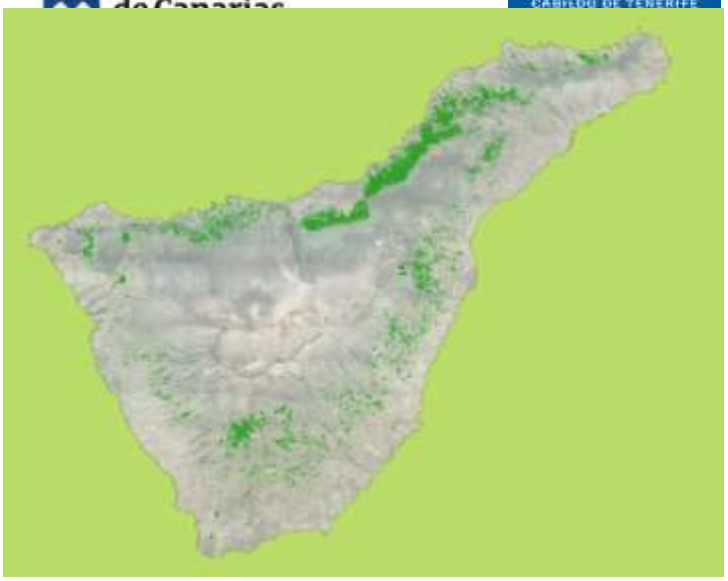


Figura 1. Distribución del cultivo de la viña en Tenerife.

Actualmente en la Isla de Tenerife la viña ocupa casi 3.200 Ha, cultivada en solitario o en asociación con otros cultivos, según los datos del Mapa de Cultivos 2016, elaborado por la Consejería de Agricultura del Gobierno de Canarias. Esta superficie supone aproximadamente el 17% de la superficie cultivada de la isla y el 45% de la superficie cultivada de viña de todo el archipiélago.

El cultivo se concentra en las zonas de medianías de la isla, con la mayor densidad de cultivos localizada en la vertiente norte. No obstante, hay cultivos desde casi el nivel del mar hasta más de 1.700 metros de altura, localizados estos en el pueblo de Vilaflor, en el sur.

La viticultura de la isla presenta una gran diversidad varietal, fruto del diverso origen de los colonos que poblaron la isla tras su conquista por la corona de Castilla en el Siglo XV. Así, castellanos, franceses, o portugueses trasladaron a las islas variedades como, por ejemplo, la Malvasía, procedente del Mediterráneo, o Verdello, procedente de Portugal. Algunas de ellas pueden haberse conservado sólo en las islas al desaparecer de sus lugares de origen tras la plaga de la filoxera, que arrasó el viñedo europeo y no afectó a las islas.

Dado que el clima es uno de los factores que determina con mayor ímpetu la vocación vitícola, y considerando la gran variabilidad de microclimas y la diversidad varietal en la isla, es fundamental la zonificación bioclimática como herramienta que evalúe la aptitud del medio para acoger las distintas variedades de vid logrando optimizar su elección.

2. Antecedentes.

El primer antecedente lo encontramos con el "Estudio Agroclimático de la Isla de Tenerife" (Hernández, 1977). En este trabajo, su autor realizó una zonificación agroclimática de la isla conforme a la Clasificación Climática de Papadakis, empleando los datos de 13 estaciones meteorológicas. Este trabajo fue actualizado por Santana (2012), empleando datos de un número mucho mayor de estaciones que las que tenía disponibles Hernández.

En el ámbito concreto de la vitivinicultura, encontramos "Caracterización bioclimática del cultivo de la vid en la isla de Tenerife" (González, 2005). Éste sería el precedente más inmediato del trabajo que presentamos en este manuscrito. Sobre la base de las estaciones meteorológicas de la red del Instituto Nacional de Meteorología de España (hoy Agencia Estatal de Meteorología), el autor recopiló datos de temperaturas y precipitaciones, calculando a partir de ellos índices climáticos de interés vitivinícola, como las Integrales Térmicas Activa y Eficaz, el Índice de Frescor de Noches, Índice Heliotérmico de Huglin o el Índice de Lang. Es el trabajo más extenso realizado hasta la fecha sobre el tema en la Isla de Tenerife.

Figura 2. Localización de las estaciones meteorológicas empleadas.

3. Material y Métodos.

Tomando como modelo el trabajo de González, hemos realizado una zonificación agroclimática de la Isla de Tenerife, de la que en este trabajo presentaremos los resultados correspondientes a la Integral Térmica Eficaz de Winkler-Amerine.

Aprovechando la mayor disponibilidad de datos y las facilidades que ofrecen los Sistemas de Información Geográfica (SIG), hemos elaborado una representación gráfica de dicha zonificación sobre la isla, herramienta que esperamos que sea de utilidad a la hora de identificar las zonas más adecuadas para el cultivo de distintas variedades de vid en función de sus requerimientos térmicos.

Para este trabajo se han tomado datos de temperaturas de estaciones meteorológicas automáticas distribuidas por la isla, sobre todo de aquellas localizadas en zonas donde esté presente el cultivo de la viña. Se han seleccionado estaciones que tuvieran series de datos de al menos 10 años. Este valor se considera una duración mínima que permita considerar los datos estadísticamente representativos.

En base a dicho criterio, se han tomado los datos de 39 estaciones de la red Agrocabildo. Dicha red pertenece al Cabildo Insular de Tenerife, que viene desarrollándola desde el año 1997, con la finalidad principal de emplear sus datos en la elaboración de recomendaciones de riego y avisos fitosanitarios. Es una red conformada por estaciones automáticas que toman datos de forma continua y registran la media cada 12 minutos. Para la realización de los cálculos se han empleado temperaturas medias mensuales.

A estas estaciones se han sumado otras 6, que forman parte de la red SIAR (Sistema de Información Agroclimática para el Regadío), gestionadas por el Instituto Canario de Investigaciones Agrarias, perteneciente al Gobierno de Canarias. Por último, debido a la falta de datos fundamentalmente en la zona de Anaga (extremo noreste de la isla), se añadieron 6 estaciones más de la red Agrocabildo con series de datos más reducidas. Aún así, los resultados de ~~la zona~~ de Anaga siguen sin ser representativos de la zona, dado que su complicada orografía haría necesaria una gran cantidad de estaciones, actualmente no disponibles.

Con los datos de dichas estaciones se han calculado distintos índices bioclimáticos, entre ellos la Integral Térmica Eficaz (Ite). Este índice se calcula sumando las temperaturas medias diarias eficaces desde el 1 de abril al 30 de octubre. En este caso, y siguiendo la recomendación de González (2005), usaremos temperaturas medias mensuales para hacer el cálculo. La Temperatura Activa (Ta) es aquella por encima de los 10ºC, considerada convencionalmente como cero vegetativo para la viña. La Temperatura Eficaz (Te) es la Temperatura Activa menos 10ºC. Según Navarro (2015), una Integral Térmica Eficaz de 2000ºC se considera suficiente para el desarrollo adecuado del cultivo de la viña.

Tabla 1. Regiones de Winkler y Amerine (González, 2005)

Región	Ite	Caracterización
I	<1.371,8ºC	Las variedades para vino seco de mesa de primera calidad, obtienen aquí su mejor desarrollo vegetativo, que soportan gran carga, no deben plantarse, ya que por su producción no pueden competir con vides plantadas en distritos más cálidos, con suelos fértiles.
II	<1.648,6ºC	Los valles pueden producir la mayoría de las clases de vinos buenos comunes. Los viñedos menos productivos de las laderas no pueden competir con el cultivo de la uva para vinos comunes, por sus bajos rendimientos, pero sin embargo, pueden producir vinos finos.
III	<1.926,8ºC	El clima cálido favorece la producción de uva de alto contenido en azúcar, algunas veces con muy poco ácido, como puede ocurrir en las más cálidas. No se producen vinos secos de máxima calidad, ya que los vinos menos equilibrados pueden obtenerse en las regiones I y II. Pueden producirse excelentes vinos dulces naturales. En los suelos más fértiles pueden producirse buenos vinos comunes.
IV	<2.204,0ºC	Son posibles los vinos naturales dulces, pero en los años cálidos los frutos de variedades más aceptables tienden a ser de baja acidez. Los vinos blancos comunes y tintos de mesa son satisfactorios si se producen de variedades de acidez alta. Es zona de posible riego.
V	>2.204,0 ºC	Los vinos de mesa blancos y tintos comunes pueden hacerse con variedades de acidez alta. Los vinos para postre pueden ser muy buenos. Es zona de riego.

Empleando el Sistema de Información Geográfica Qgis se pretende generar un mapa de zonificación agroclimática para la isla empleando técnicas de interpolación. En concreto se quieren representar las Regiones de Winkler y Amerine, en base a la Integral Térmica Eficaz (Ite).

En base a esta información, y conociendo las integrales térmicas propias de las variedades empleadas en Canarias, podríamos predecir dónde pueden cultivarse y ser capaces de completar su ciclo sin problemas de falta de temperatura, y el tipo de vino que sería previsible obtener.

Por otra parte, se dispone de la información del Mapa de Cultivos, cuya última actualización es de 2016. Este mapa ha sido realizado por la Consejería de Agricultura del Gobierno de Canarias, mediante un trabajo exhaustivo de campo donde se registra de forma georreferenciada el cultivo presente en cada parcela cultivada. Esta fuente de información nos da la localización del cultivo en la isla, permitiendo identificar las parcelas que están cultivadas de viña, conociendo su superficie. En la figura 1 se muestran, sobre la isla de Tenerife, las parcelas cultivadas de viña coloreadas en verde.

La otra fuente de información que se va a emplear es la del Registro Vitícola Comunitario, registro cuyos objetivos fundamentales son el seguimiento y el control del potencial de producción. Dicho registro contiene información de tipo agronómico, incluyendo las variedades de vid cultivadas en cada parcela. Esta información procede de las declaraciones realizadas por los viticultores y está georreferenciada. En la figura 3 se muestran las parcelas de viña inscritas en el Registro Vitícola representadas como puntos de color verde.

De dicho registro se extraerá la distribución de las distintas variedades sobre las vertientes y comarcas de la isla, cruzándola con la zonificación agroclimática, buscando relacionar las variedades existentes con las condiciones de temperatura de las zonas donde efectivamente se encuentran cultivadas. Un estudio de este tipo conlleva una fase posterior de comprobación en campo para constatar que efectivamente las variedades son cultivadas y se desarrollan adecuadamente en las zonas climáticas donde se las ha localizado, fase que aún no se ha realizado.

4. Resultados y conclusiones.

En la figura 4 se representa la distribución de las regiones de Winkler y Amerine para la isla de Tenerife. En la isla se encuentran representadas las 5 regiones de Winkler, localizándose las de tipo V en zonas próximas a la costa en vertiente norte, ascendiendo a 300 msnm o más en vertiente sur, y las I en áreas de medianías altas y cumbres. Estaciones localizadas en zonas costeras orientadas dan cifras superiores a los 2.400 º, y superiores a los 2.600 º en orientación sur. Por otra parte, en Vilaflor, la zona de cultivo más alta de la isla, pero localizada en vertiente sur, la Ite está en torno a los 1.600 º, frente a valores de 1.200 o menos obtenidos en estaciones de zonas altas del norte de la isla, casi en el límite entre las zonas de cultivo y las zonas forestales.

La viña de la isla se concentra actualmente en las regiones II y III, aunque esta concentración no se debe exclusivamente a cuestiones climáticas. Las zonas agrícolas costeras de la isla fueron ocupadas a partir de principios del siglo XX por cultivos de subtropicales, fundamentalmente la platanera, hortícolas y ornamentales en regadío, en definitiva, cultivos intensivos y potencialmente más rentables que la viña.

Conforme a la descripción de las regiones de Winkler-Amerine (González, 2005), potencialmente se pueden elaborar en la isla desde vinos secos de calidad a vinos dulces y licorosos.

Con respecto a la información del Registro Vitícola Comunitario para la isla de Tenerife, hay que tener en cuenta que aquellas parcelas con menos de 1000 m^2 no tienen obligación de encontrarse registradas, por lo que no representará al 100% de la superficie. Por otra parte, habrá parcelas con mezclas de variedades donde, por comodidad, solo se haya registrado la mayoritaria. Sin embargo, se puede considerar como una muestra representativa del total de la superficie cultivada.

Entre las variedades cultivadas, destacan Listán Negro y Listán Blanco de Canarias, que ocupan el 43 y 42% respectivamente de la superficie registrada. A muy larga distancia aparecen otras variedades como Negramoll (3%), Ruby Cabernet (2%) y Malvasía (1%).

A priori no se pueden determinar patrones que relacionen las regiones de Winkler-Amerine con la distribución de las variedades, bien por la poca presencia de muchas de ellas, que solo se localizan en ámbitos concretos, o bien por la amplia presencia de las variedades mayoritarias (Listán Negro y Listán Blanco), que se presentan en todas las regiones climáticas y en todas las comarcas de la isla.

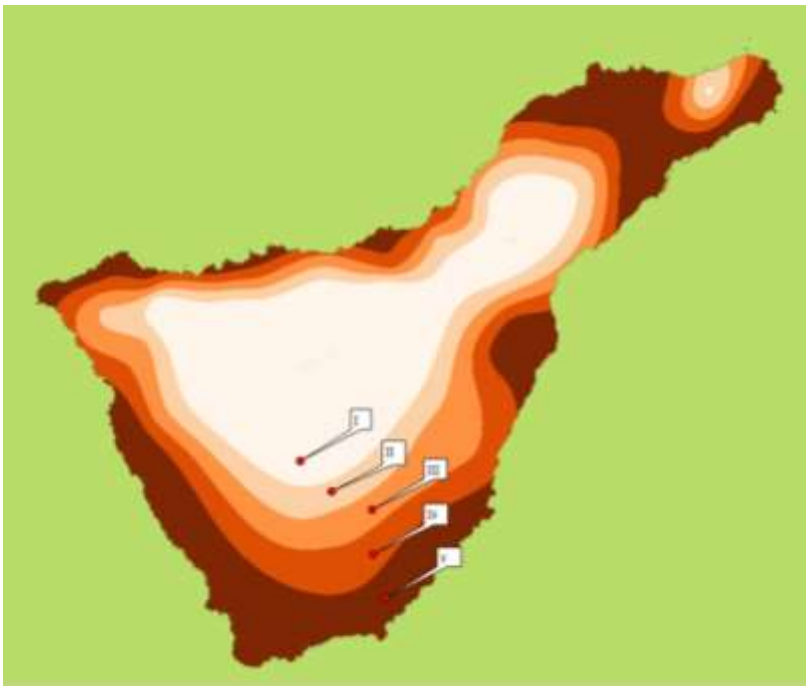


Figura 3. Regiones de Winkler-Amerine en la isla de Tenerife

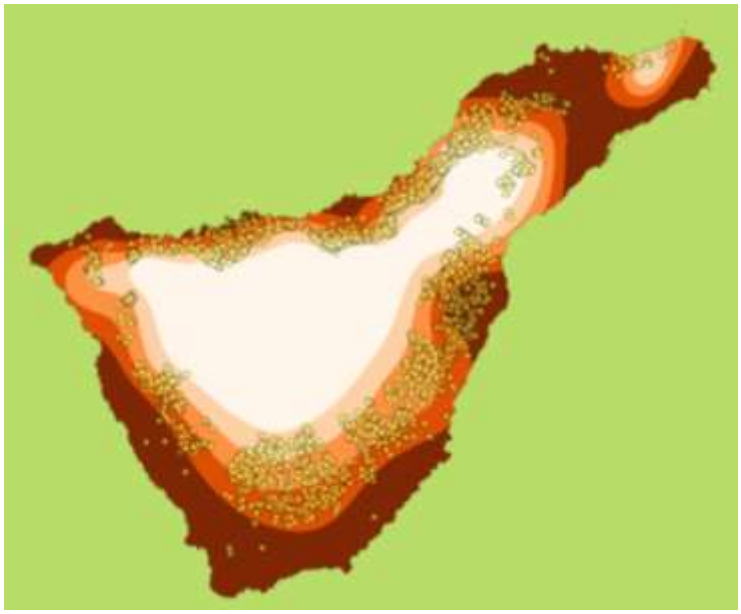


Figura 4. Distribución de Listán Blanco de Canarias en la Isla de Tenerife

Si bien es cierto que existe una predominancia del Listán Blanco en vertiente sur, destacando la zona de Vilaflor, donde la presencia de Listán Negro es testimonial. Esa prevalencia puede tener relación no solo con las condiciones climáticas, sino también con el tipo de suelos, más ligeros y claros en la zona sur, más apropiados para vinos blancos, respecto a los de la zona norte, en general más arcillosos y oscuros, más apropiados para vinos tintos (Hernández, 2013).

Estas variedades suelen presentar deficiencias de acidez en las regiones climáticas más cálidas (cotas inferiores), presentando un mejor equilibrio conforme se sube en altura y se pasa a regiones más frías. Esto se podría explicar como el resultado de un proceso de maduración más lento y largo.

La variedad Listán Blanco, que se corresponde con Palomino Fino, se considera óptima para conseguir vinos de calidad en las regiones IV y V (Hidalgo, 2011), y sin embargo, en Tenerife se consiguen las mejores características de equilibrio entre acidez y grado alcohólico en las regiones II y III.

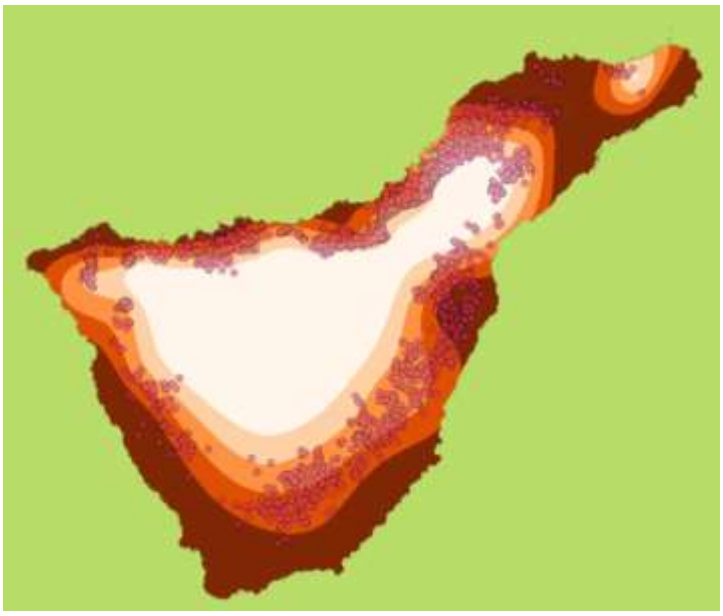


Figura 5. Distribución de Listán Negro en la Isla de Tenerife

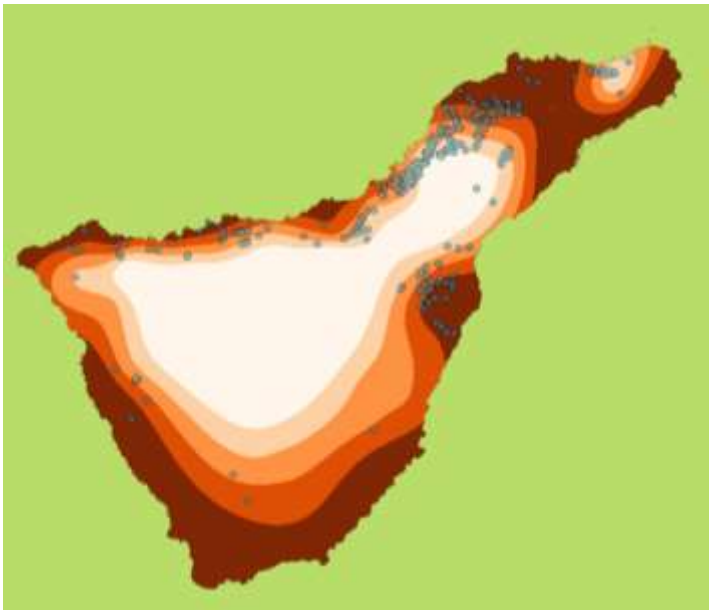


Figura 6. Distribución de Negramoll en la Isla de Tenerife

La siguiente variedad blanca en importancia sería la Malvasía, que aunque en el registro aparece como de Sitges o Riojana, entendemos que se corresponde con la Aromática. Esta variedad se encuentra principalmente en las regiones IV y V, y es apreciada por su aptitud para vinos dulces.

Otras variedades blancas como Gual, Vijariego Blanco o Marmajuelo, que tienen un potencial enológico interesante, se encuentran más o menos extendidas por la isla. Marmajuelo se concentra en las regiones más cálidas, eso concuerda con los problemas de corrimiento de la flor que sufre al subir de cota.

Por otra parte, las variedades tintas tienen mayores problemas para conseguir color en la zona sur. Esto es debido, entre otros factores, a las altas temperaturas y la alta insolación. Este problema puede ser el motivo que explique la práctica ausencia de la variedad Negramoll más al sur de la comarca del Valle de Güímar.

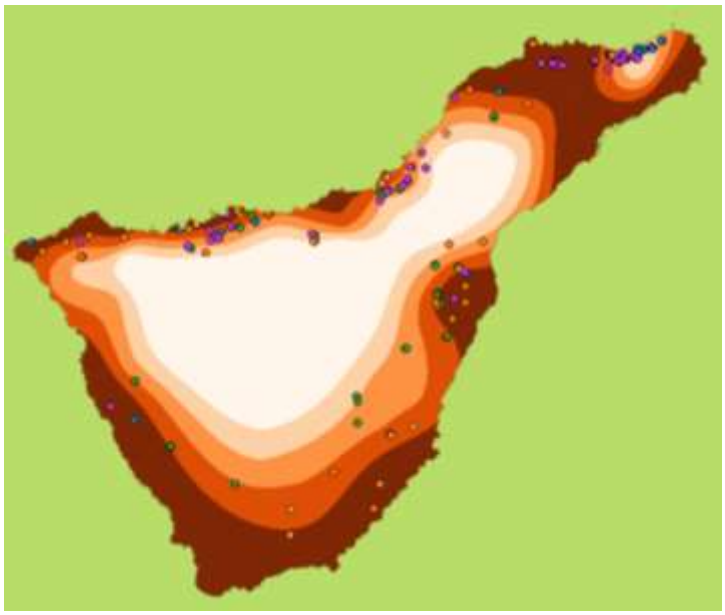


Figura 7. Distribución de Malvasía Aromática (naranja), Marmajuelo (azul), Gual (verde) y Vijariego Blanco (violeta) en la Isla de Tenerife

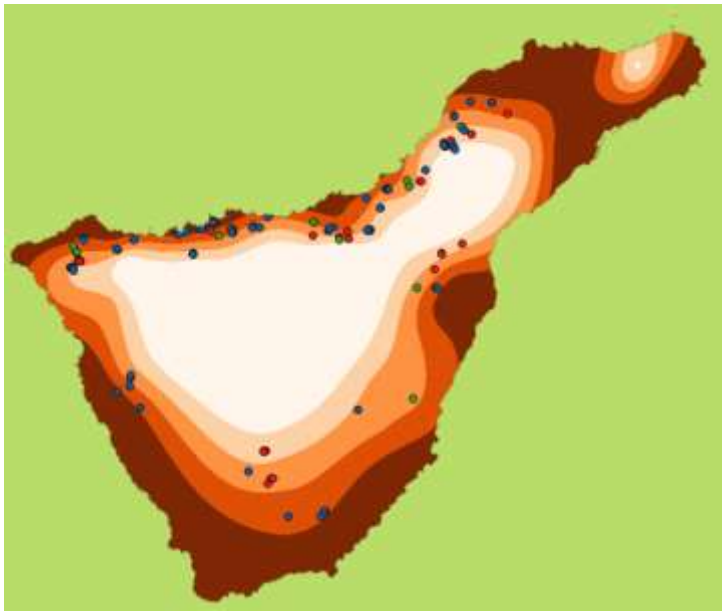


Figura 8. Distribución de Baboso Negro (verde), Castellana Negra (rojo) y Tintilla (azul) en la isla de Tenerife.

Otras variedades negras como Baboso Negro, Castellana o Tintilla se hayan representadas en diversas comarcas de forma minoritaria. La primera es apreciada para la elaboración de vinos monovarietales, mientras las otras dos se emplean mayoritariamente como mejorantes, sobre todo del color. Otras variedades introducidas más recientemente, como Merlot, Ruby Cabernet, Syrah o Tempranillo tienen una distribución más o menos amplia, pero también reducida en términos de superficie.

5. Referencias Bibliográficas.

Delgado, S. Aportaciones al conocimiento del vino canario (2011). Instituto de Estudios Canarios.

Fernández-Caldas, M. Tejedor, M. Rodríquez, A. Suelos de las Islas Canarias. Ecología, distribución geográfica y características. En: Anuario de Estudios Atlánticos nº 24. (1978).

González, F. Caracterización bioclimática del cultivo de la vid en la isla de Tenerife (2005) PTFC Ingeniero Agrónomo. Centro Superior de Ciencias Agrarias. Universidad de La Laguna.

Hernández, J. Estudio Agroclimático de la isla de Tenerife (1977). CRIDA 11, INIA.

Hernández, Z. Pérez, J. Carral, P. Álvarez, A. Figueiredo, T. Almendros, G. El suelo como factor discriminante en la zonificación vitícola en archipiélagos volcánicos: Azores, Canarias y Cabo Verde como áreas de estudio En: "Nuevas Perspectivas en Investigación Vitivinícola. AMV Ediciones (2013)

Hidalgo, L. Hidalgo, J. Tratado de viticultura (2011). Ediciones Mundi-Prensa. (Páginas 317-318)

Navarro, D, García, I, Rodríguez, F. Estudio del comportamiento agronómico de variedades de viña en el Valle de la Orotava (2015). Cabildo Insular de Tenerife.

Nuez, J. Tenerife isla de de vinos (2006). Ed. Ecos Comunicación Integral.

Santana, L. Caracterización agroclimática Papadakis en Tenerife (2011)

Influencia de la orografía y aislamiento del viñedo en la diversidad de las poblaciones de *Plasmopara viticola*

Influence of orography and isolation of the vineyards in the genetic diversity and populations structure of *Plasmopara viticola*

Boso, S.; Gago, P.; Santiago. J.L.; De La Fuente, M.; Martínez, M.C.*
Misión Biológica de Galicia (CSIC), Carballeira 8, 36080 Pontevedra, Spain.
*Phone: +34 986 854800; Fax +34 986 841362; *e-mail: carmenmartinez@mbg.csic.es*

Resumen

Todas las viníferas (*Vitis vinífera* L.), son susceptibles a la enfermedad del Mildiu, causada por *Plasmopara viticola*. Diferentes autores apuntan a la existencia en Europa de poblaciones o incluso de diferentes "razas" de este hongo, con diferentes grados de virulencia. Trabajos relacionados con este tema demuestran que la existencia de tal diversidad está provocada por distintos factores: condiciones climáticas y orográficas, productos fitosanitarios empleados, facilidad de recombinación de los hongos, etc.

Por otro lado se sabe que en los viñedos de zonas secas, en los que están aislados geográficamente por barreras montañosas, o en los existentes en islas, prevalecen razas dominantes que producen epidemias clonales (procedentes de reproducción asexual), por lo que la diversidad poblacional es menor que en otro tipo de viñedos menos aislados, donde existe un mayor flujo genético y mayor nivel de recombinación.

El presente estudio se llevó a cabo en dos viñedos de dos Denominaciones de origen del Noroeste de España (Galicia): D.O. Ribeira Sacra (viñedos en fuerte pendiente, aterrazados) y D.O Ribeiro (viñedos más llanos y abiertos), con condiciones climáticas y orográficas diferentes. El objetivo era determinar si la orografía y topografía de estos dos tipos de viñedos, influían en el flujo de genes de *P. viticola*.

Estudios moleculares con diferentes microsatélites, demostraron que las características epidemiológicas de *P. viticola* en los viñedos estudiados fue diferente. El número de genotipos presentes en cada población fue radicalmente distinto: 3 en la población de D.O. Ribeira Sacra (en fuerte pendiente y con viñedos aterrazados) y 37 genotipos en la población de D.O. Ribeiro.

Palabras clave: razas, viñedos aislados, vid, *Plasmopara viticola*, microsatélites

Introducción

Todas las viníferas (*Vitis vinifera* L.), son susceptibles a la enfermedad del Mildiu, causada por *Plasmopara viticola*. Esta enfermedad, es la que causa los mayores daños en los viñedos, y la que obliga a la aplicación de un mayor número de tratamientos y por lo tanto la que produce mayores perjuicios económicos y medioambientales.

Diferentes autores apuntan a la existencia en Europa de poblaciones o incluso de diferentes "razas" de este patógeno, con diferentes grados de virulencia. Trabajos relacionados con este tema (Kast, 1998; Stark-Urnau *et al*. 2000; Rumbou and Gessler, 2006; Gobbin, *et al*. 2006), demuestran que la existencia de esta diversidad está provocada por distintos factores: condiciones climáticas y orográficas, productos fitosanitarios empleados, facilidad de recombinación de los hongos, etc. Algunos de estos mismos autores, afirman también que existe una mayor diversidad genética en *P. viticola* durante las primeras fases de la enfermedad (manchas de aceite), que en fases posteriores, cuando ya hay contaminaciones secundarias (manchas en mosaico).

PATROCINIOS

Generating Innovation between Practice and Research

Por otro lado se sabe (Rumbou and Geslerr, 2006; Hug *et al*., 2006) que en los viñedos de zonas secas, en los que están aislados geográficamente por barreras montañosas, o en los existentes en islas, prevalecen razas dominantes que producen epidemias clonales (procedentes de reproducción asexual), por lo que la diversidad poblacional es menor que en otro tipo de viñedos menos aislados, donde existe un mayor flujo genético y mayor nivel de recombinación.

El presente estudio se llevó a cabo en dos viñedos de dos Denominaciones de origen del Noroeste de España (Galicia): D.O. Ribeira Sacra (viñedos en fuerte pendiente, aterrazados) y D.O Ribeiro (viñedos más llanos y abiertos), con condiciones climáticas, topográficas y orográficas diferentes (Figura 1). El objetivo era determinar si la orografía y topografía de estos dos tipos de viñedos, influía en el flujo de genes de *P. viticola.*

Material y Métodos

Ubicación de los viñedos y Variedades. Se seleccionó un viñedo en la D.O. Ribeiro (Bodegas Pazo Casanova) y otro en la D.O. Ribeira Sacra (Adegas Moure), ubicadas en Galicia (Noroeste de España). En cada uno de ellos se trabajó con la variedad de vid de cultivo mayoritario en su zona (Treixadura en Ribeiro y Mencía en Ribeira Sacra). El primer viñedo se encuentra a una altitud de 161m sobre el nivel del mar y son parcelas llanas situadas en un lugar abierto. El segundo, está a 317m sobre el nivel de mar y son parcelas en bancales, aterrazadas, con fuertes pendientes, distintas orientaciones y en valles cerrados, lo que favorece la existencia de microclimas muy diversos (Figura 1).

Muestreo de esporas de P. viticola. Se realizaron dos muestreos en ambos viñedos. Uno en la última semana del mes de mayo, cuando ya se observaban más del 50% de manchas de aceite en las hojas, en todas las parcelas (contaminaciones primarias). En ese momento, en las hojas que presentaban síntomas de enfermedad se cortó un trozo de tejido foliar (0.5–1 cm^2) con mancha de aceite esporuladas, dejando el resto en la hoja en la cepa para mantener la supervivencia del genotipo y poder realizar en esa misma hoja un segundo muestreo, cuando hubiese contaminaciones secundarias. En el mes de julio (primera semana), en cada uno de los viñedos, se realizó el segundo muestreo. Se recogieron un total de 30 lesiones en cada parcela y en cada muestreo (30 muestras con manchas de aceite y 30 muestras con manchas en mosaico). Además, cada lesión fue analizada individualmente, de manera que se pudo comprobar si había diferencias entre las distintas poblaciones y también dentro de la misma población (Figura 1).

Preparación de las muestras y extracción del ADN: Cada una de las porciones de hoja con lesiones, se introdujeron por separado en tubos Eppendorf de 1.5cm, se etiquetaron correctamente y se mantuvieron congeladas a -20ºC hasta el momento de ser utilizadas. Para comparar las distintas poblaciones de *P. viticola*, se utilizó la metodología propuesta por Gobbin *et al*., (2003a). La extracción del ADN se realizó con un kit comercial Qiagen DNeasy Plant Mini Kit (Qiagen Inc. Valencia, CA). Se cuantificó la cantidad del ADN extraído por espectrofotometría y gel de agarosa. Posteriormente se realizaron diferentes PCR multiplex y se utilizaron diferentes microsatélites GIOP (Valsesia *et al*., 2005); ISA, GOB, VER (Gobbin *et al*. 2003 a) CES, Pv13, Pv17 y Pv31 (Delmotte *et al*., 2006). Los fragmentos se detectaron y se analizaron posteriormente con un secuenciador automático Beckman coulter ceq®8800.

En cada una de las zonas vitícolas, se disponía también de una estación agroclimática, a partir de la cual se obtuvo registro de diferentes parámetros (temperatura del aire, precipitación y humedad relativa) durante el año de estudio (modelo µMCR200 METOS, Pessl Instruments Ltd.) (Tabla 1).

Para cada microsatélite individualmente, se realizaron diferentes análisis estadísticos con el programa PowerMarker 3.25 (Liu and Muse, 2005). Con el mismo programa, se calcularon los siguientes parámetros de diversidad genética: Número de alelos observados y esperados, Índice de Shannon (I), Niveles de Heterocigosis observada, esperada e imparcial (Ho, He, µHe), Riqueza alélica de la heterocigosidad, Porcentaje de Locis polimórficos, Número de alelos privativos y el Índice de fijación (F). Se realizaron también Análisis de coordenadas principales (PCoA) para cada una de las dos zonas vitícolas, con el fin de comprender las relaciones genéticas entre las distintas poblaciones y dentro de ellas. Para ello se utilizó el programa Microsoft® Excel 2007 / XLSTAT © (Versión 2016.04.32217, Addinsoft, Inc., Brooklyn, NY, EE. UU.).

Resultados y Discusión

Las condiciones climatológicas fueron más favorables para el desarrollo de *P. viticola* en la D. O. Ribeiro que en la D.O. Ribeira Sacra, lo que facilitó que el número de muestras recogidas fuese mayor en el viñedo localizado en la primera Denominación de Origen (Tabla 1). En la Tabla 2, se muestran los resultados de los alelos para cada marcador analizado. Se observa como el número de alelos en las diferentes zonas y en las diferentes muestras oscilan entre 3 y 20, incluso a veces hay hasta 7 alelos diferentes. Esto demuestra que las características epidemiológicas de *P. viticola* en los viñedos estudiados fue diferente, es decir, se observa la presencia al menos de una raza diferente en función de la zona vitícola y en función del tipo de muestra (manchas de aceite o de mosaico).

El análisis estadístico de los genotipos generados se muestra en la Tabla 3. Todas las poblaciones presentaron similitudes con respecto al porcentaje de loci polimórficos, el número de alelos efectivos y la heterocigosidad esperada no sesgada. Sin embargo, el número de genotipos presentes en cada población fue radicalmente distinto entre las dos zonas vitícolas: 7 y 3 genotipos en la población de D.O. Ribeira Sacra (viñedos en fuerte pendiente) en las muestras procedentes de manchas de aceite y mosaico respectivamente, frente a 23 y 37 genotipos en las manchas de aceite y mosaico respectivamente, en la población de D.O. Ribeiro (viñedos en llanuras abiertas).

El índice de Shannon fue muy homogéneo para las poblaciones (aceite y mosaico) de la zona vitícola de Ribeira Sacra, lo que subraya la similitud en la diversidad de las poblaciones tanto de las procedentes de manchas de aceite como de mosaico. Sin embargo, este índice fue más elevado para las muestras de manchas en mosaico de la zona vitícola de la D. O. Ribeiro. Con respecto al índice de Fijación, destacar que las muestras procedentes de la D.O. Ribeiro mostraron valores principalmente negativos, mientras que las de Ribeira Sacra presentaron valores positivos. Esto es debido, a que en el primer caso, la proporción de heterocigotos observados (Ho) se encuentra encima de los heterocigotos esperados (He) y sin embargo en el segundo, la proporción de heterocigotos observados (Ho) se encuentra por debajo de los heterocigotos esperados (He).

Los Análisis de coordenadas principales (PCoA) para cada zona vitícola (Figura 2) explicaron un elevado porcentaje de varianza acumulada que varió de 70.55% (D.O. Ribeiro) a 89.96% (D.O. Ribeira Sacra). En dichas figuras, se observa como en las dos zonas vitícolas, tanto los genotipos procedentes de contaminaciones primarias (manchas de aceite) como los genotipos procedentes de contaminaciones secundarias (manchas en mosaico) parecen estar intercaladas. Además, se confirma la mayor variabilidad poblacional existente en la D.O. Ribeiro.

Estos resultados concuerdan en primer lugar con lo ya observado por otros autores (Kast, 1998; Stark-Urnau *et al*. 2000; Gobbin, *et al*. 2003b, 2006), que apuntan a la existencia de razas distintas dentro de una misma parcela, incluso dentro de una misma hoja. En segundo lugar, parece confirmarse que la orografía del viñedo o su aislamiento, provocan la aparición de razas dominantes (Rumbou and Geslerr, 20064, 2006; Koopman *et al*., 2007) y la existencia de una menor diversidad poblacional.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado íntegramente por la Fundación Juana de Vega. Cuenta asimismo con la colaboración de Adegas Moure (D.O. Ribeira Sacra), y Bodegas Pazo Casanova (D.O. Ribeiro). Han participado como técnicos de apoyo Iván González y Elena Zubiaurre.

Referencias bibliográficas

Delmotte; Chen; Richard-Cervera; Greif; Papura; Giresse; Mondor-Genson; Corio- Costet (2006). Microsatellite DNA markers for *Plasmopara viticola*, the causal agent of downy mildew of grapes. Mol. Ecol. Notes 6(2), 379-381.

Gobbin; Pertot; Gessler (2003a). Identification of microsatellite markers for *Plasmopara viticola* and establishment of high throughput method for SSR analysis. Eur. J. Plant Pathol. 109, 153-164.

Gobbin; Pertot; Gessler (2003b). Genetic structure of a *Plasmopara viticola* population in an isolated Italian mountain vineyard. J. Phytopathol. 151, 636–646.

Gobbin; Rumbou; Linde; Gessler (2006). Population genetic structure of *Plasmopara viticola* after 125 years of colonization in European vineyards. Mol. Plant Pathol. 7(6), 519-531.

Hug; Gobbin; Gessler; Magarey (2006). Genetic structure and epidemiology of *Plasmopara viticola* populations from Australian grape growing regions. 5th International Workshop on Grapevine Downy and Powdery Mildew. San Michele all' Adige, Italy, pp 64-65.

Kast (1998). First indications for a race specific resistance against *Plasmopara viticola*. Bulletin OILB/ SROP, 21(2), 19-21.

Koopman; Linde; Fourie; McLeod (2007). Population genetic structure of *Plasmopara viticola* in the Western Cape Province of South Africa. Mol. Plant Pathol. 8, 723–736

Liu and Muse (2005) PowerMarker: Integrated Analysis Environment for Genetic Marker Data. Bioinformatics, 21, 2128-2129.

Rumbou and Gessler (2004). Genetic dissection of *Plasmopara viticola* population from a Greek vineyard in two consecutive years. Eur. J. Plant Path, 110(4), 379-392.

Rumbou and Gessler (2006). Particular structure of *Plasmopara viticola* populations evolved under Greek island conditions. Phytopathology, 96(5), 501.509.

Stark-Urnau; Seidel; Kast; Gemmrich (2000). Studies on the genetic diversity of primary and secondary infections of *Plasmopara viticola* using RAPD/PCR. Vitis, 39(4), 163-166.

Valvesia; Gobbin; Patocchi; Vecchione; Pertot; Gessler (2005). Development of a high-throughput method for quantification of *Plasmopara viticola* DNA in grapevine leaves by means of quantitative real-time polymerase chain reaction. Phytopathology 95; 672-678.

Tabla 1. Datos climáticos de Temperatura (°C), humedad relativa (%) y precipitación (mm) recogidos en las dos estaciones agroclimáticas situadas en los viñedos de las D. O Ribeira Sacra y D. Ribeiro.

	D. O. Ribeira Sacra			**D. O. Ribeiro**		
	Temperatura (ºC)	**Precipitación (mm)**	**Humedad Relativa (%)**	**Temperatura (ºC)**	**Precipitación (mm)**	**Humedad Relativa (%)**
Enero	8,68	231,8	86,35	9,10	232,0	89,54
Febrero	7,95	276,4	80,44	8,61	255,0	83,28
Marzo	10,28	68,2	74,76	10,85	58,2	75,64
Abril	13,59	61,8	75,33	14,21	63,0	77,43
Mayo	14,38	36,4	67,65	15,16	37,6	68,28
Junio	18,17	44,6	67,48	18,86	25,8	67,43
Julio	20,46	24,0	67,07	21,17	41,8	68,33
Agosto	19,83	34,6	68,27	20,35	24,8	69,21
Septiembre	19,09	67,8	74,41	19,20	58,4	78,15
Octubre	16,27	160,2	82,33	16,43	140,4	86,19

Tabla 2. Diversidad alélica para cada marcador analizado en cada zona vitícola.

Zona vitícola	Muestreo (Tipo de muestra)	Número de muestras	GIOP	CES	GOB	Pv17	Pv13	Pv31	ISA	BER
D.O. Ribeira Sacra	Mancha de aceite	7	Presencia	6	6	2	2	1	3	2
	Manchas mosaico	3	Presencia	4	8	2	2	2	3	2
D.O. Ribeiro	Mancha de aceite	15	Presencia	6	20	2	3	1	5	2
	Manchas mosaico	15	Presencia	8	15	2	3	2	6	2

GIOP (Valsesia *et al*., 2005); ISA, GOB, VER (Gobbin *et al*., 2003a); CES, Pv13, Pv17 y Pv31 (Delmotte *et al*. 2006).

Tabla 3. Posibles genotipos en cada zona vitícola: Análisis estadísticos de la variabilidad genética de las poblaciones.

Zona vitícola	Tipo de muestra	Nº genotipos	Na	Ne	I	Ho	He	uHe	% de locis polimórficos	Nº de alelos privativos	F
D. O. Ribeira Sacra	Mancha aceite	7	3	2	0.79	0.35	0.48	0.52	83%	0	0.292
	Mancha mosaico	3	3	2	0.75	0.33	0.46	0.56	100%	0	0.264
D.O. Ribeiro	Mancha aceite	23	3	2	0.74	0.42	0.43	0.43	83%	2	-0.083
	Mancha mosaico	37	3	2	0.84	0.40	0.43	0.44	100%	3	0.143

Na: Nº. de alelos diferentes; Ne: Nº de alelos efectivos = 1 / (Sum p_i^2); I: Indice de Shannon; Ho: Heterocigosis observada; He: Heterocigosis esperada; UHe = Heterocigosis esperada imparcial = (2N / (2N-1)) * He; F = Indice de Fijación= (He - Ho) / He = 1 - (Ho / He).

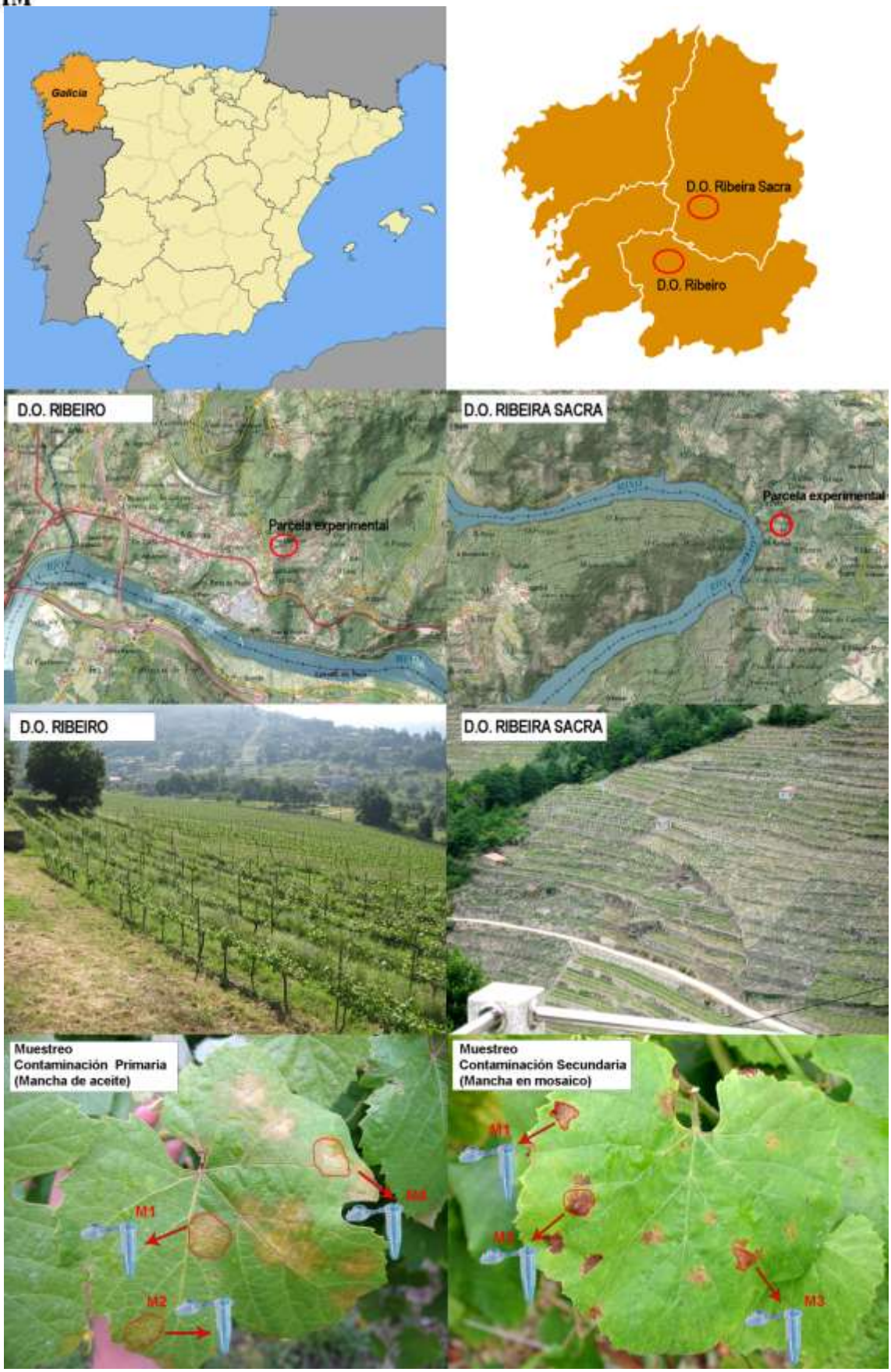


Figura 1. Localización de los diferentes viñedos (topografía y orografía). Recogida de muestras en función del tipo de contaminación (contaminaciones primarias, contaminaciones secundarias).

PATROCINIOS

Generating Innovation
between
Practice and Research

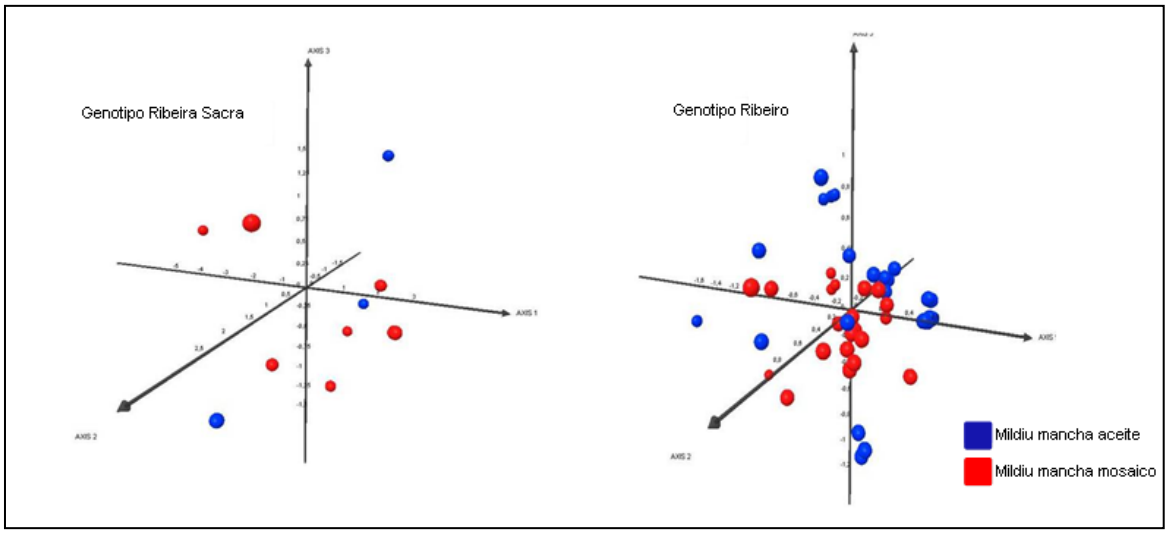


Figura 2. Análisis de coordenadas principales (PCoA) con los diferentes genotipos encontrados en cada zona vitícola

Evolución del paisaje en las gargantas del río Bibei (Noroeste de España) tras la recuperación de los cultivos históricos de vid y olivo

Landscape evolution in the Bibei River Gorges (Northwest of Spain) after the recovery of the historical crops of grapevine and olive tree

P. Gago (1), S. Boso (1), J.L. Santiago (1), M.C. Martínez*(1)
(1) Misión Biológica de Galicia (CSIC), Carballeira 8, 36080 Pontevedra, España.
*e-mail: carmenmartinez@mbg.csic.es

Resumen

Una de las características típicas de las zonas de viticultura heroica es su convivencia con otros cultivos y con una flora natural distinta en cada lugar. En algunas zonas vitícolas en fuerte pendiente de Galicia, los viñedos se situaban tradicionalmente en las laderas de solana conviviendo con los olivos, mientras que las laderas umbrías estaban ocupadas por bosques de robles y castaños.

En este trabajo realizado en el valle del río Bibei, se presenta un estudio de cómo la recuperación de cultivos en vías de desaparición (vid y olivo), su conjugación con la flora natural existente o con las construcciones tradicionales y la utilización de nuevas técnicas de manejo, cambian el paisaje. La recuperación de las viejas terrazas dedicadas conjuntamente a la vid y el olivo, la sustitución del sistema de conducción en vaso por el de espaldera, y del sistema de poda adaptado a dicha conducción, dará lugar a una organización de las plantas en las terrazas y de la vegetación, completamente distinta. La sustitución de las variedades foráneas (introducidas tras la llegada de la Filoxera), por las antiguas variedades autóctonas, producirá también un importante cambio en la percepción visual del paisaje, ya que el perfil cromático de las hojas de cada variedad es distinto, sobre todo en el periodo otoñal. La recuperación de los antiguos olivares que convivían con el viñedo y de las variedades de olivo autóctonas, modificarán también la percepción del paisaje. Se sumará a todo ello la existencia de construcciones tradicionales asociadas a ambos cultivos (molinos y lagares dedicados a la extracción del aceite y del vino), en algunos casos de uso comunal y de gran valor etnográfico, así como el resto de la flora natural existente.

Para llevar a cabo el estudio sobre la evolución de este paisaje y sus posibilidades turísticas, se han analizado numerosos documentos gráficos (antiguos y actuales) y se han realizado numerosas prospecciones directas en la zona.

Introducción

Una de las características típicas de las zonas de viticultura heroica es la convivencia de la vid con otros cultivos y con una flora natural distinta y característica de cada lugar, modelando el paisaje y creando combinaciones estables de cultivos que se han sido plantados y explotados juntos desde la antigüedad.

En algunas zonas vitícolas en fuerte pendiente de Galicia (NO España), como las laderas del río Bibei, los viñedos se situaban tradicionalmente en las laderas de solana, conviviendo con otros cultivos, entre ellos los olivos, mientras que las laderas umbrías estaban ocupadas por bosques de robles y castaños.

El fondo de los cañones del Miño y del Sil, está recorrido por los caudalosos ríos del mismo nombre, que han originado un valle con marcado carácter asimétrico, constituido por laderas con mucha pendiente en sus márgenes izquierdos y más suaves en los derechos. Los viñedos, situados en la exposición sur, crecen en numerosos y pequeños bancales, construidos a mano por los habitantes del lugar, muchas generaciones atrás, con el objetivo de vencer la fuerte pendiente y poder cultivar en ellos la vid. Algunas de estas áreas vitícolas pertenecen a la D.O Ribeira Sacra, ampliamente conocida, siendo actualmente uno de los mayores atractivos turísticos de la zona. Próxima a ésta existe sin embargo otra zona, no adscrita a dicha

D.O. y mucho menos conocida, recorrida por otros ríos afluentes del Sil como el Bibei, y constituida por pequeñas gargantas en cuyo interior existe un especial microclima en el que desde la antigüedad se cultivaba el viñedo, junto con el olivo, bajo la influencia y apoyo del Santuario de As Ermidas (O Bolo, Ourense). Desde tiempos inmemoriales y hasta la segunda mitad del siglo XX, este paisaje permaneció prácticamente inmutable. A partir de los años 60 (Siglo XX), la emigración hacia otros países de Europa, o hacia las ciudades costeras más industrializadas (Vigo, Coruña), hizo que poco a poco se fuese abandonando el cultivo del viñedo, provocando un gran cambio en el paisaje. Las recientes iniciativas de recuperación, no solo del viñedo, sino también de los viejos olivares autóctonos asociados, provocará sin duda un nuevo cambio en el paisaje, que vendrá marcado por las variedades que se utilicen para ello, por las antiguas terrazas recuperadas, pero también por los modernos sistemas de cultivo que se introduzcan, y por las nuevas combinaciones que se establezcan entre el viñedo, el olivar. A ello se sumará también la recuperación de las viejas bodegas y almazaras y las nuevas construcciones que sin duda serán necesarias para explotaciones de este tipo en los tiempos actuales.

Objetivo: El objetivo de éste trabajo, es poner de manifiesto como existencia en esta zona de antiguos viñedos y olivares y su posterior desaparición han dejado huella y han marcado por completo el paisaje. Se analizará también de qué manera va a influir la recuperación de dichos cultivos, en los tiempos actuales.

Material y Métodos

Zona geográfica estudio: La zona de estudio es la comprendida en el valle del río Bibei, en el tramo de influencia del Santuario de As Ermidas (Figura 1). La altitud en esta zona oscila entre 300 m (Puente del Bibei) en las partes más bajas y 877m (Alto do Pedroso) en las más altas. Se trata de un terreno con una litología en la que predominan los granitos junto con las pizarras y las cuarcitas que dan origen a suelos sueltos, con textura franco-arenosa. El clima se clasifica como mediterráneo subhúmedo con una precipitación media anual alrededor de los 850 mm y una temperatura media entre los 10 y 12 ºC. El área de estudio está clasificada dentro del macrobioclima mediterráneo y pertenece al termotipo mesomediterráneo (Rodríguez y Ramil-Rego, 2007). El río Bibei antes de desembocar en el río Sil, atraviesa una espectacular garganta o cañón de 40 kilómetros de largo con laderas de 500 metros de desnivel y 50% de pendiente media.

Documentación histórica analizada:

- Se analizarán las referencias bibliográficas históricas en las que se describe la zona: Huetz de Lemps (1967); Merino (1906); Santos-Solla (1992); Contreras (1798); Labrada (1804).
- Se analizarán además los siguientes documentos fotográficos históricos:
    - Fotos aéreas del "vuelo americano" (serie B 1956-1957). Plan Nacional de ortofotografía aérea (http://pnoa.ign.es/pnoa-historico).
    - Fotografías del Marqués de Santa María del Villar, Diego Quiroga y Losada (1880–1976). Biblioteca nacional de España (http://datos.bne.es/persona/XX1110972.html). Libro de fotografías de la provincia de Ourense (Quiroga-Losada, 1959).

Prospecciones actuales en campo: Se realizarán prospecciones directas en campo por las zonas descritas en la bibliografía o recogidas en las imágenes históricas, para comprobar el estado actual de cultivo de viñedos y olivares, tomando fotografías actuales de los distintos enclaves de la zona de estudio. También se utiliza información suministrada por las bases de datos del Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (SIGPAC) y el Instituto Geográfico Nacional

Análisis comparativo: En base a toda la información histórica y actual, se realizará un análisis comparativo del cambio del paisaje, centrado en la evolución del cultivo del viñedo, combinado con el olivar.

Resultados y Discusión

Las referencias al cultivo de la vid desde antiguo en la zona son múltiples, así como las referencias a su coexistencia con el olivo.

Figura 5. Orografía de As Ermidas.

Huetz de Lemps (1967) recoge en su obra sobre los viñedos del NO de España, que a finales del S. XVI existían viñedos extendidos por todo el valle del río Bibei y que algunos de ellos, cercanos al santuario de As Ermidas producían alrededor de 200 hl. En el Catastro de Ensenada se señala que más tarde, en el siglo XVIII, el cultivo de la vid continuaba siendo habitual en esta zona, y que era indispensable en la

economía del Santuario de As Ermidas do Bolo. Los viñedos se situaban en bancales o terrazas, constituyendo un paisaje agrícola muy característico del Valle del Bibei en O Bolo, y diferente al de otras áreas limítrofes.

Labrada (1804) cita como productos del territorio del Valle del río Bibei "el vino blanco y tinto de muy buena calidad, acompañado de otros cultivos como la castaña, batatas, alguna almendra, aceite, seda y frutas". Merino (1906) en su obra de referencia sobre la flora de Galicia, señala que la presencia de olivo (*Olea europea* L.) es "copiosa, particularmente en los valles más abrigados de las provincias de Orense y Lugo como cerca de Viana, Las Ermitas etc.". Santos-Solla (1992) habla de que en determinados enclaves privilegiados como As Ermitas, a las orillas del Bibei, "junto a la vid todavía quedan numerosos olivos y almendros".

En relación a los cultivos asociados al santuario de As Ermidas, Contreras (1798) relata que en el año 1656 el obispo Fr. Nicolás de Madrid "*mandó plantar un olivar en la parte baja del Templo hacia el río Bibei que aún existe con el objeto de que hubiese aceite para las lámparas que alumbran a la Santa Imagen*". Este mismo autor también nos indica que en el santuario "*hay criados necesarios para los menesteres de la casa, para el cultivo de las viñas y para la huerta del Santuario*". Así pues, vinculados a la presencia del santuario religioso, hay constancia de la existencia en sus cercanías de viñedos y olivares desde muy antiguo. Según Huetz de Lemps (1967), en el valle del río Bibei a partir de As Ermidas, aparecen los olivos cultivados junto a la vid, debido a que el terreno es muy pobre para ser aprovecharlo en otros usos como huertas o prados y también a que el microclima existente en las gargantas del Bibei, es favorable para el desarrollo de estos cultivos de tipo Mediterráneo.

Figura 3. A la izquierda, fotografía de Quiroga-Losada de 1959 de los viñedos que rodeaban el puente sobre el río Bibei, en el lugar denominado "Los codos de Larouco". A la derecha, estado actual

Huetz de Lemps (1967) describe el paisaje agrario de la zona, indicando que "en el ayuntamiento de El Bollo existen al mismo tiempo viñas de *bocarribeira* [la ribera de los cañones está formada por las pendientes superiores al 30%, estando la bocarribeira caracterizada, al contrario, con pendientes inferiores a este valor] y las simples viñas de ladera, separadas únicamente por algunos *bancales*". Ilustra esta descripción con una fotografía de las "terrazas del país de Trives" sobre la vertiente expuesta del este del río Bibei.

La observación de las imágenes tomadas a mediados del siglo XX en la zona y su comparación con el estado actual, nos permiten ver cómo era y como ha cambiado el paisaje agrícola en los alrededores del santuario de As Ermidas, en el valle del río Bibei.

En la Figura 2 podemos apreciar el gran cambio producido en el paisaje agrario de la zona de los alrededores del Santuario de As Ermidas en los últimos 50 años. En la fotografía del vuelo americano del período 1956-1957 se puede distinguir perfectamente el cauce del río Bibei y la elevada fragmentación

Figura 2. En la parte superior se presenta una fotografía aérea de la zona de estudio correspondiente al trabajo fotográfico aéreo conocido como "vuelo americano" (serie B 1956-1957). En la parte

del territorio agrario en sus márgenes. Gran parte de la superficie está dedicada a cultivos extensivos y las masas forestales están ordenadas. En la esquina superior izquierda de la fotografía se observa claramente una zona de bancales en la ladera del valle. En la fotografía actual, muchos de los antiguos campos de cultivo están abandonados, o han sido sustituidos por masas forestales. Gran parte de los bancales ya no se distinguen y aparecen colonizados por monte bajo.

En la Figura 3, se observa con mayor claridad como en el año 1959 las laderas estaban ocupadas por terrazas con viñedos en plena producción y bien cuidados y como en la actualidad muchas de esas terrazas quedan ocultas en la vegetación de monte bajo y como otras son todavía perfectamente visibles y se mantienen en buen estado, pero ya no están ocupadas por viñedo o el poco que hay, está descuidado.

Figura 4. A la izquierda, imagen de Quiroga-Losada tomada en 1959 en la zona del Santuario de As Ermidas y sus tierras de cultivo cercanas. A la derecha, imagen actual de la misma zona.

En la Figura 4 se muestra una comparativa de los campos de cultivo que rodean la aldea y el santuario de As Ermidas. En la foto de Quiroga-Losada de 1959, se distingue claramente cómo la ladera por encima del Santuario está dominada por bancales ocupados por la vid, mientras que en la zona más baja también aparecen viñedos, pero en este caso intercalados con otros árboles frutales como olivos y cerezos. En la fotografía actual, todavía se pueden distinguir los muros de piedra de los grandes bancales de la parte alta de la ladera, pero se aprecia que muchos de ellos están ya abandonados. Lo mismo se observa en la Figura 5.

En la Figura 4 podemos ver como en la ladera más escarpada, los muros de los bancales eran más altos y

Figura 5. Imagen de los viñedos en el valle del Río Bibei a su paso por el Santuario de las Ermitas. A la izquierda, foto de Quiroga-Losada en 1959. A la derecha, foto actual tomada por los autores.

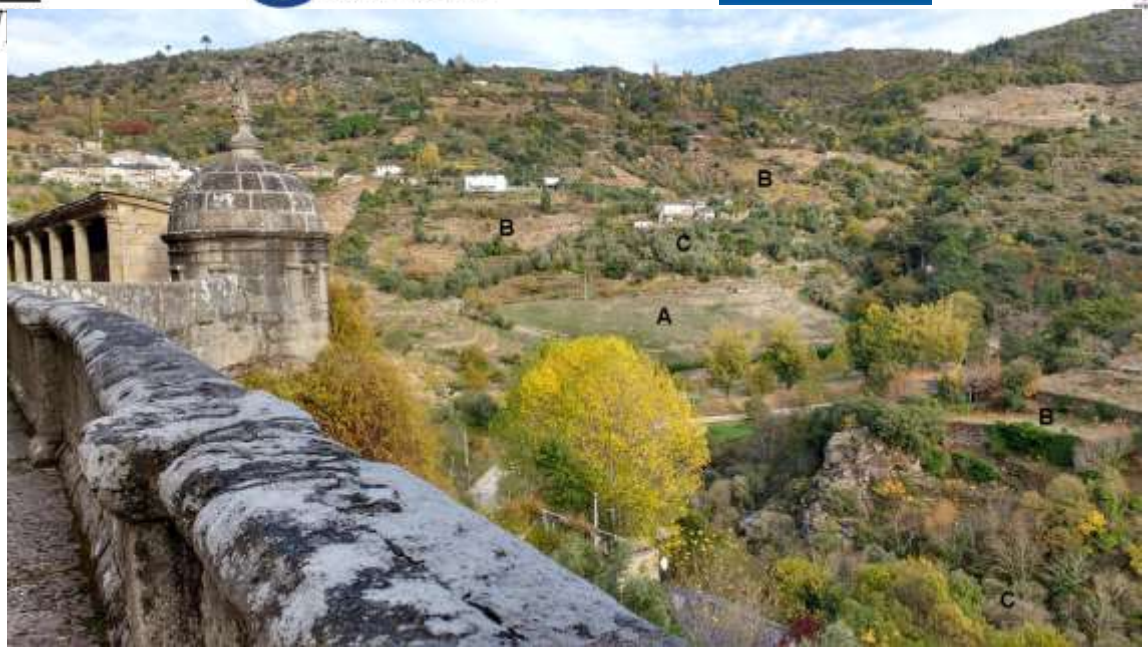


Figura 6. Paisaje agrario a las orillas del río Bibei. A: zona de pasto. B: viñedo. C: olivar.

la anchura del bancal menor. La forma de cultivo en el interior de estos bancales, tanto en las imágenes antiguas como en las actuales, es la tradicional en vaso (Figuras 3, 4 y 5), anterior a la introducción de la espaldera, después de la llegada de la Filoxera, a finales del siglo XIX o principios del XX. Actualmente (Figura 6), aparecen algunos pequeños viñedos, en los que se ha introducido la conducción en espaldera. Se observa además en esa misma imagen, que las zonas más bajas y llanas se destinan al cultivo de cereal, pasto y forraje para el ganado, mientras que en las partes medias de las laderas se sitúan las terrazas o bancales para el cultivo de la vid, combinado con el olivo. Finalmente, en la parte más alta de la ladera, se sitúa el matorral o el bosque. En cuanto a las variedades de vid, antes de la llegada de la Filoxera las de uso tradicional eran la mayoría tintas, destacando el Abarello, Brancellao y Carnáz. Posteriormente, estas variedades nobles fueron sustituidas por otras foráneas, menos adaptadas a la zona, pero más productivas y menos delicadas, como el Gran Negro (Morrastrel Bouschet), Garnacha Tintorera (Alicante Henri Bouschet), Jerez (Palomino Fino), Mencía y otras (Huetz de Lemps 1967; Santos Solla, 1992; www.vitis.mbg.csic.es/vitis)

En la Figura 7 se puede observar una fotografía del estado actual de un olivar plantado en el año 1656 y cuya producción de aceite estaría dedicada originariamente a la iluminación del templo del Santuario. Posteriormente la producción de aceite se destinó también al uso doméstico y llegó a tener cierta importancia en la zona. Su antigüedad queda también confirmada por el tamaño de los olivos centenarios que todavía se encuentran dispersos por las laderas en estado de abandono, junto con la existencia de edificaciones singulares, construidas en el siglo XIX (com. pers.) y destinadas al doble uso de molino de aceitunas para extracción de aceite (Figura 8) y lagar para prensado de uva y obtención del mosto.

La recuperación en esta zona del cultivo del viñedo, asociado al del olivar, su conjugación con la flora natural existente, la utilización de nuevas técnicas de manejo de ambos cultivos, la recuperación de las antiguas variedades prefiloxéricas, la conservación de construcciones tradicionales y la construcción de

Figura 7. Estado actual del antiguo olivar (plantado en 1656) en las laderas del río Bibei en los terrenos del huerto del Santuario. Por encima del Santuario, todavía se pueden distinguir los bancales destinados al cultivo de la vid.

Figura 8. Detalle de molino de aceitunas para extracción de aceite.

otras nuevas necesarias para una moderna explotación de éstos cultivos y elaboración de vinos y aceites de calidad, producirá sin duda un nuevo e importante cambio en el paisaje actual de la zona (Figura 9).

Los muros de las viejas terrazas, dedicadas conjuntamente al cultivo de la vid y el olivo, deberán ser restaurados para evitar su derrumbe. El antiguo sistema de conducción en vaso, deberá ser sustituido por el de espaldera, de más fácil manejo y mecanización y con ello deberá ser cambiado también el sistema de poda, quedando las plantas organizadas de distinta manera en las terrazas y proporcionando una imagen totalmente distinta. Las variedades foráneas Garnacha Tintorera, Gran Negro, o Jerez, que después de la Filoxera sustituyeron a las variedades tradicionales, mejor adaptadas a la zona y productoras de vinos de mayor calidad, deberán ser sustituidas de nuevo por las variedades primitivas (Albarello, Brancellao, Carnáz), conservando también algunas de las foráneas, que producen buenos vinos en esta zona, como la Mencía. Todo dará lugar a un importante cambio en la percepción visual del paisaje (Figura 9), empezando por la renovación de los muros, y sumando a esto la nueva estructura de la vegetación (en espaldera), o el perfil cromático de las hojas de cada variedad de vid, distinto en cada una de ellas, sobre todo en el periodo otoñal (Martínez et al., 2017). La recuperación de los antiguos olivares que convivían con el viñedo y de las variedades de olivo autóctono, que están siendo también recuperadas, contribuirá también a ello de forma importante. Se sumará a todo ello la recuperación de antiguas construcciones tradicionales asociadas a ambos cultivos (molinos y lagares dedicados a la extracción del aceite y del vino), en algunos casos de uso comunal y de gran valor etnográfico. De la misma manera, será necesario construir nuevas instalaciones adaptadas a la normativa vigente y a las nuevas tecnologías, necesarias actualmente para la elaboración de vinos y aceites de alta calidad y de interés para el mercado.

Figura 9. A: Muros de las terrazas antiguos y en abandono; B: Muros de las terrazas reconstruidos actualmente; C: Cepas dispuestas en vaso; D: Cepas en espaldera; E: colores otoñales de la variedad Mencía; F: colores otoñales de la variedad Albariño; G: Viñedo y olivo conviviendo en una misma parcela

Bibliografía

Contreras (1798). Historia del célebre santuario de Nuestra Señora de Las Hermitas, situada en las montañas que baña el rio Bibey en tierra del Bollo, Reyno de Galicia, y Obispado de Astorga. Ed. Francisco de Toxar. Salamanca

Huetz de Lemps (1967). Vignobles et Vins du Nord-Ouest de L'Espagne. Tomo I. Institut de Géographie. Faculté des lettres. Bourdeaux

Labrada (1804). Descripción económica del Reyno de Galicia. Imprenta de Don Lorenzo José Riesgo Montèro (Ferrol).

Martínez; Gago; Boso; Santiago (2017). Grapevine varieties and their chromatic contribution to the landscape in mountain viticulture áreas. FIFTH INTERNATIONAL CONGRESS ON MOUNTAIN AND STEEP SLOPE VITICULTURE. Conegliano (Treviso – Veneto) – Italy. 29th March-1st April 2017

Merino (1906). Flora descriptiva é illustrada de Galicia (Vol. 2). Tipografía Galaica.

Rodríguez; Ramil-Rego (2007). Clasificaciones climáticas aplicadas a Galicia: revisión desde una perspectiva biogeográfica. Recursos Rurais, 1(3), 31-53.

Quiroga-Losada (1959). Orense fotografías. Ed. Jefatura Provincial Movimiento. Talleres La Región. Orense (España)

Santos Solla (1992). *Geografía de la vid y el vino en Galicia*. Excma. Diputación Provincial de Pontevedra, Servicio de Publicaciones (Vigo)

Viticulture and Landscape in the Piedmont-Liguria-Valle d'Aosta Mountain Area

Viticulture and Landscape in the Italian North West Alpine Region

Gian Luigi Corinto[a] and Anna Maria Pioletti[b]

[a] *Dipartimento di Scienze della formazione, dei beni culturali e del turismo, Sezione Ambiente e Territorio, Università di Macerata, gianluigi.corinto@unimc.it*

[b] *Dipartimento di Scienze Umane e Sociali, Università della Valle d'Aosta - Université de la Vallée d'Aoste, a.pioletti@univda.it, corresponding author*

Abstract

Three Northern Italian Regions, Piedmont, Liguria and Valle d'Aosta, have specific identities even being united by reasons deeper than mere geographical contiguity and common historical traits. These connections have also a transnational nature, as these regions are the Italian component of the Alps-Mediterranean Euroregion, created in 2007. They are traditional winegrowing regions, producing several renown wines, and part of the CERVIM institute. The heroic viticulture is a cultural element of the winegrowing system in all the three regions, all of them having a large mountain and slope area within the respective total geographical surface. Piedmont is one of the most important Italian wine regions, due to both tradition and innovation capabilities of winemakers, who deliver worldwide renown and prized wines. It has 46 thousand hectares of vines, of which near 1.5 thousand are classified as heroic. Liguria and Valle d'Aosta are much smaller than Piedmont; still, they have a big share of mountain area of the total regional surface. Liguria manages 2,327 hectares of vine, of which 2,113 are heroic. The Valle d'Aosta region manages not more than 515 hectares of vine, of which at least 315 are classified as heroic. Piedmont is a sort of gate and a link between the two smaller regions, one located in mere Alps and the second one along the Mediterranean coast. The paper aims interpreting the evolution of winegrowing in farming, wineries and the marketing, in the framework of sustainability and adaptability of winemakers before the climate change and consumers' behavior. The method has been based on Grounded theory, retrieving data from diverse sources, including the personal experience of the authors. Data have been analyzed both quantitatively and qualitatively. Results are that the reality of the heoric viticulture is a fundamental part of the local winemaking culture. Is can also assure a sort of eventual resilience before the climate change, as it makes possible to cultivate vines in higher area contrasting the climate warming.

PATROCINIOS

Generating Innovation between Practice and Research

Conservation, restoration and enhancement of Pergola Valdostana vineyard landscapes

G. Chenal[(1)], G. Bagnod[(1)], M. Letey[(1)], S. Mazzarino[(2)], A. Corsi[(2)], A. Barmaz[(1)]

[(1)]Institut Agricole Régional, La Rochère 1/A, 11100 Aosta, Italy. m.letey@iaraosta.it
[(2)]Dipartimento di Economia e Statistica Cognetti de Martiis, Università degli Studi di Torino, Lungo Dora Siena 100/A, 10153 Torino, Italy.

Abstract

Since the early 1990s there has been a growing institutional and political sensibility with regard to the protection and preservation of the landscape. Cultural Landscapes, remarkable and deserving sites selected by UNESCO to be safeguarded at international level, and the Registro Nazionale dei Paesaggi Rurali Storici, both embody concrete actions and initiatives for the recognition, conservation and enhancement of landscapes.
As evidenced by several authors, and now acknowledged by the whole community, the vineyard landscape, characterized by wise territorial management by man, is a significant expression of the past and has an important environmental, communicative and social value.
The Interreg project Vi.A. - Route des VignoblesAlpins, intends to preserve, valorise and promote the environmental, cultural and landscape heritage of the vineyard through a diagnosis of the typical mountain landscape and its related aspects.
The aim of the study is to identify strengths and critical issues and develop effective actions and tools to preserve, recover and enhance the specificities of Alpine vineyards.

Keyword

Vineyard landscapes; Pergola Valdostana

Introduction

Since the early 1990s there has been a growing institutional and political sensitivity with regard to the protection and preservation of the landscape. The European Landscape Convention (2000) introduced its legal recognition as well as the implementation of specific policies aimed at safeguarding it. Cultural Landscapes, remarkable and deserving sites selected by UNESCO to be safeguarded at international level, and the "Registro Nazionale dei Paesaggi Rurali Storici" at Italian level, both embody concrete actions and initiatives for the recognition, conservation and enhancement of landscapes.
The International Fontevraud Charta (2004) embodies one of the first actions undertaken for the protection, management and enhancement of landscapes with reference to the viticultural field. In fact, the vineyard landscape, characterized by skilful territorial management by man, is a significant expression of the past and has an important environmental, communicative and social value. The Charta recognizes a key role for all the stakeholders present in the territory, inside and outside the wine supply chain, able to take concrete actions for the formation, maintenance, protection and promotion of the wine landscape (Herbin 2013; Ambroise and Herbin 2012).
The Interreg-ALCOTRA "Vi.A." Project – "Route des VignoblesAlpins", intends to preserve, to valorise and to promote the environmental, cultural and landscape heritage of the North-Western Alpine regions located between Piedmont, Aosta Valley and Savoy.
The diagnosis of typical mountain vineyard landscapes and identification of related aspects are the first fundamental steps towards the recognition, protection and enhancement of these landscapes.

PATROCINIOS

Generating Innovation between Practice and Research

The study launched in Aosta Valley in 2017, aims at identifying strengths and critical issues and developing effective actions and tools to preserve, recover and enhance the specificities of Alpine vineyards in a medium-long term sustainable perspective.

Material and methods

Study area

The Project considers two distinct wine-growing areas in Aosta Valley, each one homogeneous by morphology, characteristic elements of the landscape, but characterized by the presence of Pergola systems with different height development.

The first wine-growing area, called "Donnas", includes four municipalities (Perloz, Pont-Saint-Martin, Donnas and Bard) and is located at the beginning of the Valley, near Piedmont. The prevailing form is the high Pergola Valdostana, with an altimetric development between 300 and 450 meters aboves.

The second wine-growing area corresponds to the municipalities of Morgex and La Salle, located in the upper Valley near France, and characterized by the presence of the low Pergola Valdostana system, which extends to an altitude up to and over 1200 meters and is the only training system found in this area.

Historical and socio-economic analysis of the landscape

In the preliminary stages of the project, based on numerous bibliographic sources, the history of the vine in Aosta Valley, as well as the historical evolution of the landscape in the two areas, were reconstructed and to highlight the viticulture characteristics in these areas, the socio-economic data from the last ISTAT Agricultural Census, referring to 2010, were taken into consideration. Extrapolations regarding the type of management (full-time, part-time), the age of and gender of those involved in the activity and the weight of viticulture in relation to other business activities were made to deduce preliminary indications regarding the productive specialization of the areas. These data will be completed through socio-economic analysis, started in winter 2017.

Results

The bibliographic analysis, extended to the whole Valley, highlighted that vineyard and wine-growing landscapes have been part of the history of the Region since pre-Roman times to the present days (Di Corato, 1974). There are numerous testimonies in travel journals by English tourists (Williams, 1854, Malvezzi, 2003) that indicate how the Pergola system was widespread in the nineteenth century throughout the Valley, even in areas where today the vine is bred exclusively in “spalliera” (rows).

As far as the diagnosis of the landscape is concerned, the most characteristic element of the natural landscape of the "Donnas" area is represented by a very steep terrain, which man has for centuries contrasted through terracing with stonewalls in order to stabilize the slopes and obtain cultivable surfacesmore easily. The present breeding method uses a traditional and complex system of vertical and horizontal wooden frames (in many cases also with the help of stone elements) to support the vine, whose shoots grow about 2 meters above the ground. The overall landscape effect is remarkable for the geometrical patterns produced which can be seen, as soon as one enters the Valley.

In the second wine area "Morgex and La Salle", the predominant landscape element consists of a less steep geomorphological profile, mostly flat, where the terraces are present only in the steepest areas. The harsher climatic conditions, especially in winter months, have required suitable agronomic measures achieved thanks to the low Pergola. The cultivation of vines in this area has the same characteristics seen previously (pilings and stone elements), but with plants 0.50 to 1.30-1.40 m high and an extension of the vineyards in a much more horizontal rather

than vertical sense. The resulting geometrical patterns are different from the "Donnas" area and characterize the local viticulture and landscape.
The analysis of statistical data from the last ISTAT Census - still in progress - has shown that the two areas differ in the number of farms and vineyard areas, however without highlighting particular structural and socio-economic differences. In the "Donnas" areas the vineyard area surveyed in 2010 is wider, equal to 42.55 ha, distributed on 158 farms where 88.6% fall into a vineyard size class below 5000 m^2. The "Morgex and La Salle" area includes a smaller vineyard area, equal to 29.51 ha, spread over 106 farms, where 86.8% fall into a vineyard size class below 5000 m^2. The percentage of surfaces used to produce PDO grapes is higher in Morgex (89%) than in Donnas (53%), as compared to an overall regional average of 65%. The average age of the farmers does not differ significantly, reaching an age of around 62-63 years. Regarding gender, in the "Donnas" area there is a greater female presence (32.3%) as compared to "Morgex and La Salle" (26.4%).
The various elements that characterize the Aosta Valley vineyard systems have been classified in internal system variables (strengths and weaknesses) and extrinsic variables (opportunities and threats), then organized into a SWOT matrix as a qualitative tool for decision support. This matrix may be the basis for the institutions in charge of outlining future strategies for enhancing the Aosta Valley countryside landscape heritage.

Conclusions

The study highlighted, from a qualitative point of view, the elements that characterize viticulture in the Aosta Valley and in particular the Pergola Valdostana vineyard landscapes. The research carried out is only the first part of a larger project, which also foresees a quantitative socio-economic analysis, started in winter 2017. This study will support an in-depth analysis and updating of the census data and at the same time it will evaluate the differences in terms of revenues and costs connected to the two different types of vineyard management. The elaboration of the collected data, and a related diagnostic study of the vineyard landscape, will allow for the identification of actions for the recovery, conservation and enhancement of vineyard landscapes.

References

AA.VV. (2000), Convenzione Europea Del Paesaggio.

Di Corato R. (1974), Viaggio fra i vini della Valle dAosta, EDA.

Herbin C. (2013), Paysages viticoles: enjeux pour la filière,Actes des 1ères Assises des Vins du Sud Ouest, 43–46.

ISTAT (2010), VI Censimento dell'Agricoltura.

Malvezzi P. (a cura di) (2003), Viaggiatori inglesi in Valle d'Aosta, Lampi di Stampa, available at http://www.lampidistampa.it

Régis A., Herbin C. (2012), La Charte internationale de Fontevraud. En faveur de la protection, la gestion et la valorisation des paysages viticoles, Revue française d'oenologie, n. 252: 12–16.

Williams C. (1854), The Alps, Switzerland and the North of Italy, London.

The viticulture as landscape feature in the historical garden restoration: the Residences of the Royal House of Savoy as UNESCO Heritage

P. Gullino [(1)], M. Devecchi [(1,2)], F. Larcher [(1,2)]

[1] *University of Turin, Department of Agricultural, Forest and Food Sciences, Largo Paolo Braccini 2, 10095 Grugliasco (TO) Italy. paola.gullino@unito.it; marco.devecchi@unito.it; federica.larcher@unito.it*

[2] *Research Centre for Rural Development of Hilly, University of Turin, Largo Paolo Braccini 2, 10095, Grugliasco (TO), Italy*

The "Residences of the Royal House of Savoy" were internationally recognized as "cultural heritage" by UNESCO in 1997. This outstanding site included a complex of buildings sometimes associated to historical gardens (XVII-XVIII centuries). Concerning historical garden, these sites are classified as living monuments, which require special and specific rules and protection measures. Their preservation and restoration are priorities for the International Council on Monuments and Sites (ICOMOS) and the International Federation of Landscape Architects (IFLA). In this context, some historical gardens included into "Residences of the Royal House of Savoy" property were vineyard-garden and recently restored. "Villa della Regina" located in the Turin hillsides, can be considered the most significant example. With the aim to understand the role of viticulture as landscape feature in the historical garden restoration, a study was recently performed in Turin hillsides. Several documents such as descriptions, cabreos, cadastral maps, iconographies, and cartographic maps were collected and studied. Concerning this area the presence of Freisa as historical vineyard and the viticulture landscape features were identified as historical permanences. The recovery of these garden-vineyards represents a didactic and educational opportunity for conserving an important cultural and genetic heritage (vines and historical breeding systems) and preserving biodiversity.

PATROCINIOS

Generating Innovation between Practice and Research

SEXTO CONGRESO INTERNACIONAL
SOBRE VITICULTURA DE MONTAÑA Y EN FUERTE PENDIENTE

SIXTH INTERNATIONAL CONGRESS ON MOUNTAIN AND STEEP SLOPE VITICULTURE

SESIÓN III

SESSION III

La enología en la valorización de las viticulturas heroicas

Oenology practices for heroic viticulture valorisation

PATROCINIOS

Generating Innovation between Practice and Research

Red wines from Macaronesia

J. Heras-Roger [(1)], C. Díaz-Romero [(2)], J. Darias-Martín [(2)], D. Ríos-Mesa [(1)]

[(1)] Excelentísimo Cabildo Insular de Tenerife. CP 38001, Plaza España s/n, Spain.
[(2)] Departamento de Ingeniería Química y Tecnología Farmacéutica, Universidad de la Laguna, 38201 La Laguna, Spain.

Key words: Red wine, Macaronesia, characterization.

1. Introduction

Macaronesia is a collection of four archipelagos in the North Atlantic Ocean which are locatedin front of the coast of Europe and Africa. Apart from the Azores, which are considered part of Europe, the other islands of Macaronesia are closer to Africa. The Macaronesian archipelagos named from North to South are Azores and Madeira (Portugal), Canary Islands (Spain) and Cape Verde (Figure 1).

All Macaronesian islands are volcanic in origin and none of them were part of a continent, so their native plants and animals reached the islands via geographical dispersal and many species has evolved to adapt to the islands conditions. The climate from these archipelagos ranges from Mediterranean in the Azores and Madeira to arid in some islands of the Canaries (Lanzarote and Fuerteventura) and Cape Verde (Sal and Maio), subtropical in some Canary Islands (Tenerife, La Palma and El Hierro) or even tropical in the case of Fogo from Cape Verde. Anyway the Portuguese archipelagos of the Azores and Madeira have a generally cooler climate and higher rainfall than Cape Verde and the Spanish Canary Islands.

Due to the limited space, distance to the continent, fragmented grape cultivation pieces of land and extremely complicated orographic conditions the use of mechanical harvesting and vineyard equipment in these regions is limited, and sometimes impossible. Therefore winemaking is a costly endeavor on these islands, which makes the final product a precious treasure with atypical characteristics. Moreover vines usually need warm and dry condition to grow well, but humidity from the ocean is constant in these areas, therefore grape cultivars have adapted and only the less sensible to fungal grape diseases pursued.Red wine is produced in all the archipelagos with several grape varieties and techniques even if most of these islands are best known for their fortified, sweet and white wines traditional production.

The main purpose of this communication is to characterize the less known red wines produced in Macaronesia.

PATROCINIOS

Generating Innovation between Practice and Research

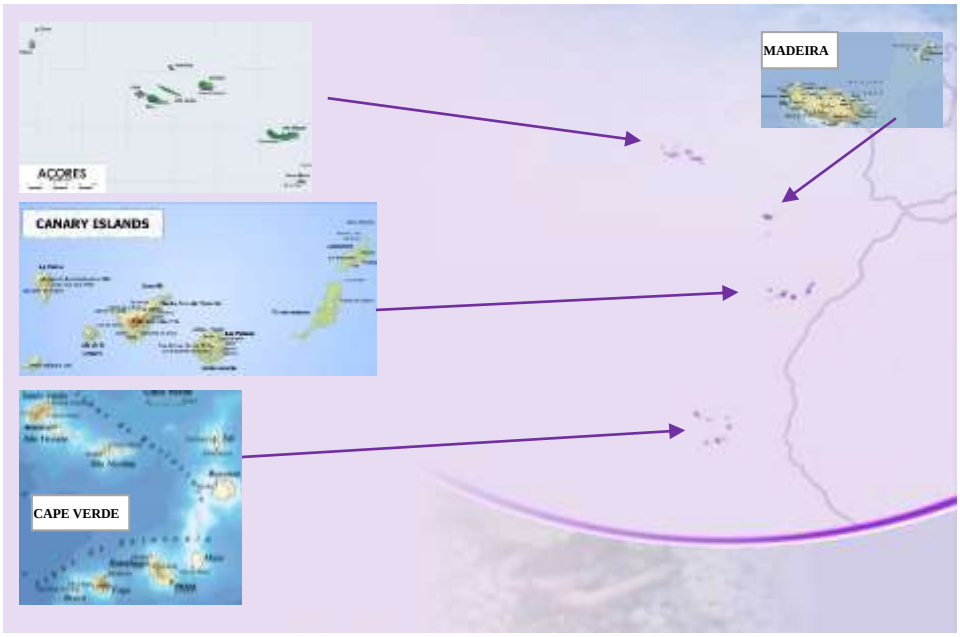


Figure 1. Geographical situation of Macaronesian archipelagos producing wine

2. Material and methods

Wines produced in the Portuguese Archipielagos (Azores and Madeira) are described herein reviewing the scientific literature and data available. Wines from Canary Islands and Fogo Island are described using first hand experimental results. For this study 300 samples of red wine from several vintages produced in the seven Canary Islands and in Fogo were analyzed by means of OIV reference methods. 98% of the samples were destined to the regional market and the remaining 2% to self-consumption by their artisan producers from Fogo, being this type of wines known as "manecom".

Conventional oenological parameters such as pH, total acidity, SO_2, sugars, organic acids (acetic, l-malic, lactic, tartaric and gluconic acid), alcoholic content, density, nitrogen ammonia, IPT and glycerol were quantified using OIV standards (OIV, 2015). Furthermore a metallic profile was obtained. The colorimetric CIELab characteristics and the magnitude of copigmentation phenomena were also measured. A sensory profile for a subset of 75 samples produced in the Canary Islands was obtained by means of a trained panel. All data have been compared according to grape variety and island of origin detailing the most significant differences. For a more detailed insight of the sample selection, analytical methods and statistical procedures please refer to our previous published studies (Heras-Roger, 2018).

3. Results and discussion

Results for the most important oenological parameters in red wines are summarized in Table 1. Canary wines are characterized by a great variability and heterogeneity, as these wines come from different harvest and are elaborated with different varietals in various islands. Most red wines considered were produced to be consumed in the short term, so they have typical young wines values in terms of phenolics. Nevertheless some samples present high potential for aging due to their high IPT values.

All samples conformed to the established legal wine standards as far as analytical parameters are concerned. Canary Islands results are within the usual ranges and comparable to those published for the same geographic origin almost fifteen years ago (Diaz et al., 2003).

Most wines from Cape Verde present high ethanol content, probably due to the natural conditions affecting this archipelago and to late grape picking. The lowest ethanol content in Fogo attained 14.7%vol, higher than the average in Canary. *"Manecoms"* show an alcoholic graduation even higher than bottled wines, probably because Fogo inhabitants are used to wines with high alcoholic content.

Fogo wines also present unusual high pHs. These values lead to color losses in red wines due to anthocyanins chemical form and their greater oxidation (Heras-Roger et al., 2016). High pH also reduces the protective action from SO_2. pH depends on various factors from soil, climate or grape ripening to winemaking techniques and the values observed might be due to regional characteristics, such as soil potassium content, climate and skins macerations. In this sense Fogo winemakers could diminish wine pH by reducing maceration periods, with earlier harvest or introducing specific rootstocks. The relationship between high pH in these wines and potassium content are further discussed when revieweing the metallic profile results.

The residual nitrogen ammonia for most *"manecoms"* samples is high in relation with conventional levels. This nitrogen bioavailability leads to a greater ease of wine diseases increased by their high pH and low SO_2 protection. Nevertheless Fogo wines avoid many microbiological problems due to their high alcoholic content. In general these wines contain low levels of ethanal, as most samples are not subjected to micro oxygenation. Their high pHs discourage winemakers to elaborate oak aged wines, as color stability would be hardly affected by time. Red wines from both archipelagos were also characterized by high glycerol values in agreement with their high alcohol content.

None bottled wine exceeds the legislated 1.2 g/l value in terms of acetic acid for volatile acidity. Those presenting greater values correspond to sweet wines with greater limits. *"Manecoms"* show extremely high values due to their artisan winemaking. The initial malic acid content in wine depends on grape ripening, but its concentration drastically reduces after malolactic fermentation. This fermentation was completed in most red wines, even though some samples present high values above 4 g/L. These wines acid content is within the values considered normal, although some Canary wines present lactic acid contents above the average.

The very low gluconic acid in Fogo wines reveals none important fungal incidences, probably due to the extremely dry climatic conditions derived from latitude and altitude. Nevertheless grapes fungal attacks are common in Canary Islands according to our results. Citric acid content is extremely low in Fogo. In Canary Islands the citric acid content highly varies probably due to the different elaborations considered.

Significant differences between islands from the same archipelago or even between regions from the same island have been also obtained given the particular microclimates influencing these regions. Nevertheless differences inside archipelagos are not considered in the present communication as they are not part of the aim of the study.

Table 1. Conventional red wine parameters from Canary and Cape Verde Islands

	Canary (bottled with DOP)		Cape Verde / Fogo	
	(n=250)	(n=60) (Diaz, 2003)	Chã Caldeiras bottled (n=40)	"Manecom" (n=10)
Alcoholic content (%v/v)	13.72 ± 1.20 (11.00 - 19.54)	12.28 ± 0.60	15.58 ± 0.61 (14.70 - 17.66)	16.67 ± 0.87 (16.06 - 17.29)
Density (g/cm3)	0.9941 ± 0.006 (0.9893 - 1.0513)	0.9922 ± 0.001	0.9896 ± 0.0116 (0.9370 - 0.9944)	1.0130 ± 0.0096 (1.0062 - 1.0198)
pH	3.74 ± 0.18 (3.23 - 4.54)	3.55 ± 0.17	3.99 ± 0.18 (3.46 - 4.23)	3.94 ± 0.02 (3.93 - 3.95)
Titrable acidity (g. tart./l)	5.16 ± 0.72 (3.93 - 7.59)	5.10 ± 0.54	4.95 ± 0.71 (4.15 - 6.62)	7.89 ± 1.61 (6.75 - 9.03)
Ethanal (mg/l)	16 ± 39 (n.d. – 246)	30 ± 24	30 ± 45 (n.d. – 150)	50 ± 65 (15 – 310)
Glucose+fructose (g/l)	1.90 ± 6.90 (n.d. – 59.00)	1.95 ± 0.95	1.70 ± 2.21 (n.d. - 5.9)	43.05 ± 31.75 (20.60 - 65.5)
Free SO_2 (mg/l)	16.0 ± 8.0 (5.0 – 48.0)	16.0 ± 9.0	24.4 ± 13.8 (7.0 – 47.0)	1.5 ± 0.71 (1.0 – 2.0)
Total SO_2 (mg/l)	78.0 ± 34.0 (11.0 – 184.0)	57.0 ± 32.0	83.4 ± 27.6 (26.0 – 129.0)	12.5 ± 3.5 (10.0 – 15.0)
Nitrogen ammonia (g/l)	38.0 ± 29.0 (n.d. – 207.0)	-	27.6 ± 19.1 (10.3 - 59.8)	53.3 ± 20.4 (20.1 - 60.8)
Glycerol (g/l)	11.0 ± 2.9 (0.4 - 20.2)	-	7.6±0.3 (7.4 - 7.8)	8.0 ± 0.1 (7.8 - 8.2)
IPT DO 280 nm (UA)	52.7 ± 12.9 (14.6 - 103.1)	35.0 ± 5.6	68.3 ± 8.7 (56.7 – 89.3)	70.6 ± 16.2 (59.1-82.0)
Folin-Ciocalteu Index	50 ± 11 (27 – 83)	-	62 ± 15 (32 –93)	32 ± 25 (15 –76)
Tannins (g/L)	2.00 ± 0.80 (0.20 - 4.40)	1.30 ± 0.40	4.78 ± 0.61 (3.97 – 6.25)	4.94 ± 1.13 (4.14 - 5.74)
Anthocyanins (mg/l)	296.1 ± 178.8 (29.2 - 798.4)	108.2 ± 55.2	350± 202 (33.7 - 815.3)	123.1 ± 198.9 (12.2 - 489.5)
Tartaric acid (g/l)	2.50 ± 1.00 (1.10 - 4.90)	2.08 ± 0.42	1.60 ± 0.61 (1.20 - 2.30)	1.95 ± 0.92 (1.30 - 2.60)
Lactic acid (g/l)	1.78 ± 1.00 (0.07 - 5.53)	-	2.40 ± 0.26 (2.20 - 2.70)	1.35 ± 1.39 (0.10 - 2.70)
Acetic acid (g/l)	0.60 ± 0.24 (0.15 - 1.53)	0.50 ± 0.14	0.81 ± 0.14 (0.53 - 1.19)	2.09 ± 1.56 (0.99 - 3.20)
L-malic acid (g/l)	0.38 ± 0.71 (n.d. - 4.21)	0.24 ± 0.34	0.56 ± 1.11 (0.10 - 3.72)	0.27 ± 0.31 (0.05 - 0.50)
Gluconic acid (g/l)	0.36 ± 0.42 (n.d. - 2.29)	-	0.05 ± 0.05 (n.d. - 0.1)	0.02 ± 0.04 (n.d. - 0.10)
Citric acid (mg/l)	140 ± 102 (n.d. - 620)	-	70 ± 42 (n.d. - 150)	30 ± 12 (n.d. - 50)

Results expressed as X ± σ (Min. – Max. value if available). n.d.=not detected

Table 2 resumes the experimental data obtained for the metallic profile of Macaronesian red wines as well as the average results from scientific literature about Azores and Madeira archipelagos. In general it can be observed how the metallic content conforms to commercial standards though potassium concentration is slightly high. The potassium source in wine is diverse; on one hand the addition of this mineral during winemaking can increase it, but soil content due to other crops enrichment or fertilizers is also relevant. However soil characteristics considered alone cannot explain its high content. It can be also increased by winemaking techniques, such as excessive macerations with grape skins for instance. Most probably its concentration is related to the grapevine needs, as in warm, dry and windy climates vine plants need more water as it is constantly evaporating from their leaves. Therefore grapevines breathe intensively in order to absorb soil water in a greater extent than those plants located in cold or humid climates. Greater water absorption contributes to a greater mineral absorption. Thus in warm climates plants absorb more water and by addition more potassium, concentrating this metal in grapes and latter in wine. The greater or lesser concentration might depend on the climatic conditions of each harvest, on the grapevine situation as greater winds or dryness enhances it, and even on the vine itself, as roots absorb potassium differently depending on the cultivar. This climate influence might explain the potassium increase in Canary Islands wine, as the literature cited is almost 15 years old and today vines are exposed to warmer conditions due to the temperature increase from the last decade.

Potassium concentrations correlate with high wine pHs, a peculiar characteristic already observed previously for Fogo wines. Since high pHs lead to a greater wine sensitivity to microbiological diseases, it is advisable to control potassium content. Obviously potassium is not the only factor conditioning the final wine pH, although it is one of the most important according to our experimental results. The sodium content for all regions except Fogo is higher than those from other origins, probably due to oceanic winds and the marine aerosol. Fogo samples contain significantly less than most Canary, Azorean and Madeiran red wines because of the high altitude of the vineyards. In fact Fogo sodium content is similar to continental wines, where the marine aerosol is non-existent and its origin is essentially due to soil and agronomic practices. Some Canary red wines also presented low sodium content when compared with most samples from the same region, coming from Tenerife vineyards located at high altitudes.

The content of iron is noteworthy in all the archipelagos probably because of their volcanic soils, as it is difficult to suggest any other cause affecting all islands. Copper concentration is unusually variable between regions, relatively high in Madeira but extremely low in Fogo. Similarly zinc and manganese content are low in Fogo wines when compared to other Macaronesia regions. Calcium and magnesium content are similar between archipelagos. The different concentration of all these minerals might be an interesting source for wine characterization according to geographical area

Table 2. Metallic content (mg/l) from Canary, Cape Verde, Madeira and Azores islands

	Canary (bottled with DOP)		Fogo Chã (n=40)	Madeira (n=36) (Trujillo et al., 2011)	Azores (n=28) (Trujillo et al., 2011)
	(n=250)	(n=249) (Conde et al., 2002)			
K	1428 ± 459 (531 - 3727)	835 ± 333	1270 ± 247 (988- 1849)	936 ± 215	923 ± 217
Na	98 ± 57 (19.0 - 351.2)	92.0 ± 38.2	23.6 ± 3.6 (17.1 - 29.0)	51.0 ± 30.1	57.7 ± 30.5
Ca	69.3 ± 22.1 (24.1- 83.2)	68.7 ± 15.0	50.5 ± 35.4 (30.5- 90.3)	73.1 ± 23.8	80.5 ± 15.7
Mg	129.0 ± 27.0 (65.0 - 263.1)	84.1 ± 15.4	115.0 ± 40.0 (75.0 - 125.6)	101.2 ± 13.9	112.5 ± 41.8
Fe	1.7 ± 1.0 (0.3 - 7.4)	2.6 ± 1.1	2.6 ± 1.9 (0.9-7.3)	2.3± 1.4	1.5 ± 1.0
Cu	0.20 ± 0.70 (n.d. - 6.70)	0.17 ± 0.20	0.02 ± 0.01 (n.d. - 0.1)	0.63 ± 0.66	0.22 ± 0.41
Zn	0.26 ± 0.15 (n.d. – 0.53)	0.56 ± 0.31	0.18 ± 0.10 (0.10 - 0.20)	1.02 ± 0.60	0.63 ± 0.55
Mn	1.3 ± 0.7 (n.d. - 5.1)	1.0 ±0 .4	0.4 ± 0.1 (0.3 - 0.5)	1.9 ± 0.8	0.7 ± 0.2

Results expressed as X ± σ (Min. – Max. value if available). n.d.=not detected

Results for the most common volatile compounds in red wines from Macaronesia are summarized in Table 3 detailing the scientific source. Wines from Madeira are mostly characterized by 2-ethylhexan-1-ol, 3,5,5-trimethylhexan-1-ol, ethyl 2-methylbutanoate, ethyl DL-2-hydroxycaproate , decanoic acid and 2-ethoxythiazole, whereas wines from Azores and Canary Islands are mainly characterized by 3-ethoxypropan-1-ol, 1-octen-3-ol, (Z)-3-hexenyl butanoate, 2,3-dihydrobenzofuran, and 4-(methylthio)-1-butanol according to the scientific literature (Perestrelo et al., 2014). Thiols are particularly important in Fogo volatiles, where red wines present an unusual high concentration of heavy sulphur volatiles in its aroma (Pereira 2017). These concentrations might be due to the active volcano where grapevines are located. Fogo wines also present the highest concentration in the minor volatiles fatty acids.

Higher alcohols followed by ethyl esters and fatty acids are the most predominant chemical groups among the volatiles from red wines elaborated in Macaronesia. In fact hexanol derived compounds with decaonic acids and whiskey lactones discriminate Madeira red wines from the rest of Macaronesian archipelagos according to Perestrelo et al studies (2014). In the same way a characteristic profile for alcohols, ethyl esters and fatty acids has been obtained exclusively for Madeira wines (Câmara et al., 2006). Similarly the concentration of esters in Azores wines revealed to be significantly lower than in red wines from the other Macaronesian archipelagos. The unique exception is the ethyl hexanoate compound, which seems to be present in a greater extent than in other islands.

Canary wines studies conclude that 3-metyl-1-butanol, 2,2-butanodiona and ethyl butirate were the main odorants (Culleré et al., 2008). Moreover specific studies have been conducted to analyze the volatiles from red wines aged in pine casks from La Palma Island (Díaz et al., 2000).

Table 3. Volatiles compounds from Canary, Cape Verde, Madeira and Azores islands

Compound Group	Volatile compound	Canary (n=6) Gonzalez, 010)	Fogo (n=4) (Pereira, 2017)	Madeira (n=48) (Perestrelo,2016)	Azores (n=3) (Baptista,2001)
ALCOHOLS (µg/l) (50-60%)	Hexanol	-	0.214 ± 0.011 (0.167 - 0.256)	8.359 ± 0.469 (7.604 - 8.779)	0.076 ± 0.03 (0.042 - 0.1)
	Benzyl alcohol	-	0.131 ± 0.01 (0.032 - 0.184)	0.137 ± 0.007 (0.106 - 0.224)	0.113 ± 0.129 (0.022 - 0.204)
	Phenylethanol	1.086 ± 0.122 (0.961 - 1.313)	7.320 ± 0.739 (6.250 - 8.300)	12.348 ± 1.011 (9.706 - 18.005)	0.745 ± 0.181 (0.574 - 0.935)
	2methyltioetanol	0.139 ± 0.012 (0.091 - 0.175)	54.333 ± 10.204 (25.500 - 74.500)	0.002 ± 0.001 (0.001 - 0.005)	-
	Linalool	2.522 ± 0.678 (0.151 – 5.021)	3.664 ± 0.461 (0.475 - 6.301)	-	0.147 ± 0.031 (0.120 - 0.180)
ESTERS (mg/l) (30-40%)	Ethyl lactate	-	4.138 ± 0.710 (2.250 - 6.370)	5.300 ± 0.175 (3.088 - 7.206)	0.004 ± 0.001 (0.003 - 0.005)
	Ethyl hexanoate	3.348 ± 0.288 (2.751 – 4.560)	2.383 ± 0.155 (2.050 - 2.760)	1.788 ± 0.404 (1.544 - 2.271)	4.402 ± 1.615 (2.55 - 5.516)
	Diethyl succinate	-	1.479 ± 0.088 (0.957 - 2.180)	0.566 ± 0.041 (0.184 - 1.049)	0.005 ± 0.002 (0.003 - 0.007)
	Ethyl octanoate	1.223 ± 1.014 (0.848 – 2.351)	2.530 ± 0.133 (2.150 - 2.930)	34.506 ± 6.598 (20.069 - 54.823)	0.186 ± 0.119 (0.066 - 0.304)
	Phenylethyl acetate	0.945 ± 0.451 (0.316 - 1.641)	1.565 ± 0.104 (1.160 - 1.770)	3.584 ± 0.113 (2.993 - 5.090)	-
	Ethyl decanoate	1.184 ± 0.751 (0.561 - 1.905)	3.985 ± 0.152 (3.300 - 4.730)	0.248 ± 0.014 (0.181 - 0.380)	0.197 ± 0.025 (0.176 - 0.224)
	Isoamyl acetate	-	2.048 ± 0.091 (1.350 - 2.660)	0.542 ± 0.343 (0.491 - 0.654)	0.038 ± 0.019 (0.022 - 0.059)
FATTY ACIDS (µg/l) (5%)	Butanoic acid	0.065 ± 0.154 (0.026 - 0.073)	-	0.026 ± 0.004 (0.019 - 0.040)	0.100 ± 0.127 (0.010 - 0.190)
	Decanoic acid	0.194 ± 0.088 (0.098 - 0.286)	2.750 ± 0.781 (2.500 – 3.000)	0.694 ± 0.080 (0.098 - 1.607)	-
	Hexanoic acid	9.674 ± 0.546 (8.486 – 11.056)	n.d	1.537 ± 0.208 (1.486 - 1.625)	0.123 ± 0.145 (0.030 - 0.290)

Results expressed as X ± σ (Min. – Max. value if available). n.d.=not detected

The phenolic composition of Macaronesian red wines could be considered potentially different from other regions because of their specific "terroir". According to our previous research Gallic and caftaric acids are the most concentrated hydroxybenzoic and hydroxycinnamic acid respectively in Canary wines (Heras-Roger et al., 2016) but there is high heterogeneity. Previous studies for the same region confirmed that these wines polyphenolic composition is highly heterogenic and depends on various factors such as local climate and vinification conditions. Results for the most common phenolic compounds in red wines are summarized in Table 4 for all Macaronesian archipelagos.

Quercetin is the most concentrated flavonol and the content of this compound group, that is flavonols, in Azores, Madeira, Fogo and Canary is unusually higher than in other winemaking areas. Stilbenes content in Macaronesia red wines have been also described as higher than in continental wines. These differences may be due to the sunny climate of Macaronesia. Flavonol and stilbene content depends on sun exposure because these phenolics protect against solar radiation, thus Macaronesian vines might increase their synthesis to combat UV radiation. Anthocyanins content is also in the upper quartile when compared with other winemaking regions probably because of these solar radiation influences, which are more important in the most southern islands. In fact it has been considered that the content of catechins and proanthocyanidins in Canary wines is higher than in Madeira red wines.

The main color parameters and colorimetric indexes for Canary and Fogo red wines are summarized in Table 5. Wines from both archipelagos present high chromacity, as the average color intensity for Canary is 9 Units of Absorbance (U.A.) and *"manecom"* even achieves 17.7 U.A. Hue color values lead to low perceptions of oxidation. Chroma (C*) and saturation (S*) reveal great heterogeneity. Fogo red wine lightness (L*) is significantly lower than Canary red wines giving a darker color, probably due to a higher anthocyanin extraction derived from the winemaking techniques applied to maximize alcoholic content.

One of the most important pigment interactions is copigmentation, which occurs when anthocyanic pigments associates with itself or with another substance known as copigment, these compounds can be very variable, from other colorless anthocyanin to phenolic acids or flavonols depending on the red wine considered. The percentage of copigmentation in parts per unit provides an estimation of copigments and their influence in color. The average copigmentation in Canary wines is 18±11% of color, ranging from 0.5 to 40%. Copigmentation in Fogo wines is lower in disagreement with studies where warm regions produced wines with significantly higher copigmentation than cold areas. This low copigmenation is related with the high amount of polymeric pigment present in Fogo red wines.

The percentage of polymeric pigments in the young Fogo wines is similar to the percentage quantified for Canary wines where also oak aged red wines are considered. Short aged red wines do not normally present so many polymeric pigments. Its content in Fogo wines might be related to late harvest, excessive grape ripening and peculiar winemaking techniques which maximize oxidation and thus increase phenolic polymerizations during winemaking and storage.

Table 4. Phenolic compounds (mg/l) from Canary, Fogo, Madeira and Azores islands

	Canary wines		Fogo (n=4) (Pereira,2017)	Madeira		Azores (n=3) (Baptista,2001)
	(n=250) (Heras,2016)	(n=55) (Rodri-guez,2002)		(n=12) (Ro- cha, 2010)	(n=5) (Paixão, 2008)	
Gallic acid	41.8 ± 24.0 (3.6 - 125.8)	21.1 ±11.5 (5.6 - 44.7)	-	-	398.1 ± 34.5 (341.2 - 429.0)	-
Syringic acid	7.9 ± 2.8 (2.1 - 20.4)	2.0 ± 0.8 (0.9 - 4.0)	10.8 ± 3.4 (6 - 13.7)	-	18.6 ± 8.8 (4.8 - 28.6)	-
Coumaric acid	9.7 ± 9.8 (<0.9 - 67.8)	2.1 ± 2.3 (0.1 - 6.8)	10.9 ± 5.5 (7.4 - 19.1)	-	8.1 ± 5.4 (4.5 - 16.1)	-
Catechin	85.9 ± 29.9 (6.6 - 199.7)	20.2 ± 8.5 (9.4 - 38.4)	6.9 ± 2.5 (3.8 – 10.0)	0.7 ± 0.1 (0.5 - 0.9)	-	-
Resveratrol	5.1 ± 3.0 (<0.7 - 13.3)	3.3 ± 1.1 (0.2 - 5.7)	-	0.3 ± 0.1 (0.2 - 0.5)	24.5 ± 25.4 (4.5 - 57.7)	4.2 ± 2.1 (2.8 - 5.7)
Quercetin	2.8 ± 2.5 (n.d - 13.7)	17.5 ± 11.48 (1.9 - 49.8)	4.1 ± 0.5 (3.4 - 4.5)	-	55.7 ± 18.0 (35.9 - 79.1)	5.6 ± 4.1 (3.0 - 12.0)
Malv.3gluc.	92.7 ± 79.4 (1.5 - 371.2)	-	68.5 ± 39.6 (19.6 – 116.0)	-	-	-

Results expressed as X ± σ (Min. – Max. value if available). n.d.=not detected

Table 5. Colorimetric red wines parameters from Canary and Cape Verde islands.

	Canary (n=250)	Fogo Chã (n=40)	Manecom (n=10)
Color Intensity $A_{420} + A_{520} + A_{620}$ (U.A.)	9.00 ± 3.60 (1.41 - 24.15)	10.73 ± 4.00 (2.10 - 18.00)	17.67 ± 0.80 (17.10 - 18.23)
Hue Color (A_{420}/A_{520})	0.75 ± 0.16 (0.51 - 1.28)	0.69 ± 0.15 (0.41 - 0.99)	0.73 ± 0.11 (0.48 - 0.105)
Lightness, L* (C.U.)	19.90 ± 10.12 (1.42- 68.02	6.87 ± 2.58 (3.87 - 10.14)	1.07 ± 1.10 (0.29 - 1.85)
Chroma, C* (C.U.)	53.71 ± 11.12 (9.91 - 70.60)	36.15 ± 6.68 (27.14 43.39)	7.41 ± 7.69 (1.98 - 12.85)
Hue angle, h* (C.U.)	28.91 ± 6.51 (13.72 - 44.03)	18.56 ± 3.95 (14.24 - 23.62)	14.45 ± 0.15 (14.35 - 14.56)
Redness-greenness axis a* (C.U.)	41.61 ± 12.83 (5.40 - 60.43)	34.09 ± 5.58 (26.31 - 39.75)	7.18 ± 7.45 (1.92 - 12.45)
yellowness-blueness axis, b* (C.U.)	29.81± 11.83 (2.52 - 56.01)	11.82 ± 4.42 (6.68 - 17.39)	1.84 ± 1.90 (0.50 - 3.18)
Saturation, S (C.U.)	3.52 ± 1.22 (0.61 - 7.33)	5.61 ± 1.16 (4.28 - 7.01)	6.91 ± 0.07 (6.86 - 6.96)
Copigmentation (parts per unit)	0.18 ± 0.11 (0.05 - 0.41)	0.11±0.09 (0.02-0.35)	0.09 ± 0.08 (0.02 - 0.25)
Polymeric Pigments (parts per unit)	0.41 ± 0.15 (0.06 - 0.80).	0.40 ± 0.14 (0.10 - 0.60)	0.49 ± 0.12 (0.19 - 0.72)

Results expressed as X ± σ (Min. – Max. value if available)

4. Conclusions

Macaronesian red wines present peculiar characteristics and wide diversity. Their detailed study is still a current research issue with a promising future as these winemaking regions are mostly known because of fortified and white wines. Their atypical terroir combined with traditions and exclusive grape cultivars makes them a prospective red winemaking region. Red wines from Macaronesia can be grouped according to archipelago of origin but are also highly heterogeneous due to microclimates. Significant differences have been obtained in terms of oenological properties, acids, minerals, volatiles, phenolics and color influencing their organoleptic peculiarities. These wines are highly affected by the unusual circumstances of their regions making them unique. For instance their volcanic soil might increase the iron concentration, whereas oceanic winds modify their sodium content. Moreover the warm and dry climates from these islands determine higher water needs from grapevines, which carry out a greater potassium absorption and thus a greater wine content increasing pH. Furthermore solar radiation involves a higher flavonols and stilbenes biosynthesis in grapes. In summary, Macaronesian red wines need further research but most probably their valorization as atypical food products from an exclusive environment would be enhanced during the coming years.

5. References

Baptista JA, da P Tavares, Joaquim F, Carvalho RC. Comparison of polyphenols and aroma in red wines from Portuguese mainland versus Azores Islands. Food Res Int , 34(4):345-355, 2001.

Câmara JS, Alves MA, Marques JC. Multivariate analysis for the classification and differentiation of Madeira wines according to main grape varieties. Talanta 68(5):1512-1521, 2006.

Conde J, Estevez D, Rodriguez-Bencomo J, García Montelongo F, Perez-Trujillo J. Characterization of bottled wines from the Tenerife Island (Spain) by their metal ion concentration. Ital J Food Sci 14(4), 2002.

Culleré L, Escudero A, Pérez-Trujillo JP, Cacho J, Ferreira V. 2-Methyl-3-(methyldithio) furan: A new odorant identified in different monovarietal red wines from the Canary Islands and aromatic profile of these wines. J Food Comp Anal;21(8):708-715, 2008.

Díaz C, Conde JE, Claverie C, Díaz E, Trujillo JPP. Conventional enological parameters of bottled wines from the Canary Islands (Spain). J Food Comp Anal ;16(1):49-56, 2003.

Díaz Díaz E, García Pérez A, Bhethencourt Piñero F, González Díaz A, Darias Martín J. Pitch pine wine in La Palma Island [Spain]. Viticultura Enología Profesional, 2000.

González JC, Delgado MR, Bencomo JR, Valido HC, Trujillo JP. Determinación de volátiles mayoritarios en vinos tintos de las islas canarias In: Delgado-Díaz, S. (editor) Aportaciones al conocimiento del vino canario. La Laguna, Editorial Instituto de Estudios Canarios, 2010.

Heras-Roger J, Diaz Romero C, Darias-Martin J. What gives a wine its strong red color? Main correlations affecting copigmentation. J Agric Food Chem 64(34):6567-6574, 2016.

Heras-Roger J, Díaz-Romero C, Darias-Martín J. A comprehensive study of red wine properties according to variety. Food Chem 196:1224-1231, 2016.

Heras-Roger, J., Díaz-Romero, C., Darias-Martín, J., & Rios-Mesa, D. (2018). Characterization of Red Wines from Macaronesia. In Grapes and Wines-Advances in Production, Processing, Analysis and Valorization. InTech, 2018

OIV, Compendium of International Methods of Analysis of Wines and Musts, 2015.

Paixao- N, Pereira V, Marques JC, Câmara JS. Quantification of polyphenols with potential antioxidant properties in wines using reverse phase HPLC. J Sep Sci; 31(12):2189-2198, 2008.

Pereira, Dilson da Cruz Fernandes. Analysis of Phenolic, Sulfur and Volatiles Aroma Compounds in Wines of Fogo Island Cape Verde. Phd These, FCUP, 2017.

Perestrelo R, Fernandes A, Albuquerque F, Marques J, Câmara J. Analytical characterization of the aroma of Tinta Negra Mole red wine: Identification of the main odorants compounds. Anal Chim Acta 563(1):154-164, 2006.

Perestrelo R, Silva C, Câmara JS. A useful approach for the differentiation of wines according to geographical origin based on global volatile patterns. J Sep Sci 37(15):1974-1981, 2014.

Rocha S, Legin A, Pereira V, Marques JC. Evaluation of the feasibility of the electronic tongue as a rapid analytical tool for wine age prediction and quantification of the organic acids and phenolic compounds. The case-study of Madeira wine. Anal Chim Acta 662(1):82-89, 2010.

Rodrıguez-Delgado M, González G, Pérez-Trujillo J, Garcıa-Montelongo F. Trans-resveratrol in wines from the Canary Islands (Spain). Analysis by high performance liquid chromatography. Food Chem 76(3):371-375, 2002.

Trujillo JPP, Conde JE, Pont MLP, Câmara J, Marques JC. Content in metallic ions of wines from the Madeira and Azores archipelagos. Food Chem 124(2):533-537, 2011.

Aprovechamiento de residuos en la Viticultura de montaña. Obtención de aceites de semilla de uva, mediante extracción en frío

Waste management in mountain viticulture. Grapeseed oil obtention by cool extraction

M.C. Martínez*[1], P. Gago, J.L. Santiago, S. Boso

[1]Misión Biológica de Galicia (CSIC), Carballeira 8, 36080 Pontevedra, Spain.
*Phone: +34 986 854800; Fax +34 986 841362; *e-mail: carmenmartinez@mbg.csic.es*

Abstract

Tanto el cultivo del viñedo como el proceso de elaboración del vino, producen gran cantidad de residuos, destacando entre todos ellos el bagazo, pasta formada por la mezcla de hollejos y semillas. Uno de los aprovechamientos que se propone para los residuos de semillas presentes en el bagazo, es la obtención de aceites para consumo humano.

En el presente trabajo se obtuvieron aceites, mediante prensado en frio, a partir de semillas que a su vez fueron extraídas de bagazo industrial de dos elaboraciones monovarietales de vino blanco (Albarin Blanco y Moscatel de Grano Menudo) y una de vino tinto (Mencía), de cultivo tradicional en la zona de viticultura heroica de Cangas (Asturias) las dos primeras y de Riberia Sacra (Galicia) la segunda, ambas en España. También se obtuvo un aceite a partir de semillas de Albarín Blanco y Moscatel de Grano Menudo Blanco mezcladas. Posteriormente, se realizó una caracterización de cuada uno de los aceites, analizando diferentes índices de calidad (acidez libre, índice de peróxidos, humedad y materias volátiles, etc), así como determinadas características físicas y químicas (perfil de ácidos grasos, contenidos en fitoesteroles y fenoles totales, contenido de vitamina E, tocoferoles, tocotrienoles), etc. También se realizó una cata organoléptica del aceite procedente de semillas de Albarin Blanco y Moscatel de Grano Menudo Blanco mezcladas y de Mencía. Los resultados mostraron que todos los aceites se encontraban dentro de los umbrales de calidad establecidos por el Codex Alimentarius y que eran muy similares entre ellos, para la mayoría de los parámetros. En el perfil de ácidos grasos destacaba en todos ellos el elevado contenido de ácido Linoleico, seguido de Oleico, Palmítico y Esteárico. Se observó también la presencia de ácidos grasos de cadena larga como los ácidos Linolénico, Eicosenoico y Araquíco, aunque en bajo porcentaje. En la composición de fitoesteroles resultó mayoritario el β-sitosterol y β-sitosterol aparente en todos los aceites. En el contenido de tocoferoles y tocotrienoles destacaba el γ y α-tocotrienol, por presentar los valores más elevados. A nivel organoléptico, los dos aceites analizados mostraron diferencias claras.

Los resultados obtenidos muestran que las semillas residuales de la elaboración de vino blanco y tinto de estas variedades de cultivo tradicional en áreas de montaña, constituyen una materia prima de primer nivel para la obtención de aceites de consumo humano de calidad. Todos ellos, han mostrado una composición similar en cuanto a los parámetros analizados. Los dos aceites analizados han mostrado diferencias a nivel organoléptico. Será necesario realizar estudios más amplios sobre presencia y concentración en cada uno de estos aceites, de otros compuestos de interés (aromas, polifenoles, etc..).

Palabras clave: vinificación blanco, vinificación tinto, *Vitis vinifera*, residuos semillas, aceite, extracción frío, composición química, organoléptico.

Introducción

España es el primer país del mundo en superficie de viñedo y por lo tanto el país con mayor producción de residuos vitivinícolas (18 millones de toneladas) a lo largo de todo el año (www.mapama.gob.es). Solamente en vendimia, durante el proceso de vinificación, se producen entre 2 y 3 millones de toneladas anuales (raspones, bagazo, etc…). Por otro lado, es importante destacar que no todas las variedades de vid son iguales, siendo la primera gran diferencia la existencia de variedades de uva blanca y variedades de uva tinta, que a su vez van a dar lugar a vinos blancos y tintos. El proceso de elaboración de cada uno de estos dos tipos de vino es distinto y también los residuos resultantes. En el caso de los vinos blancos, inmediatamente después de la entrada de los racimos en la bodega se despalillan, se estruja la uva, se

PATROCINIOS

Generating Innovation between Practice and Research

prensa y se separa el bagazo del mosto, que va a fermentar solo. El bagazo (hollejos y semillas) residual obtenido en este caso, conserva prácticamente intactos los compuestos naturales de la uva. En el caso de los vinos tintos, una vez entran los racimos en bodega, se despalillan, se estruja la uva y se introduce en las cubas tanto el mosto como la pasta del bagazo, permaneciendo ambos en contacto durante el proceso de fermentación. En este caso, además de transferirse al mosto los pigmentos presentes en la piel de las uvas que son los que van a dar color al vino tinto, se transfieren también otros compuestos presentes o bien en la piel o bien en las semillas de las uvas. Esto significa que los residuos resultantes de la elaboración de vinos tintos, son mucho más pobres que los procedentes de los vinos blancos.

Por otro lado, entre las variedades, ya sean blancas o tintas, hay grandes diferencias, no solo en la forma, tamaño, etc de hojas, racimos, bayas y semillas, sino también en la composición química de la uva, sabores, aromas, etc. A esto hay que sumar que una misma variedad, cultivada bajo distintas condiciones edáficas, microclimáticas y de manejo, da lugar a frutos, residuos y vinos muy diferentes, siendo las zonas vitícolas de montaña y en fuerte pendiente, muy sensibles a esta cuestión.

El bagazo (hollejos+semillas) resultante de las vinificaciones, se utilizaba tradicionalmente para la elaboración de aguardientes. Actualmente, se buscan otros usos para la obtención de productos de alto valor añadido en el campo de la alimentación, la cosmética, la farmacología, etc. Una alternativa de aprovechamiento del bagazo, es la extracción de las semillas y posterior obtención de aceite a partir de ellas, bien mediante procesos mecánicos de prensado en frio (Maier et al., 2009; Navas, 2010; Lachman et al., 2015) o por extracción química con disolventes no polares, prensado en caliente (Molero-Gomez et al., 1996; Beveridge et al., 2005; Bail et al., 2008; Hanganu et al., 2012; Bada et al., 2015: Duba and Fiori, 2016). Los métodos de extracción físicos de prensado en frío, presentan la ventaja de no utilizar solventes químicos altamente tóxicos y que destruyen, junto con las altas temperaturas, determinados compuestos beneficiosos para la salud (vitaminas, fitoesteroles, compuestos fenólicos,…) (Matthäus, 2008).

Estudios realizados por diversos autores, apuntan que el aceite de semillas de vid destaca desde el punto de vista nutricional y terapéutico, por su alto contenido en vitaminas E y C, ácidos Omega-3 y Omega-6, ácido Fólico, Flavanoles, Resveratrol, ácido linoleico, etc y por sus bajos niveles de colesterol (Beveridge et al., 2005; Nakamura et al., 2003; Pardo et al., 2009). La mayoría de los estudios sobre aceites de semillas de vid, se han realizado a partir de variedades de uva tinta, habiendo muy pocos sobre variedades de uva blanca (Martinez et al; 1986; Baydar and Akkurt, 2001). Gran parte de éstos estudios además, han sido llevados a cabo a partir de variedades de uva de mesa (consumo directo de la uva en fresco) o de uva de pasificación (Tangolar et al.; 2009; Hanganu et al., 2012), pero no de vino. Por otro lado, según los datos de que disponemos, son muy pocos o ninguno, los estudios sobre aceites de semillas de vid extraídas a partir del bagazo residual procedente de vinificaciones industriales. La mayoría de los estudios revisados, han sido realizados a partir de semillas extraídas de uvas frescas, específicamente para la realización del análisis, pero no como resultado de ningún proceso de vinificación previo.

El objetivo de este trabajo es conocer la composición y calidad nutricional de los aceites obtenidos por extracción en frío, a partir de residuos de semillas procedentes de la vinificación industrial de vinos blancos y tintos de variedades de vid de alta calidad, asociados a zonas vitícolas de montaña.

Material y métodos

Variedades estudiadas, proceso de extracción de semillas y proceso de extracción de aceites

El estudio se llevó a cabo con uva procedente de un viñedo de la zona de vitícola de montaña de Asturias (Bodega Vítheras S.A, Cangas del Narcea) y en otro de una zona vitícola en fuerte pendiente de Galicia (Bodega Abadia da Cova, Ribeira Sacra), situadas ambas en España. En la primera de ellas se estudiaron los aceites obtenidos a partir de los residuos de vinificación de dos variedades blancas por separado: Albarín Blanco y Moscatel de Grano Menudo Blanco y de una vinificación en la que estaban mezcladas ambas variedades (Albarín Blanco+Moscatel de Grano Menudo Blanco). En la segunda, los obtenidos a partir de una variedad tinta, la Mencía. Las tres variedades pertenecen a la especie *Vitis vinifera* L.

Cada variedad fue vendimiada por separado, en su momento óptimo de maduración. La uva fue transportada a la bodega, donde fue sometida a un despalillado previo, eliminando los raspones, y posterior estrujado.

En el caso de la elaboración de los vinos blancos (Albarín Blanco y Moscatel Blanco de Grano Menudo), una vez estrujada la uva, se introdujo en una prensa industrial, y se separó el mosto por un lado, introduciéndolo en los depósitos para fermentación, y por otro el bagazo (pasta formada por hollejos y semillas).

En el caso de la elaboración en tinto (Mencía), una vez estrujada la uva, mosto y bagazo mezclados se introdujeron en la cuba, permaneciendo así durante el proceso de fermentación. Posteriormente se sometió a un prensado industrial, que separó la parte sólida por un lado (bagazo) y la parte líquida (en este caso vino) por el otro.

El bagazo industrial resultante de cada una de las dos vinificaciones en blanco (Albarín Blanco; Moscatel de grano Menudo Blanco; mezcla de Albarín Blanco y Moscatel de grano Menudo Blanco) y de la vinificación en tinto (Mencía), por separado, se trasladó al laboratorio de la Misión Biológica de Galicia, donde se sometió a un tamizado para separar las semillas de los hollejos. Las semillas obtenidas de cada tipo de bagazo por separado, se secaron en estufa con aire forzado a 30ºC, durante 24 horas. A continuación, se almacenaron en un lugar ventilado y seco, hasta iniciar la extracción del aceite, mediante prensado en frío (prensa modelo GIMAS).

Determinaciones analíticas.

Índices de calidad: Índice de Acidez: Norma ISO 660:2009; Humedad y materias volátiles por gravimetría: Método ISO 662:1998. Impurezas insolubles por gravimetría: Método ISO 663: 2007; Índice de Peróxidos: Métodos estándar de la "Comisión de la Comunidad Económica Europea. Regulación 2568/91. Anexo III (Commison of the European Communitis, 1991).

Perfil de ácidos grasos: La composición en ácidos grasos fue determinada mediante cromatografía gaseosa de los ésteres metílicos de los ácidos grasos, obtenidos por transmetilación del aceite con potasa metanólica en frio. El protocolo seguido para la formación de los ésteres metílicos en frio fue el del Método ISO 12966: 2015.

Composición en Esteroles: La composición en esteroles se determinó a partir de la fracción de grasa insaponificable de 5,0 g de aceite, según el procedimiento descrito en el Anexo IV de la Regulation RCEE 2568/91 modificado por UE nº 1348/2013 (Commison of the European Communitis, 1991).

Tocoferoles y Tocotrienoles: El análisis de la composición de tocoferoles y tocotrienoles se realizó por cromatografía líquida (HPLC), según el método IUPAC 2.432.

Índice de Estabilidad Oxidativa (Estabilidad Rancimat): Metodología propuesta por Velasco et al., (2002).

Catas organolépticas

El aceite obtenido a partir de semillas residuales de la vinificación en blanco de las variedades Albarín Blanco y Moscatel de Grano Menudo Blanco mezcladas, y el obtenido a partir semillas residuales de la vinificación en tinto de la variedad Mencía, fue sometido a una cata por parte de un panel de catadores expertos.

Resultados y discusión

Todos los aceites se encontraban dentro de los umbrales de calidad establecidos por el Codex Alimentarius, siendo muy similares entre ellos, para estos parámetros. En cuanto a la composición de Ácidos grasos (Tabla 1), no se observaron diferencias significativas entre los aceites estudiados, ni en el

tipo de ácidos grasos presentes en cada uno de ellos, ni en su concentración. En todos ellos, el ácido Linoleico fue el que apareció en mayor proporción, seguido del Oleico y en mucha menor proporción del Palmítico, el Esteárico y otros. En los Esteroles (Tabla 2), tampoco se observaron grandes diferencias entre los distintos aceites, presentando todos ellos un elevado contenido en β-Sitosterol y β-Sitosterol aparente, seguido de Estigmasterol, Campesterol y otros en menor medida. Destaca el Brasicasterol en el aceite de la variedad Albarín Blanco, por presentar una concentración tres veces superior al umbral máximo establecido en el Códex Alimentarius (ND-0.2) para los aceites de semilla de vid. Este compuesto es beneficioso debido, a que bloquea la absorción del colesterol a nivel intestinal. Por lo que se refiere a la vitamina E (Tocoferoles y Tocotrienoles) (Tabla 3), todos los aceites objeto de estudio presentaron concentraciones que superaron también el umbral máximo del Códex Alimentarius para este parámetro (240-410mg/kg) y a los valores que aparece en la bibliografía revisada (Crews et al., 2006; Beveridge et al., 2005). La elevada concentración de estos compuestos, puede ser una característica propia de estas variedades autóctonas o debido a las condiciones edafoclimáticas de estas zonas. En cualquier caso, esto es muy interesante por las excelentes propiedades antioxidantes que tienen estos compuestos, sobre todo el α-Tocotrienol y γ-Tocotrienol (Crews et al., 2006).Se observó también que α-Tocoferol y γ-Tocoferol, presentaron una concentración mucho más elevada en el aceite procedente de las semillas residuales de la elaboración en tinto de la variedad Mencía, que en los aceites procedentes de las semillas residuales de la elaboración en blanco, tanto de Albarín Blanco, como de Moscatel de grano Menudo Blanco. Todas estas cuestiones deberán ser estudiadas con mayor detalle en futuros trabajos.

En cuanto a la estabilidad Rancimat (Tabla 3) fue más elevada para el aceite de semillas residuales de Albarín Blanco, seguido del de Moscatel de grano Menudo blanco.

Tabla 1: Composición de los ácidos grasos (%) de los aceites obtenidos a partir de semillas procedentes de residuos de la vinificación industrial de las variedades Albarín Blanco, Moscatel de Grano Menudo, Albarín Blanco+Moscatel de Grano Menudo y Mencía

PARÁMETROS	ALBARÍN BLANCO	MOSCATEL GRANO MENUDO	ALBARÍN BLANCO + MOSCATEL GRANO	MENCÍA
Mirístico C14:0	0,04	0,04	0,05	0,04
Palmítico C16:0	6,05	7,12	6,51	6,17
Palmitoleico C16:1	0,17	0,26	0,23	0,14
Margárico C17:0	0,06	0,05	0,06	0,07
Margaroleico C17:1	0,04	0,05	0,03	0,03
Esteárico C18:0	4,61	3,92	4,95	5,53
Oleico C18:1	15,99	16,32	17,53	17,29
Linoleico C18:2	72,26	71,52	69,67	69,53
Linolénico C18:3	0,46	0,42	0,44	0,39
Aráquico C20:0	0,16	0,14	0,18	0,22
Eicosenoico C20:1	0,13	0,13	0,15	0,18
Behénico C22:0	0,02	0,02	0,03	0,03
Lignocérico C24:0	0,01	0,01	0,01	0,01

Tabla 2: Composición de los Esteroles (%) de los aceites obtenidos a partir de semillas procedentes de residuos de la vinificación industrial de las variedades Albarín Blanco, Moscatel de Grano Menudo, Albarín Blanco+Moscatel de Grano Menudo y Mencía

PARÁMETROS	ALBARÍN BLANCO	MOSCATEL GRANO MENUDO	ALBARÍN BLANCO + MOSCATEL GRANO	MENCÍA
Colesterol (%)	0,1	0,1	0,1	0,1
Brasicasterol (%)	0,7	0,2	0,1	0,1
24-Metilencolesterol (%)	3	0,6	0,1	0,1
Campesterol (%)	10	10,1	10,2	9,05
Campestanol (%)	1,1	0,4	0,6	0,3
Estigmasterol (%)	13	12,1	12,7	12,05
Δ-7-campesterol (%)	<0,1	<0,1	0,4	0,2
Δ-5.23-Estigmastadienol (%)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Clerosterol (%)	0,8	0,6	0,7	0,75
ß-Sitosterol (%)	63,2	67,5	69,9	69,6
Sistostanol (%)	2	1,7	2,8	3,1
Δ-5-Avenasterol (%)	2,4	2,3	1,13	1,15
Δ-5.24—Estigmastadienol (%)	0,8	0,5	-	0,55
Δ-7-Estigmastenol (%)	1,7	2,6	-	2,1
Δ-7-Avenasterol (%)	1,1	1,2	1,3	0,85
B-Sitosterol aparente (%)	69,3	72,6	74,5	75,15
Eritrodiol (%)	2,4	2,4	<0,1	3,45
Esteroles Totales (mg.kg-1)	**3050**	**3241**	**2086**	**3368**

Tabla 3: Composición de Tocoferoles (vitamina E), Tocotrienoles (ppm) y Estabilidad Oxidativa (Rancimat Tº 100ºC.horas) de los aceites obtenidos a partir de semillas de las variedades Albarín Blanco, Moscatel de Grano Menudo, Albarín Blanco+Moscatel de Grano Menudo y Mencía

PARÁMETROS (PPM)	ALBARÍN BLANCO	MOSCATEL GRANO MENUDO	ALBARÍN BLANCO + MOSCATEL GRANO	MENCÍA
α-Tocoferol	33	49	39	64,5
α- tocotrienol	154	142	119	151,5
β- Tocoferol	10	9	<2	<2
γ- Tocoferol	27	27	28	50,5
γ- tocotrienol	335	270	368	299,5
δ-Tocoferol	8	7	3	4
δ- Tocotrienol	15	14	10	9
Tocoferoles y Tocotrienoles totals	582	518	568	579
Estabilidad Rancimat Tº 100ºC	9,2	7	5,9	5,95

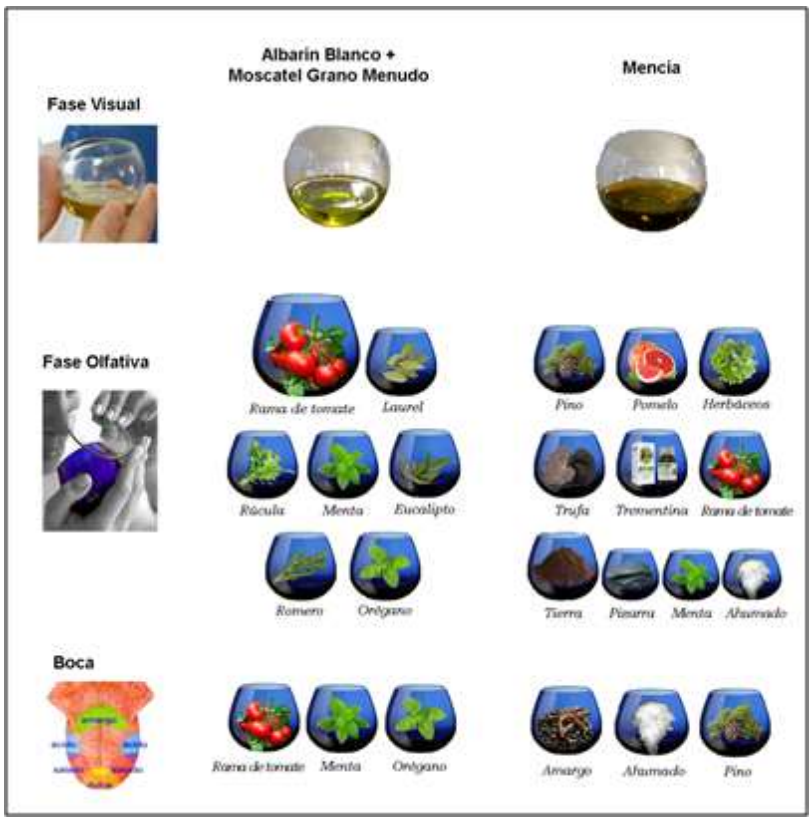


Figura 6. Resultados de la cata organoléptica de un aceite de semillas residuales procedentes de una vinificación en blanco (Albarín Blanco + Moscatel de Grano Menudo Blanco) y de una vinificación en tinto (Mencía)

A nivel organoléptico, se compararon los aceites obtenidos de residuos de semillas de vinificación en blanco de la mezcla de Albarín Blanco y Moscatel de Grano Menudo Blanco con los de semillas procedentes de vinificación en tinto de Mencía, presentando ambos características bastante distintas (Figura 1). El primero resultó mucho más denso y de una gran intensidad aromática, con una amplia variedad de aromas distintos, destacando entre todos ellos el de rama de tomate, además de eucalipto, romero, menta y orégano, siendo muy persistente en boca muy persistente. En el de Mencía sin embargo, predominaron aromas a trufa, tierra, pizarra y ahumado.

Referencias

Bada, León-Camacho, Copovi & Alonso (2015). Characterization of grape seed oil from wines with protected denomination of origin (PDO) from Spain. *Grasas Aceites*, *66*, 3.

Bail, Stuebiger, Krist, Unterweger & Buchbauer (2008). Characterisation of various grape seed oils by volatile compounds, triacylglycerol composition, total phenols and antioxidant capacity. *Food Chemistry, 108*, 1122–1132.

Baydar, N. G., & Akkurt, M. (2001). Oil content and oil quality properties of some grape seeds. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 25*, 163–168.

Beveridge, Girard, Kopp & Drover (2005). Yield and composition of grape seed oils extracted by supercritical carbon dioxide and petroleum ether, varietal effects. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *53*, 1799-1804.

Commission of the European Communities (CEE) (1991). Regulation CEE/2568/1991. Official Journal of European Communities, Nº L. *248/9.*

Codex Alimentarius Commission (1999). Codex standard for named vegetable oils. Codex Stan *210-1999.*

Duba & Fiori (2016). Supercritical CO2 extraction of grape seed oil: Effect of process parameters on the extraction kinetics. *Journal of Supercritical Fluids, 98,* 33–43.

Hanganu, Todaşcă, Chira, Magunu & Roşca (2012). The compositional characterisation of Romanian grape seed oils using spectroscopic methods. *Food Chemistry 134,* 2453-2458.

ISO (1998). ISO662:1998. Animal and vegetable fats and oils - Determination of moisture and volatile matter content.

ISO (2007). ISO 663:2007. Animal and vegetable fats and oils - Determination of insoluble impurities content.

ISO (2009). ISO 660:2009. Animal and vegetable fats and oils - Determination of acid value and acidity.

ISO (2015). ISO 12966:2015. Animal and vegetable fats and oils - Gas chromatography of fatty acid methyl esters -- Part 4: Determination by capillary gas chromatography.

Lachman, Hejtmánková, Taborsky, Kotikova, Pivec, Střalková, Vollmannova, Bojňanská & Dědina, Martin. (2015). Evaluation of oil content and fatty acid composition in the seed of grapevine varieties. Food Sci Technol. 2015; 63:620–625.

Maier, Schieber, Kammerer & Carle (2009). Residues of grape (*Vitis vinifera* L.) seed oil production as a valuable source of phenolic antioxidants. *Food Chemistry, 112,* 551–559.

Martínez, Montiel, Pando & Rodríguez (1986). Estudio de subproductos agrícolas. II Composición de ácidos grasos de semilla de uva palomino. *Grasas y Aceites 37*(5), 233-236.

Matthäus (2008). Virgin grape seed oil: Is it really a nutritional highlight? *EuropeanJournal of Lipid Science and Technology, 110,* 645–650.

Molero-Gómez, Pereyra López & Martínez de la Ossa (1996). Recovery of grape seed oil by liquid and supercritical carbon dioxide extraction: a comparison with conventional solvent extraction. Chemical Engineering Journal, *61* (3), 227–231.

Nakamura, Tsuji & Tonogai (2003). Analysis of proanthocyanidins in grape seed extracts, health foods and grape seed oils. Journal of Health Science, *49*, 45–54.

Navas (2010). Physicochemical characterization of grape (*Vitis vinifera*), seed oil by solvent cold extracted. *Revista de la Facultad de Agronomía Luz, 27,* 270-288.

Pardo, Fernández, Rubio, Alvarruiz & Alonso (2009). Characterization of grape seed oil from different grape varieties (*Vitis vinifera*). *European Journal of Lipid Science and Technology, 111*, 188–193.

Tangolar, Ozogul, Tangolar & Torun (2009). Evaluation of fatty acid profiles and mineral content of grape seed oil of some grape genotypes. *International Journal of Sciences and Nutrition, 60,* 32–39.

Velasco & Dobarganes (2002), Oxidative stability of virgin olive oil. *European Journal of Lipid Science and Technology, 104,* 661–676.

Study on stable isotopes $^{18}O/^{16}O$ in Abruzzo wines

A. Cichelli[(1)], N. d'Alessandro[(2)], M. Di Martino ([(3)]

[(1)] *Department of Medical, Oral and Biotechnological Science, University "G. d'Annunzio" of Chieti-Pescara, Via dei Vestini, 31, 66100 Chieti Scalo, Italy. E-mail: address: cichelli@unich.it*
[(2)] *Department of Engineering and Geology, University "G. d'Annunzio" of Chieti and Pescara, Via dei Vestini, 31, I-6600 Chieti Scalo, Italy*
[(3)] *Sciences PhD, G. d'Annunzio Adv. School, Via dei Vestini, 31, I-6600 Chieti Scalo, Italy*

Abstract

The isotopic techniques on enology field have contributed to evaluate the effect regarding the addition of water and /or exogenous sugar in wine, and to verify the geographical origin of products.
We sampled 97 wines made from 7 different varieties (4 white: *Trebbiano d'Abruzzo*, *Pecorino*, *Passerina*, *Malvasia* and 3 red: *Montepulciano d'Abruzzo*, *Cabernet S.*, *Merlot*) harvests in 2009, 2010 and 2011 in coastal areas, hilly and mountain of Abruzzo region (Italy, Center).
The data were compared with the database of the Italian Wine for contribute to the defense and promotion of the production wine.
Through the isotope-ratio mass spectrometry techniques (IRMS) and employing the "OIV-MA AS2-12" official method we acquired the $\delta^{18}O$ ‰ isotopic data that were then compared with the standard SMOW isotopic values. The annual mean values for each type of wine are different in relation to various pedoclimatic conditions (temperature and precipitations).
Our results showed that in Abruzzo region, the entire isotopic study would need more data, depending, above all, from the scarcity al samples coming from the mountain areas of the 4 provinces.
The isotopic technique is able to verify the geographical origin of wines and their typing also by help with other analytical techniques like ICP MS of trace elements, that is one way to ensure quality and to ensure consistency of the statement on the label of a *wine.*

Keywords*: IRMS, Wine, Geographical Origin, Added Water, Fraud*

Introduction

Isotopic techniques have been developed in the early 80s in France and have had great application in all fields of scientific research (Martin et al. 1988 Jamin et al., 2004 Martin et al. 1986).
In enology they were introduced to evaluate the addition of water and *I* or sugar in the wines (Versini et al., 2000, Camin and Versini, 2001).
The isotopic data ($\delta^{18}O$ ‰ vs SMOW [1]; Vienna Standard Mean Ocean Water), obtained through the IRMS, is commonly used to detect fraud regarding the addition of exogenous water. Official controls in Italy are delegated to the Ministry of Agriculture and Forestry than through the Central Inspectorate for Quality Control and Fraud Repression (ICQRF), carried out inspections and sampling to verify the fraudulent addition of exogenous water in wine and musts. All this by comparing with databases updated annually. From the last report on the verification of 2011, it appeared that frauds are still common, resulting in economic harm to the growers and consumers.
In the present study we considered 97 samples of wines of different varieties, specific vintages and produced in the most representative areas of Abruzzo. In order to characterize the regional production and investigate the fraudulent addition of water they were analyzed by IRMS techniques then the data were properly compared with those present in the database of the Unione Italiana Vini [2].
The aim was to contribute to the defense and promotion of the wine production that represents a significant portion of the regional economy.

[1]SMOW (standard mean ocean water) was originally a sample of purified ocean water, from the large more or less homogeneous pool of the sea, which contains 98% of the free water on the earth's surface. Standard ratio $^{18}0/^{16}0$ = 0,0039948. Mean value% $^{18}0$= 99,7587 - $^{16}0$= 0,2039.

PATROCINIOS

Generating Innovation between Practice and Research

[2]The official database is set up at the JRC (Joint Research Centre) and is only accessible to official laboratories who practice this type of analysis and, upon request, to other official bodies of the Stages EU, while respecting the principle of protection of private data.

- Montepulciano e Trebbiano d'Abruzzo DOC
- Montepulciano d'Abruzzo DOC "Terre dei Vestini"
- Montepulciano d'Abruzzo DOC "Casauria o Terre di Casauria"
- Controguerra
- Montepulciano d'Abruzzo DOC "Colline Teramane" DOCG

Figure7: Viticultural of Abruzzo Region (Source: Consorzio Montepulciano d'Abruzzo 2011)

The footprint that the environment gives to the quantitative and qualitative characteristics of a grape is also the basis of the concept of origin (PDO and PGI EC Reg. 60712009). The wine market has acquired a global dimension and therefore wine quality, diversification, originality, uniqueness, are factors that contribute to enhance the product. Ensuring the absence of adulteration and counterfeiting, it certainly helps to have acknowledgments in the markets, thanks to the trust that is transmitted to consumers by publicizing the seriousness of the producers (Tsolakis C. et al., 2011).

MATERIALS AND METHODS

In enology, the isotopic ratio of 180/160 was also used also for cataloging the geographical origin of wines. This value is in fact influenced by the water absorbed through the roots of the plant, which usually is affected by meteoric precipitation. The value of δ180 varies according to seasonal weather conditions and therefore requires a continuous updating of the database (Martin et al., 1988). The analytical methodology (Regulation 2676/90 and 822/97) became official after the publication of the results of a collaborative study (Förste et al 1996). Currently the method follows the official protocol "OIV-MA AS2-12 180/160 Method for determination of water in wines and must".
The proportions of stable isotopes in the various compounds, are usually present on Earth, however, the small deviations from the average are the key elements to differentiate one from the other sample. The isotopic ratios are usually expressed in values of δ; they express the deviations, in parts per thousand, from a reference material:

$$\delta X = \frac{R\,\text{sample} - R\,\text{standard}\; x\; 1000}{R\,\text{standard}}$$

R = heavy isotope ratio mass I mass light isotope (i.e. $^{18}0/^{16}0$)

- $\delta X > O$ indicates an enrichment of the heavy isotope in the sample compared to the standard
- $\delta X < O$ indicates a depletion of the isotope or a heavy isotope enrichment lighter than the standard

The external water added inside the wine is detectable by the measurement of the ratio $^{18}O/^{16}O$: the average ^{18}O content present in common water is lower that the analogue value found in wines. Various typology of events can affect the isotopic distribution in the raw materials. Recently it has been observed that, in determining the ratio $^{18}0/^{16}0$ wine also the water used for irrigation, can contribute to vary such data (Gomez-Alonso S. et al 2010). The measurements were clone through the IRMS that is a specialization of mass spectrometry, in which mass spectrometric methods are used to measure the relative abundance of isotopes in a given sample. The results should be compared with appropriate reference databases, for variety and vintage on samples obtained from a reliable source (Versini et al. 1996). In this paper we analyzed the relationship between stable isotopes of oxygen in wines produced in Abruzzo region (ITALY-Center) and coming from varieties: Trebbiano d'Abruzzo, Pecorino, Passerina, Malvasia (for white grapes), Montepulciano d'Abruzzo, Cabemet Sauvignon, Merlot (for red grapes), all obtained in 2009; 201O and 2011 in Abruzzo region. In particular test samples were sampled in areas of greater production identified as: hills of Chieti, Vestina area, hills of Tollo-Miglianico, hills/mountains of Pescara, Frentania area, Vasto coast. We analyzed 97 samples of wine produced in the years 2009, 2010 and 2011, from the provinces of Chieti and Pescara. They represent the most widespread varieties in Abruzzo region. Each sample, already bottled or collected from the tanks, have been drawn up of record cards with the climatic characteristics of the production area (where exactly identifiable) and the oenological techniques used (maceration period, clarification, filtration, type of yeast) which have been voted helpful in the interpretation of results. These data were gathered in the wineries from different manufacturers adhered to the characteristics of the wine league. Each sample was analyzed according to the aforementioned method.
Isotopic analyses were carried out on a Isotope Ratio Mass Spectrometer Micromass Optima VG ISOTEC coupled to a Carlo Erba elemental analyzer (NA CN 1500) equipped with a sampler ISOPREP 18.

Results and discussion

Taking into account the scope of work, and for a correct interpretation of the obtained, they have been classification by area of collection and year, then statistically analyzed with univariate technique for the determination of the means, standard deviations, minimum and maximum and analysis of the data distribution. It is known that the δ18O values are closely related to the environmental conditions like temperature, meteoric precipitation, evapotranspiration, factors that are themselves dependent on the local climate. In general, the climate in Abruzzo is sub-continental type in the coastal area with hot summers and cold winters.

In Figure 1 it can be seen that the mean values of the years, for the specific types of wine, are significantly different in function of the different climatic events (Fig. l e 2)

Figure 1. Average values of δ18O by type of wine and year

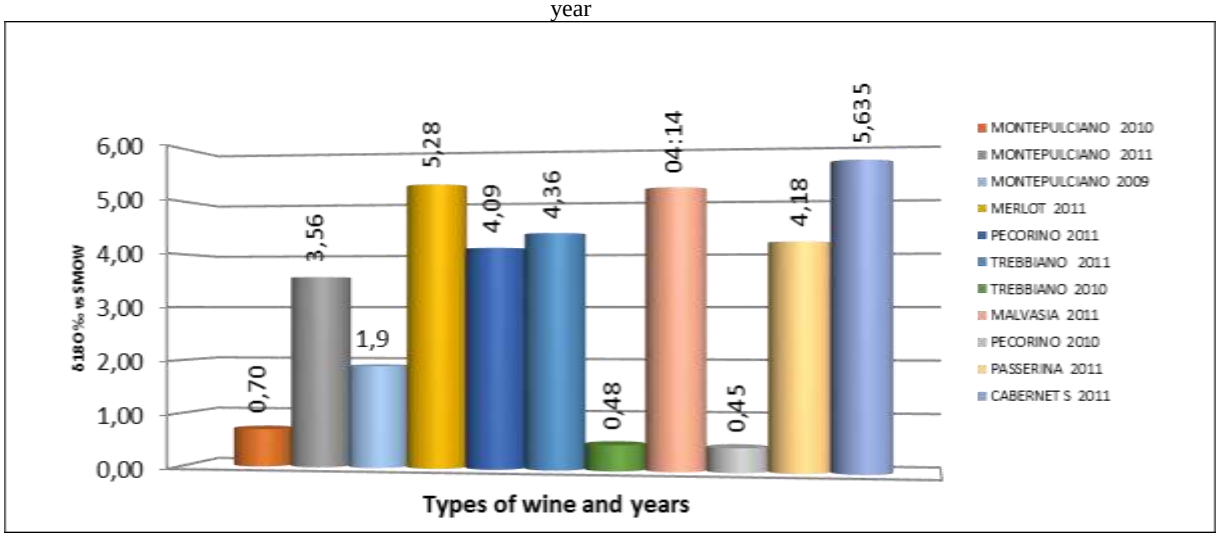
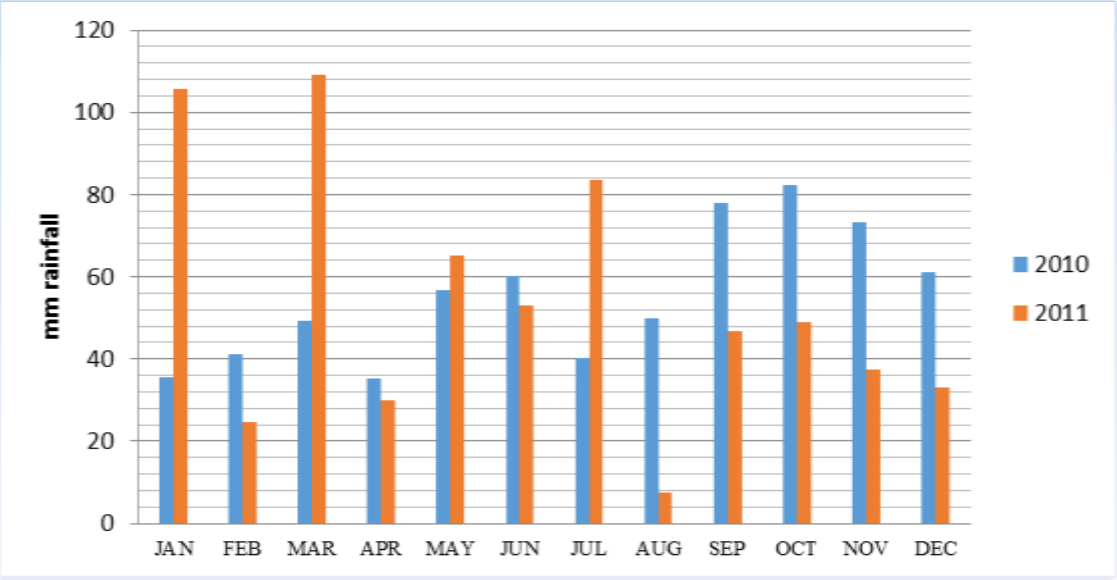


Figure 2. Average rainfall recorded in the years 2010 and 2011, in the sampled areas (Processing UNICH)



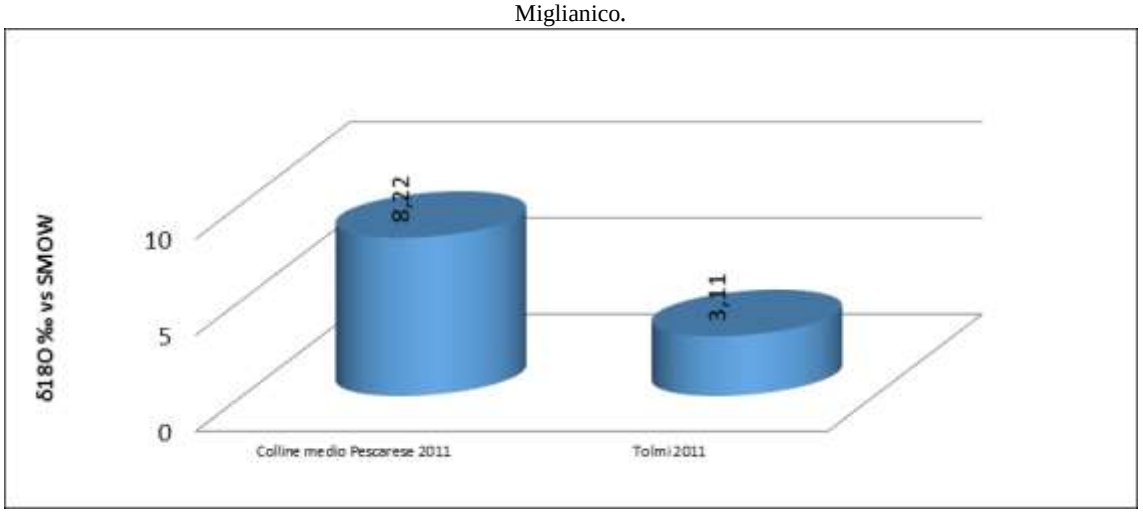
In Table 1are shown the mean δ18O ‰ vs SNOW with their standard deviations for the analyzed wines and divided by year

Table 1. Isotopic ratios determined in the 2009 - 2010-2011 wines

Type of Grape	**Year**	**$\delta^{18}O$ ‰ vs SMOW**	
		Av	**St. Dev.**
TREBBIANO	2010	0,48	0
TREBBIANO	2011	4,36	1,58
MONTEPULCIANO	2009	1,9	0,029
MONTEPULCIANO	2010	0,7	0,87
MONTEPULCIANO	2011	3,56	0,77
MALVASIA	2011	4,14	0,19
CABERNET S	2011	5,63	1,82
MELROT	2011	5,28	2,91
PECORINO	2010	0,45	0
PECORINO	2011	4,09	0,034

Below are the data obtained from the analysis divided by variety and sampling area.

Figure 3. Averages data far Cabernet S., hills/mountains of Pescara and , hills of Tollo-Miglianico.



The average value isotopic δ18O ‰ for Cabernet S ranges between 8.22 in the hills/mountains of Pescara (Fig. 3) and 3.11 for the area *of Tollo-Miglianic (Tolmi)*. For samples of Passerina (Fig.4) there is no comparison, because the samples were taken only in an area. Malvasia (Fig. 5) shows average values between 5.45 and 5.04 in the hills of Chieti and in hills/mountains of Pescara. The Merlot (Fig. 6) has an average value isotopie δ18O ‰ 4.52 in the hills of Chieti and a value of 9.39 in the hills/mountais of Pescara and 2.68 in the Tollo-Miglianico area (Tolmi)

The wine Pecorino (Fig. 7) shows a average value of 4.44 ‰ δ18O in the hills/mountais of Pescara (2011 vintage) and drops to 2.65 in the Vasto coast (same year), while in 2010 samples of the area Tollo-Miglianico there was a value of 0.45 which is within the values vintage.

Trebbiano (Figure 8) has the highest average values in 2011 hills/mountains of Pescara 5.73, while it is lowest in the area Tollo-Miglianico (2011) with 0.94, while in 2010 we obtained a value of 0.48. It was in line with the Pecorino wine, considering the driest year compared to 2011. In Montepulciano (Fig. 9), the highest values were found in the area Pescara (2011) while the lowest is in the area Chieti with average of 0.06.

Figure 4. Average values of Passerina in hills/mountains of Pescara.

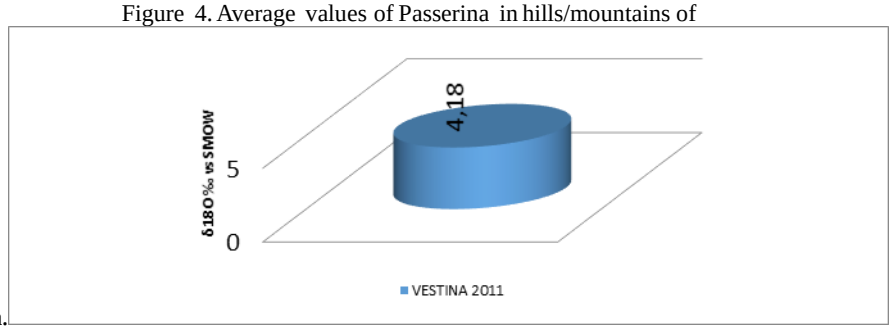


Figure 5. Average value Malvasia: hills of Chieti and hills/mountains of Pescara.

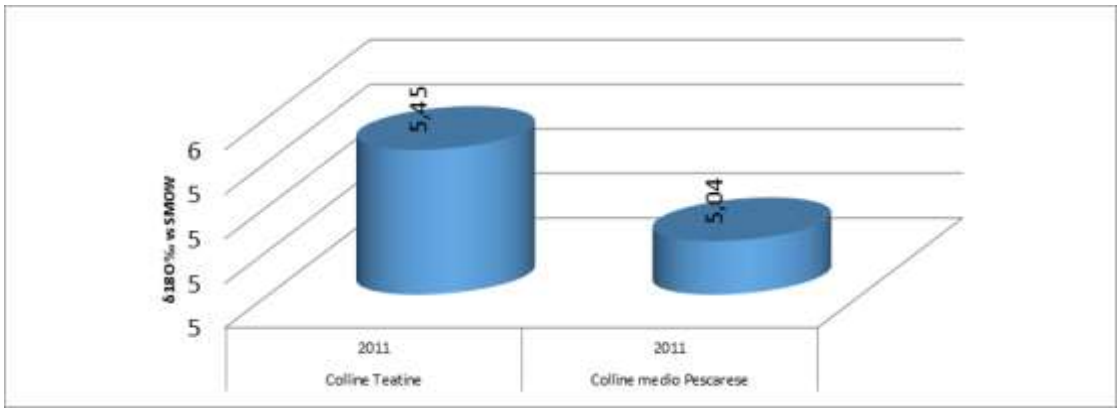


Figure 6. Average value far Merlot hills of Chieti, hills/mountains Pescara, hills Tollo-Miglianico

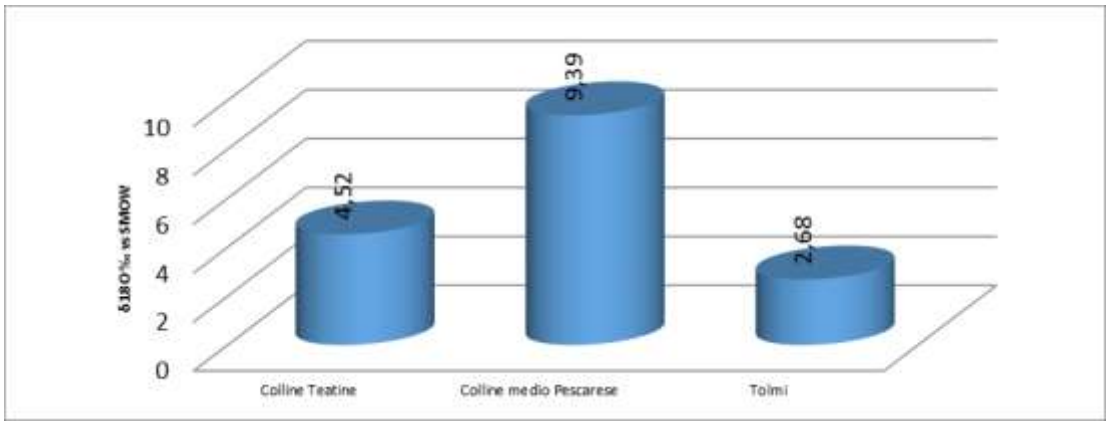


Figure 7. Average value far Pecorino far different area and years

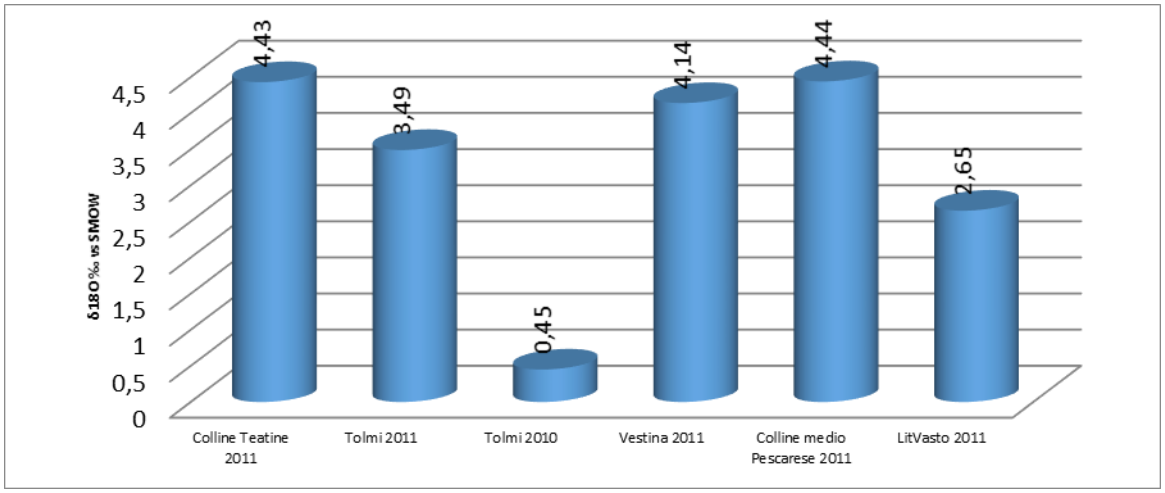


Figure 8. Average value far Trebbiano for different area and years

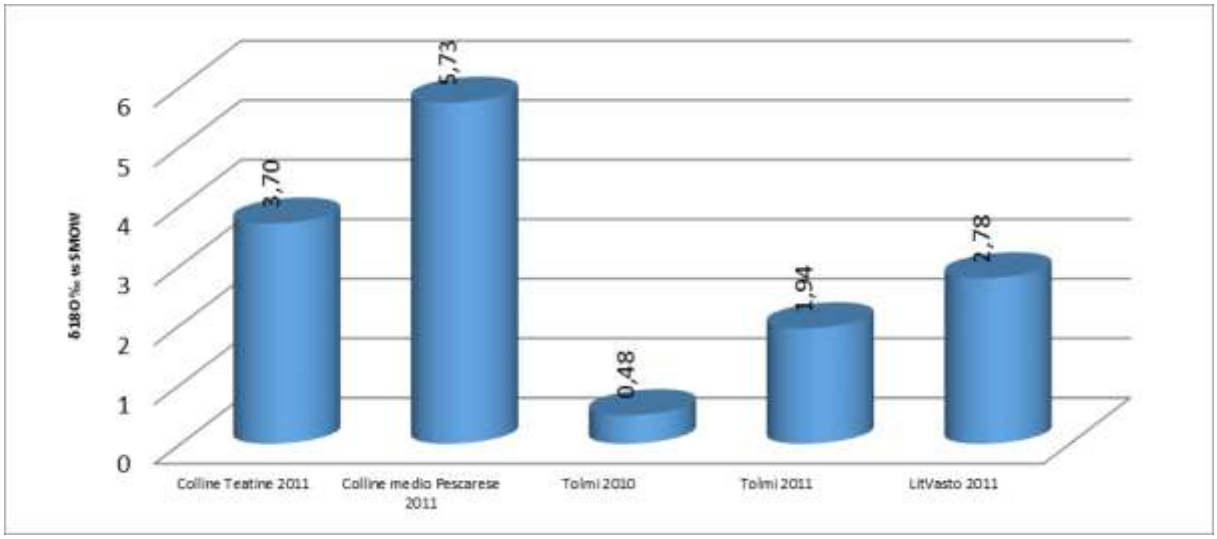
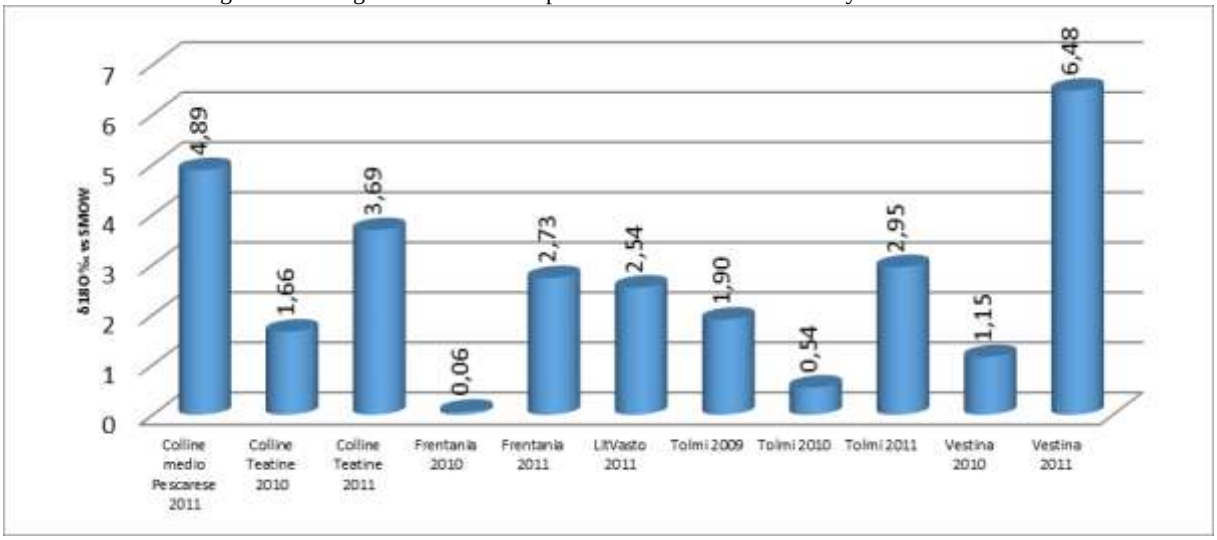


Figure 9. Average value for Montepulciano for different area and years



The obtained values, for all the typologies analyzed, are included in the range of databases, although for certain samples were recorded large discrepancies and situations almost to the limit.

Conclusions

Our work demonstrate that the analysis of stable isotope ratio is a useful tool for combating adulteration and for the definition of the geographical origin of the wines. The latter circumstances, depending on use of other complementary analytical techniques (analysis of trace metals, instrumental analysis of aromas, sensors and organoleptic tests), leaves open the possibility of concrete defense of local products and enhance them. The validity of this innovative method is nevertheless strongly influenced by a sampling plan in relation to agro-meteorological and soil and climatic conditions of the territory. The results showed that in Abruzzo region, the entire isotopic study would need more data, depending, above all, from the scarcity al samples coming from the mountain areas of the 4 provinces.

References

- Camin F., Versini G., 2001. Analisi innovative per marcare i prodotti lattiero-caseari di montagna. Atti del Convegno "Alpeggi e produzioni lattiero-casearie", Fiera di Primiero (TN), 22 febbraio 2001, 55-66.
- Cichelli A.; Procida G.; Di Martino M.; Pattara C. 2011. Analisi dei composti volatili di vini conservati in legno e con materiali legnosi, XXV Congresso Nazionale di Scienze Merceologiche. Trieste-Udine. 26-28 settembre. FORUM Edizioni. pp.18-22.
- Di Martino, M., Ciavardelli, D, Di Giacomo, F., Civitarese, C., Cichelli, A. (2013). ICP-MS analysis for the characterization of the origins of Wines. Agro FOOD Industry Hi Tech, 24, 1.
- Forstel H., Martin G.J. Olschiu1ke D. and Wittkovski H•. 1996. Détermination du rapport isotopique $^{18}0/^{16}0$ de l'eau des vins . Office lnternational de la Vigne et du Vin N° 1035 2366/190396.
- Jamin, E., Martin, F., & Martin, G. G. (2004). Determination of the 13C/12C ratio of ethanol derived from fruit juices and maple syrup by isotope ratio mass spectrometry: collaborative study. Journal of AOAC International, 87(3), 621-631.
- Martin, G. J., Guillou, C., Martin, M. L., Cabanis, M. T., Tep, Y., & Aerny, J. (1988). Natural factors of isotope fractionation and the characterization of wines. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 36(2), 316-322.
- Martin, G. J., Guillou, C., Naulet, N., Brun, S., Tep, Y., Cabanis, J. C., & Sudraud, P. (1986). Control of origin and enrichment of Wine by specific isotope analysis. Study of different methods of wine enrichment (chaptalization; deuterium, natural abundance]. Sciences des Aliments (France).

- Martin, G. J., Zhang, B. L., Naulet, N., & Martin, M. L. (1986). Deuterium transfer in the bioconversion of glucose to ethanol studied by specific labeling at the natural abundance level. Journal of the American Chemical Society, 108(17), 5116-5122.
- Gomez –Alonso S., Garcia-Romero E. (2010). Effect of irrigation and variety on oxygen (δ ^{18}0) and carbon (δ 13C) stable isotope cornposition of grapes cultivated in a warm climate. Australian Journal of Grape and Wine Research, 16(2), 283 289.
- Versini, G., Camin, F., Carlin, S., Depentori, D., Gasperi, F., Ziller, L. (2000). Accertamenti innovativi per la caratterizzazione e tutela delle produzioni tipiche di montagna. L'analisi chimica isotopica e dell'aroma. Atti del Convegno "Formaggi d'alpeggio: il pascolo, l ' animale, la razza, il prodotto". Cavalese (TN), 15 settembre 2000, 145w158.
- Versini G., Monetti A., 1996. Come è possibile controllare analiticamente l'origine geografica di un vino. L'Enotecnico, settembre, 77 87.
- Tsolakis C., Bonello F., Dell'Oro V., Ciambotti A,, Cravero M.C. 2011. Verifica dell'origine geografica di alcuni vini italiani mediante l'analisi dei rapporti isotopici stabili. Proceedings of 34th World Congress of Vine and Wine – OIV 2011 Porto.
- Regolamento CE 607/2009 della Commissione del 14 luglio 2009 recante modalità di applicazione del regolamento CE n. 479/2008 dcl Consiglio per quanto riguarda le denominazioni di origine protette e le indicazioni geografiche protette, le menzioni tradizionali, l'etichettatura e la presentazione di determinati prodotti vitivinicoli
- Reg. CE 2676/90 della Commissione del 17 sette1nbre 1990 che determina i metodì d'analisi comunitari da utilizzare nel settore del vino Gazzetta ufficiale dell'Unione europea L 272 dcl 3/1011990.
- Regolamento (CE) n. 822/97 della Commissione del 6 maggio 1997 recante modifica del regolamento (CEE) n. 2676/90 che determina i metodi di analisi comunitari da utilizzare nel settore dcl vino, Gazzetta Ufficiale n. L 117 del 0710511997

SEXTO CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE VITICULTURA DE MONTAÑA Y EN FUERTE PENDIENTE

SIXTH INTERNATIONAL CONGRESS ON MOUNTAIN AND STEEP SLOPE VITICULTURE

SESIÓN IV

SESSION IV

El valor de la biodivesidad en el vino obtenido de viticulturas heroicas

The biodiversity value of wine in the heroic viticulture

PATROCINIOS

Generating Innovation between Practice and Research

Caracterización físico-química de los vinos producidos en la isla de Tenerife por localización geográfica en base a las últimas diez cosechas

Physicochemical characterization of Tenerife wines by geographical location based on analytical tests from the last ten harvests

J.Heras-Roger, M.D.Muro-Noda, E. Bravo-González, M. Jorge-Trujillo, M. Hontoria-Fernández
Cabildo de Tenerife. CP 38001, Plaza España s/n, Spain.

Key words: Tenerife wine, physicochemical characterization.

1. Introducción

La elaboración de vinos en la isla de Tenerife se caracteriza por su tradición y elevado arraigo popular, pues es posible encontrar gran cantidad de viñedos y bodegas repartidos a lo largo de la geografía insular. Aunque tradicionalmente la elaboración de vinos en la Isla se reparte en cinco regiones de cultivo la característica principal que encontramos en las producciones de Tenerife es su gran pluralidad y diversidad, gracias en gran medida a las diferentes variedades de uvas cultivadas así como a la presencia de heterogeneidades en base al clima, la temperatura, la humedad, la influencia de los vientos alisios y los diferentes tipos de suelos volcánicos que hacen de Tenerife un marco único para la vitivinicultura.

Los vinos de Tenerife atesoran una historia enraizada en cepas centenarias, pues desde la llegada de las primeras vides con los conquistadores la producción de vino ha disfrutado de sucesivos periodos de esplendor gracias al comercio internacional y a la importante tradición local. Además la isla de Tenerife no se ha visto jamás afectada por la filoxera, motivo por el cual es posible conservar prácticamente intacto un patrimonio varietal extraordinario. La variedad más conocida en la Isla en el pasado fue la Malvasía, principal responsable de la fama mundial durante siglos de los vinos de Tenerife (Macías, 2015). Hoy en día es posible encontrar varias decenas de variedades diferentes en los viñedos de la Isla. Resulta además sorprendente la cantidad de métodos de conducción presentes en un territorio con una extensión relativamente pequeña como la isla de Tenerife, pudiéndose pasar en tan sólo unos kilómetros de distancia de cultivos cercanos a la costa a algunos de los más elevados de España situados en el Teide. En la misma línea es posible encontrar tanto vinos procedentes de las zonas más secas y soleadas del sur de la Isla como de las áreas más húmedas y verdes de la vertiente norte, acariciadas por los alisios. De esta manera las técnicas de viticultura se adaptan progresivamente a la situación de los viñedos, que pueden encontrarse tanto rodeados por un mar de nubes como enraizados en singulares volcanes. Esta gran variabilidad y personalidad confiere a los vinos de Tenerife una riqueza y una singularidad únicas.

La composición físico química de los vinos depende de un gran número de factores, encontrándose entre ellos desde las cuestiones más intrínsecas y relacionadas con la naturaleza de la vid tales como la variedad o el clon hasta factores exógenos y dependientes de influencias

PATROCINIOS

Generating Innovation between Practice and Research

externas como la poda, el clima, la orientación o las condiciones de maduración entre muchos otros. En el vino sucede además que las técnicas enológicas empleadas durante la elaboración conllevan cambios importantes en la estructura del producto final según el estilo particular de la bodega y las operaciones diseñadas a tal efecto por los enólogos. Por consiguiente las propiedades físico-químicas analizadas en la presente comunicación se encuentran condicionadas por un gran número de factores de diferente peso específico y por tanto la información detallada a continuación debe interpretarse como tendencias generales en función del lugar de procedencia y añada dentro de la Isla. Por todo ello no resulta recomendable generalizar mediante extrapolaciones simplificadas carentes de las debidas cautelas las observaciones de este manuscrito, ya que los resultados presentados sólo deben entenderse como un análisis de tendencias obtenido a partir de los datos disponibles en el Laboratorio Insular de Vinos de Tenerife.

En cualquier caso en base a las consideraciones anteriormente expuestas es evidente que la gran diversidad de la Isla conlleva indudablemente a la aparición de diferencias en los vinos según la zona pero también permite identificar características comunes. El objetivo de la presente comunicación es establecer una caracterización básica de los vinos de Tenerife así como identificar las similitudes y diferencias entre áreas de elaboración de la isla de Tenerife mediante los datos analíticos de las últimas diez añadas.

2. Materiales y métodos

Con el objetivo de analizar la existencia de diferencias significativas en la composición fisicoquímica de los vinos producidos en la Isla de Tenerife según la zona de elaboración se analizaron estadísticamente los resultados contenidos en la base de datos del Laboratorio Insular de Vinos de Tenerife. En concreto se revisaron las muestras introducidas desde febrero de 2006 hasta febrero de 2018, esto es, más de 150.000 registros correspondientes a numerosas vendimias diferentes. A continuación se acotaron los resultados para centrar el estudio en las últimas diez cosechas en línea con estudios previos (Heras-Roger, 2011).

Una vez exportadas todas las muestras de vino correspondientes a las últimas cosechas se realizó una búsqueda detallada para separar los resultados según el tipo de vino y el municipio de origen de la uva especificado por el usuario en el momento de solicitar el análisis (Figura 1). En este sentido es necesario destacar que tanto el origen geográfico de las elaboraciones como el tipo de vino se han atribuido exclusivamente en base a lo declarado por los elaboradores, no habiéndose diferenciado los datos en base a otros criterios como el nivel del vino, la altura del viñedo, o el sistema de conducción.

El Laboratorio Insular de Vinos es un servicio del Cabildo de Tenerife donde se realizan labores de servicio analítico para todas las elaboraciones producidas en la Isla, esto es, tanto para bodegas profesionales como para neófitos. Por consiguiente es un servicio utilizado voluntariamente por grandes bodegas de la Isla así como por particulares y pequeños viticultores. Por este motivo la naturaleza de los vinos considerados en la presente comunicación es muy variable y es necesario destacar que existen otras entidades en Tenerife que cuentan con servicios de análisis enológico. Por tanto en el presente artículo puede no reflejarse convenientemente la importancia de algunas elaboraciones en relación a su verdadero peso específico. En este sentido es inevitable la presencia de un cierto sesgo en las conclusiones obtenidas, pues se derivan directamente de las características intrínsecas de la muestra poblacional.

Los métodos analíticos revisados en estas muestras son aquellos utilizados en rutina por los elaboradores, esto es, grado alcohólico volumétrico adquirido, masa volúmica o densidad, pH, acidez total, contenido en ácido acético, sulfuroso libre y total, contenido en ácido l-málico, glucosa+fructosa, índice de polifenoles totales (IPT) y parámetros de color. Todos los parámetros se obtuvieron siguiendo los procedimientos analíticos especificados por la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV, 2015). Los resultados se obtuvieron además observando los estándares metrológicos ISO 17025 y sólo las determinaciones correspondientes a IPT y color no se obtuvieron bajo acreditación ENAC.

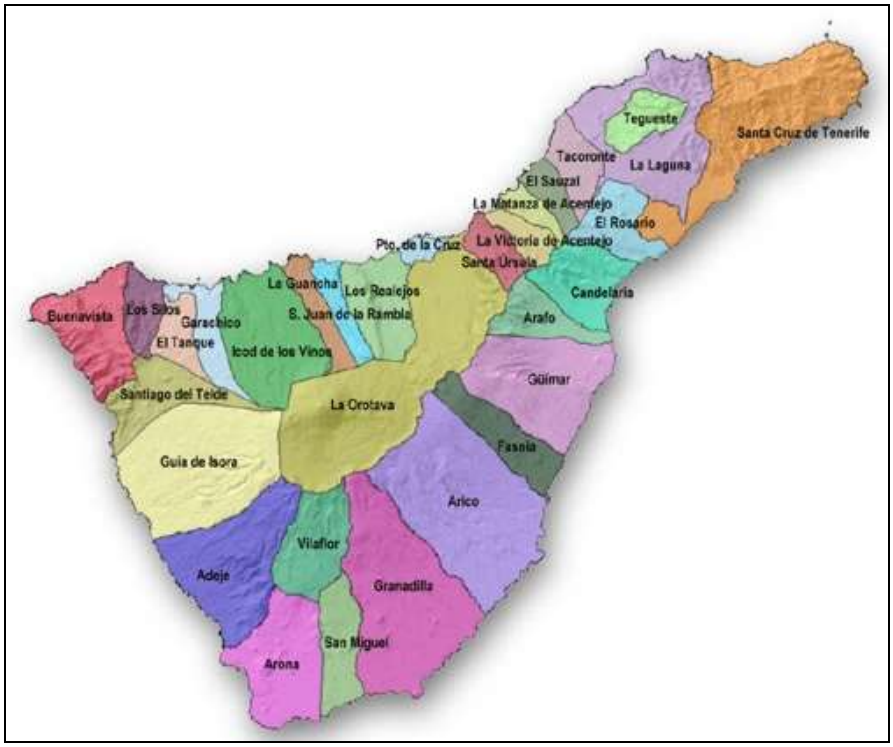


Figura 1. Municipios de procedencia considerados en la presente comunicación

3. Resultados y Discusión

Debido a la gran cantidad de datos analizados y a la multitud de resultados intermedios obtenidos no es posible presentarlos en su totalidad en la limitada extensión de la presente comunicación. En cualquier caso se detallan a continuación una serie de gráficas y tablas que permiten exponer la parte más relevante de los resultados. La Tabla 1 presenta a título de ejemplo algunas características de los vinos procedentes de determinados municipios la Isla de Tenerife según el tipo de vino elaborado en la añada 2011, detallándose tanto los valores medios y la desviación estándar de los resultados como los valores mínimos y máximos obtenidos para dicha categoría.

Tabla 1. Ejemplos de resultados obtenidos para vinos procedentes de ocho municipios de la Isla de Tenerife elaborados en la añada 2011 y expresados como X ± σ (Min-Max)

Municipio	Tipo (nº muestras)	Grado alc. (%vol)	pH	Acidez Total (g/l)	SO_2 libre (mg/l)
Arafo	Blanco (95)	12,01±0,86 (10,28-13,71)	3,54±0,24 (2,96-4,16)	5,70±1,21 3,64-9,54)	26±27 (2-210)
	Rosado (25)	12,44±0,33 (11,95-12,64)	3,82±0,21 (3,44-4,06)	5,81±0,99 (4,74-7,6)	10±6 (6-25)
	Tinto (92)	12,82±1,01 (9,59-14,89)	3,83±0,17 (3,28-4,23)	6,07±1,30 (4,60-13,24)	16±18 (5-139)
Buenavista	Blanco (35)	13,72±0,63 (13,16-14,40)	3,39±0,16 (3,24-3,55)	6,34±0,42 (5,86-6,66)	9±1 (8-10)
	Rosado (45)	12,42±0,94 (10,22-13,97)	3,77±0,19 (3,39-4,17)	5,44±1,06 (3,85-7,83)	9±3 (5-18)
	Tinto (50)	12,82±0,74 (11,65-14,44)	3,77±0,18 (3,39-4,13)	5,90±1,05 (3,83-7,79)	8±3 (3-22)
Fasnia	Blanco (190)	12,29±1,0 (9,43-14,99)	3,56±0,20 (3,05-4,1)	5,40±0,90 (3,39-8,51)	17±15 (3-121)
	Rosado (51)	12,56±0,86 (10,99-14,58)	3,78±0,24 (3,41-4,62)	5,58±1,76 (2,96-10,31)	12±10 (5-45)
	Tinto (124)	13,14±1,72 (9,99-16,24)	3,83±0,19 (3,47-4,22)	5,78±0,99 (4,06-8,92)	15±7 (5-40)
Granadilla	Blanco (72)	13,00±0,69 (11,36-14,63)	3,53±0,30 (2,35-4,02)	6,10±0,92 (4,74-8,39)	14±13 (5-60)
	Rosado (30)	12,66±1,02 (11,31-14,16)	3,85±0,23 (3,52-4,15)	5,08±0,82 (3,83-6,44)	12±13 (2-51)
	Tinto (54)	13,05±0,81 (11,02-14,83)	3,82±0,23 (3,48-4,44)	6,03±1,42 (3,78-10,23)	8±4 (4-19)
Guía	Blanco (115)	12,31±1,15 (9,51-15,67)	3,65±0,23 (3,18-4,15)	5,98±1,17 (3,80-8,94)	17±63 (4-535)
	Rosado (52)	12,30±1,44 (9,38-45,75)	3,78±0,19 (3,39-4,08)	5,86±1,06 (3,79-9,19)	9±5 (5-26)
	Tinto (84)	12,74±1,04 (10,83-15,41)	3,90±0,17 (3,5-4,28)	5,74±0,90 (3,95-8,4)	9±5 (4-36)
La Orotava	Blanco (135)	12,61±0,78 (10,4-14,5)	3,30±0,20 (2,92-3,98)	6,01±0,73 (4,53-7,80)	13±9 (4-64)
	Rosado (31)	12,46±1,19 (10,9-14,35)	3,57±0,22 (2,98-3,86)	5,27±0,96 (4,13-7,52)	12±5 (5-25)
	Tinto (724)	12,92±0,85 (10,31-17,64)	3,63±0,15 (3,02-4,13)	5,94±0,80 (3,58-8,65)	10±12 (4-264)
Tacoronte	Blanco (30)	12,34±1,52 (9,47-14,57)	3,45±0,24 (3,04-3,86)	6,42±1,40 (4,12-8,89)	12±5 (6-30)
	Rosado (15)	11,88±0,75 (11,07-12,79)	3,55±0,10 (3,44-3,69)	6,74±1,12 (4,82-7,81)	14±5 (9-24)
	Tinto (245)	12,58±0,94 (9,68-15,92)	3,69±0,15 (3,21-4,07)	6,31±0,95 (4,28-9,80)	11±7 (4-75)
Vilaflor	Blanco (152)	12,98±1 (9,64-15,23)	3,52±0,22 (2,91-4,04)	5,34±1,10 (2,89-10,21)	12 (2,5-63)
	Rosado (35)	13,29±0,55 (12,4-14,74)	3,73±0,17 (3,43-3,99)	5,12±0,62 (4,29-4,44)	12±17 (3-76)
	Tinto (76)	13,08±1,01 (10,46-14,95)	3,82±0,17 (3,45-4,34)	5,74±1,05 (3,85-9,44)	13±9 (5-62)

PATROCINIOS

Generating Innovation between Practice and Research

La Figura 1 resume el pH medio de los vinos elaborados en la Isla de Tenerife según el municipio de elaboración para el conjunto de todas las añadas analizadas. Con carácter general se observa que los vinos de la vertiente Sur tienden a desarrollar valores de pH medio mayores que los de la vertiente Norte, probablemente debido a la naturaleza del suelo y a las diferentes condiciones climáticas. No obstante la mayor parte de los vinos de la isla se caracterizan por pHs en el entorno de 3,6±0,1. De manera análoga se observa en la Figura 2 que el pH medio puede correlacionarse en parte con la acidez total media de los vinos, de tal forma que a mayor pH, menor acidez total, si bien esta característica sólo puede considerarse como una tendencia al no encontrarse ambas determinaciones intrínsecamente relacionadas.

La Figura 3 muestra los pHs medios según tipo de vino en los municipios de la vertiente Norte, observándose que habitualmente se cumple el principio por el cual el pH sigue la tendencia Tintos > Rosados > Blancos debido a la mayor extracción de potasio que se produce en las maceraciones de los tintos y rosados en relación a los vinos blancos. En base a los mismos datos y analizando el contenido de la Figura 4 se evidencia de nuevo que el pH de los vinos de la zona Sur es mayor que el de los procedentes de la zona Norte, tanto en el caso de los vinos tintos como en el de los blancos. De la misma manera se observan algunas anomalías estadísticas en determinados municipios, como por ejemplo La Victoria o los Silos, donde los vinos blancos tienen mayor pH que los tintos. Esto puede deberse a la baja representatividad de las muestras entregadas al laboratorio procedentes de esas zonas o a una elaboración tradicional atípica con pieles en vinos blancos que conllevaría un mayor pH. Los vinos procedentes de las zonas de mayor altitud tanto en la vertiente Sur (Santiago del Teide y Vilaflor) como en la vertiente Norte (Los Realejos y La Orotava) poseen los menores valores de pH, siendo esto una característica propia de las elaboraciones de la Isla independientemente de la denominación de origen del municipio, pues muchas propiedades se relacionan en mayor medida con la altitud del viñedo que con la demarcación comarcal.

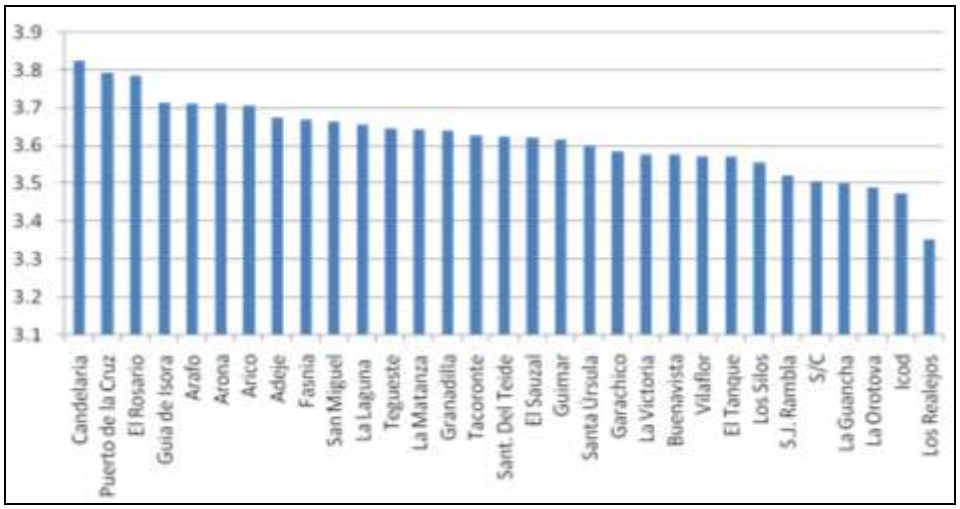


Figura 1. pH medio de los vinos de Tenerife según municipio de procedencia

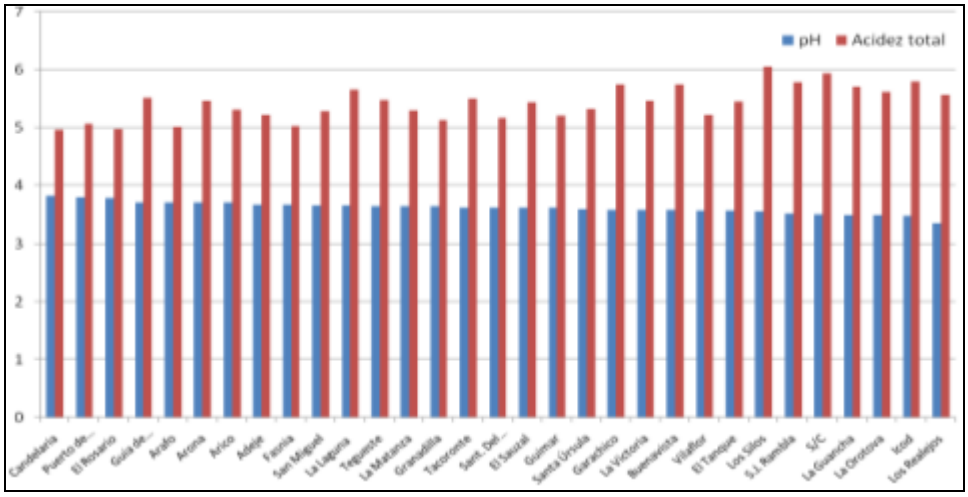


Figura 2. pH y acidez total (g/l de ácido tartárico) medio de los vinos de Tenerife según municipio de procedencia

En general se observa que el pH medio varía según el municipio de procedencia pero sigue un patrón general para toda la Isla de Tenerife según la cosecha. La variación del pH medio de los vinos de un determinado municipio no suele ser mayor de 0,1 unidades de pH, si bien en la añada 2007 la diferencia fue considerable en algunas zonas. Dentro de los propios municipios parece reproducirse a menor escala el patrón por el cual los pHs medios son mayores en la vertiente Sur con respecto a la vertiente Norte, o incluso según la altitud del viñedo dentro del municipio al ser menor en zonas altas. Se observa además una tendencia alcista en los pHs medios con las añadas, si bien hay cosechas con aumentos atípicos de pH. En lo que a otros parámetros respecta también se observa una aumento gradual del grado alcohólico adquirido medio según municipio con la cosecha, si bien la tendencia es menos pronunciada que en el caso del pH al situarse en torno a 0,1 %alcohol según la añada. En el parámetro de la acidez total se observa una relativa disminución con las añadas, pero la tendencia no es homogénea para todos los municipios de procedencia. Por último en el caso del ácido acético se observa una tendencia continua a la baja y una elevada correlación entre su contenido y la protección presente en forma de sulfuroso libre.

Por consiguiente en lo relativo al pH y al grado alcohólico adquirido de los vinos parece evidenciarse que existen diferencias significativas en las elaboraciones derivadas de las condiciones climáticas particulares de cada añada, así como de la procedencia en términos de altitud del viñedo y situación en la vertiente Norte o Sur de la isla de Tenerife.

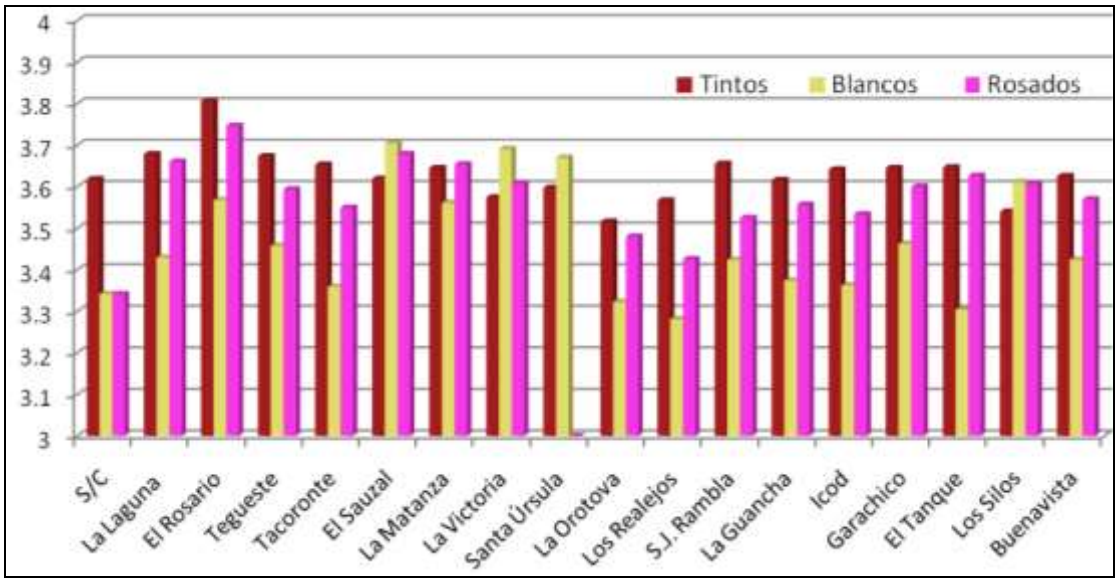


Figura 3. pH medio de los vinos de la zona Norte de Tenerife según municipio y tipo de elaboración

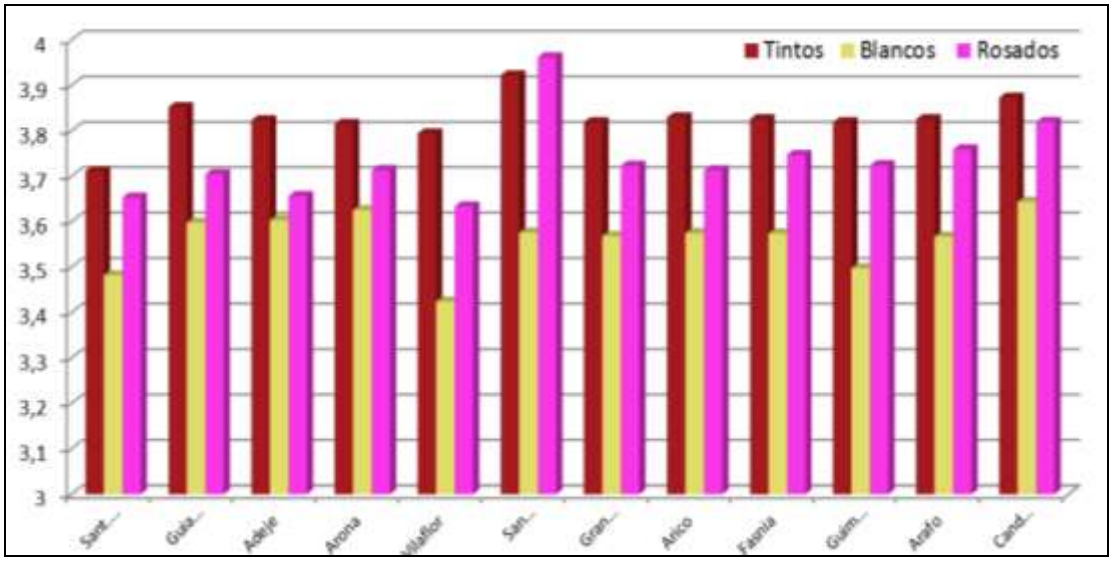


Figura 4. pH medio de los vinos de la zona Sur de Tenerife según municipio y tipo de elaboración

La Figura 5 refleja la cantidad de resultados analizados según municipio de procedencia y tipo de vino. Resulta interesante evidenciar como en la zona Norte siguen predominando los vinos tintos tradicionales, a pesar del continuo aumento de blancos y rosados. Análogamente en la zona Sur de la Isla la relación es la inversa aunque con mayor diversidad de tipos de vinos. En este sentido resulta relevante que la proximidad geográfica no implica necesariamente que las elaboraciones sean similares dentro de la zona, pues existe un evidente contraste entre el municipio de Los Realejos especializado en vino blanco y el municipio de La Orotava con preponderancia de vino tinto. En la misma línea los municipios con vertiente Sur y Norte como Buenavista o Santiago del Teide se caracterizan por una producción de vinos tintos y blancos bastante equilibrada, con una significativa presencia de rosados.

Por otra parte la Figura 6 resume cómo ha ido variando la demanda analítica en el laboratorio en los últimos cinco años y evidencia un aumento de vino tinto en la zona Sur de la Isla, así como el auge de los vinos rosados en general. Las demandas analíticas según municipio siguen tendencias similares según la cosecha, si bien dada la gran cantidad de mesoclimas y diferentes condiciones de maduración en la Isla puede suceder que cosechas generalmente caracterizadas por producciones menores en el global de Tenerife sin embargo resulten muy importantes en determinados municipios.

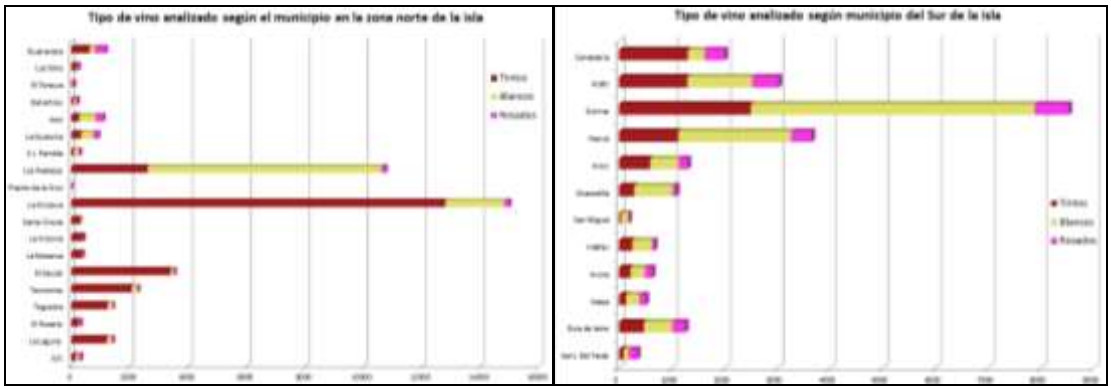


Figura 5. Distribución de las peticiones de análisis según tipo de vino y municipio

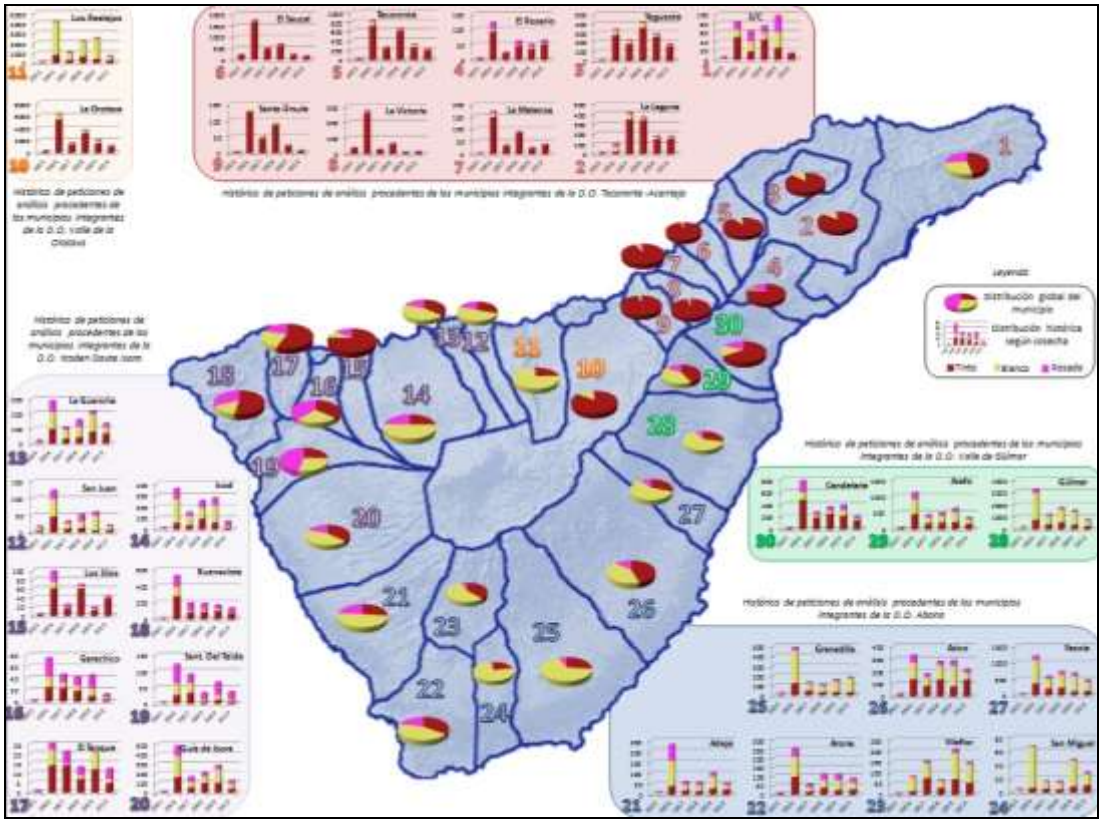


Figura 6. Distribución de las los tipos de vino analizados según municipio en las últimas cinco cosechas

4. Conclusiones

Se observan tendencias comunes en la composición físico-química de las elaboraciones de vino de la Isla de Tenerife. Dichas tendencias se aprecian de manera especialmente relevante al analizar la influencia de las vertientes (Norte/Sur) y la altitud de los viñedos. La influencia de ambos factores deriva en la aparición de diferencias significativas en determinadas propiedades de los vinos según el municipio de origen de la uva, así como según su naturaleza (tinto, blanco o rosado) y añada. Las características singulares de los vinos de Tenerife son el reflejo directo de la enorme diversidad y zonificación de los viñedos, pudiendo considerarse dichas propiedades como una potencial herramienta de calidad diferenciada. Esta gran pluralidad fruto de las condiciones únicas de la Isla es compartida con la mayor parte de zonas vitivinícolas de prestigio internacional.

En este sentido los vinos producidos en la vertiente Norte de Tenerife se caracterizan en general por un pH inferior que los producidos en la vertiente Sur, al igual que sucede con los procedentes de zonas altas frente a los de cotas bajas. Esto no sólo se debe a la tradicional producción de diferentes tipos de vino, en línea con las evidentes diferencias entre tintos, blancos y rosados ($pH_{Tintos} > pH_{Rosados} > pH_{Blancos}$), sino que parece relacionarse además con la influencia de la zona y las condiciones climatológicas que pueden afectar de manera diferente en cada una de las cosechas. Por consiguiente las variaciones en orientación y altitud de los viñedos permiten realizar multitud de elaboraciones de calidad en zonas diversas de la Isla.

La gran diversidad de la Isla conlleva que prácticamente en todos los municipios sea posible apreciar elaboraciones de calidad de vino tinto, blanco y rosado, si bien en general se observa una mayor producción de vinos tintos en la zona Norte. Esto conlleva que el grado alcohólico medio de los vinos producidos en dicha área sea algo mayor que el correspondiente a los procedentes de la vertiente Sur. Las zonas que poseen viñedos en ambas vertientes y además con diferentes altitudes son las que evidencian una mayor variabilidad en sus parámetros, seguramente debido a que su gran heterogeneidad les permite contar con viñedos de muy diversas características dentro del mismo ámbito geográfico.

La cantidad de ácido acético medio en los vinos de la Isla de Tenerife es inferior a 0,5 g/l, destacando su continua disminución conforme pasan las cosechas. Igualmente se comprueba una relación inversamente proporcional entre el contenido de ácido acético y la protección con dióxido de azufre libre presente.

5. Referencias

Heras-Roger, J., Hontoria Fernández, M. Descripción de la producción actual de vino en la isla de Tenerife según municipio y cosecha. XI Congreso Nacional de Investigación Enológica, 2011.

Macias Hernández, Antonio M. La economía vinícola de Tenerife. Los precios del vino en bodega. Anuario de estudios atlánticos, 61, 2015.

OIV, Compendium of International Methods of Analysis of Wines and Musts, 2015.

Precursores tiólicos en variedades resistentes en ambiente alpino.

Thiol precursors in mould resistant varieties grown in alpine environment

T. Roman*(1), G. Nicolini(1), M. Stefanini(1), S. Clementi(1), L. Tonidandel(1), A. Gelmetti(1), M. Bottura(1) y R. Larcher(1)

(1)Fondazione E. Mach, 38010 San Michele all'Adige (TN), Italia.

E-mail: tomas.roman@fmach.it, giorgio.nicolini@fmach.it, marco.stefanini@fmach.it, silvano.clementi@fmach.it, loris.tonidandel@fmach.it, alberto.gelmetti@fmach.it, maurizio.bottura@fmach.it, roberto.larcher@fmach.it.

Resumen

La creciente preocupación del consumidor en temas medioambientales y de salud ha empujado al legislador ad aumentar el control sobre el uso de agrofármacos, en particular en los alrededores de zonas habitadas. El arco alpino se caracteriza por el elevado grado de antropización de las zonas adaptas al cultivo de la vid. Este hecho, junto con la elevada presión por parte de determianos hongos y el peligro fisico relacionado con el laboreo de viñedos en pendientes elevadas, ha animado la búsqueda de soluciones que permitan reducir el uso de pesticidas. La Fundación Edmund Mach estudia -entre otras soluciones- desde hace varios años la adaptación de variedades de uva resistente a las enferdades fungineas en el ambiente trentino. Recientemente, algunas de ellas han sido inscritas en el registro italiano de las variedades de uva y aceptadas en el pliego de condiciones de algunas indicaciones geográficas protegidas del noreste italiano. Las prestaciones agronómicas de estas variedades y las características de base de los vinos obtenidos ya han sido estudiadas en diferentes realidades. No en igual medida la composición en metabolitos secundarios aromáticamente activos o sus precursores. Por esta razón, se ha estudiado la composición en precursores tiolicos de 16 variedades de uva resistentes cultivadas durante el año 2014. La concentración del precursor cistenilado del 3-mercaptohexanol varió entre 1 e 26 µg/Kg mientras que la del glutationilado fue 6 y 339.

Introducción

En tiempos recientes, se ha visto incrementar la atención puesta por los consumidores sobre el impacto que la producción agrícola ejerce en ámbito salutístico y medioambiental. Esta necesidad ha empujado a los diferentes órganos legisladores a aumentar la reglamentación en materia con el objetivo de limitar en la medida de los posible la utilización de agrofármacos -sobre todo en zonas habitadas- y así limitar los riesgos derivados para la salud. En Europa, el sector vitícolo es la principal fuente de utilizo de pesticidas a nivel agrícolo, representando cerca del 60% de los pesticidas utilizados para una superficie total de la producción de apenas el 3% (Eurostat, 2007). Una gran parte de estos, se emplea en la lucha contra las enfermedades fúngicas durante el desarrollo vegetativo de la vid, en particular en el control del mildiu y del oidio. Acutalmente existen numerosas vías de investigación encaminadas a buscar una solución que permita hacer frente a este problema. Una de las alternativas propuestas en ámbito viticolo es la utilización de variedades resistentes a las enfermedades fúngicas; estas nuevas variedades son obtenidas mediante técnicas de *breeding* con especies de vid resitentes a los hongos, que permitan traspasar a la progenie los genes de resistencia. Desde inicios del siglo XX han sido propuestas decenas de variedades híbridas (Rousseau., *et al.*, 2013), con resultatos en términos de resistencia y/o de calidad del vino resultante que no siempre alcanzaban los estándares exigidos. El desarrollo de nuevas técnicas de selección asistida, junto con la significativa reducción de los costes de análisis y de los tiempos de selección, y el secuenciamento del genoma de la vid, han impulsado en las últimas decadas esta rama de la investigación, con resultados prometedores (Di Gaspero y Foria, 2010). Algunas de estas variedades, seleccionadas en institutos de investigación de centro-europa (Alemania y Hungría) y noreste italiano han sido reciéntemente incluidas en el registro italiano de las variedades de vid -paso previo y necesario para su utilización en la producción comercial de vino- y aceptadas en el pliego de condiciones de algunas indicaciones geográficas protegidas del noreste italiano.

PATROCINIOS

Generating Innovation between Practice and Research

El territorio alpino se caracteriza por el elevado grado de antropización de las zonas adaptas al cultivo de la vid, donde muchos viñedos coexisten con la población en las inmediaciones de los centros urbanos. Además, las caracteristicas climáticas de este territorio durante el ciclo vegetativo de la vid crean unas condiciones muy favorables para el desarrollo de deterinados hongos, entre los que cabe señalar la *Plasmopara viticola*. La necesidad de aumentar el valor añadido de la producción, junto con el cambio climático han estimulado a numerosos viticultores a buscar las mejores áreas para la producción de vino de calidad fuera del fondo del valle. Estos viñedos a menudo se encuentran en zonas colinares con pendientes elevadas que conllevan un riesgo fisico para los operadores por la posibilidad de vuelco del tractor durante el laboreo, e implican además mayores costes de producción. Como respuesta a estos problemas, la Fundación Edmund Mach (San Michele all'Adige, Italia), entre otras soluciones, lleva a cabo un trabajo de selección de nuevas variedades de uva resistente, estudiando junto con otras ya desarrolladas en otros institutos de fuera de la region/pais, su adaptación al ambiente provincial. Las prestaciones agronómicas de algunas de las variedades admitidas y las características de base de los vinos obtenidos ya han sido estudiadas en diferentes contextos. No en igual medida la composición en metabolitos secundarios aromáticamente activos o de sus precursores. Por esta razón, se ha querido estudiar la concentración en 16 variedades de uva resistentes cultivadas durante el año 2014 en el Trentino, del glutationil-3-mercaptohexan-1-ol (GSH-3MH) y del cisteinil-3-mercaptohexan-1-ol (Cys-3MH), precursores del 3-mercatohexan-1-ol, molécula perteneciente a la familia de los tioles "varietales" en modo de incrementar el conocimiento a cerca de su potencial aromatico y ofrecer información de interés tecnologico a los productores.

Materiales y métodos

Muestreo

Para el estudio el presente estudio, durante la vendimia 2014 han sido muestreadas 12 variedades de uva blanca (Petra, BC4, Muscaris, Poloskey Muskotaly, Bronner, Kuleany, Helios, Johanniter, Souvignier Gris, Bianca, SV023 y Aromera) y 4 de tinta (Léon Millot, Prior, Regent y Zarya Severa) cultivadas en el banco de germoplasma de la Fundación Edmund Mach (Trentino, Italia). Por cada variedad, 100 bayas fueron separadas con el pedicelo de cinco racimos recogidos de cinco plantas diferentes. Una vez pesada, la muestra fue triturada en presencia de 80 mL de metanol, homogeneizada y congelada a -20°C hasta su analisis.

Analisis químico.

Antes del analisis, a las muestras filtradas (0.22 µm) y diluidas 1:5, fueron añadidos los estándares internos (d3-GSH-3MH y d3-Cys-3MH) a la concentración de 35 µg/L cada uno. Para el análisis de los precursores tiólicos se utilizó un espectrometro de massa Waters Acquity Xevo TQ MS (Waters Corporation, Milford, USA) a las condiciones de análisis basadas en el método propuesto por Larcher y sus colaboradores (2015).

Resultados

El grafico de la figura 1 muestra los resultados compositivos de GSH-3MH y al Cys-3MH de cada una de las variedades. El *range* de concentración del precursor glutationilado varió entre un minimo di 6.3 µg/kg (Petra) y un máximo de 339 µg/kg (Aromera) con un valor medio ± desviación estándard del *dataset* (n=16) de 85.9±89.6 µg/kg, mientras que el precursor cisteinilado se encontró entre 1.6 µg/kg (Muscaris) y 25.8 µg/kg (Zarya Severa) y media de 10.7±8.7 µg/kg. Los datos presentados se encuentran en linea con la variabilidad reportada para variedades de la especie *V. vinifera* en los numerosos estudios publicados hasta el momento (Concejero *et al.*, 2014). Además, algunas variedades como SV023, Zarya Severa Aromera presentan una concentración incluso superior a los valores hallados en uvas de Sauvignon Blanc y Traminer recogidas y analizadas durante la vendimia 2014 en la misma zona de producción (Nicolini *et al.*, 2017), dos variedades conocidas por su contenido en precursores tiólicos.

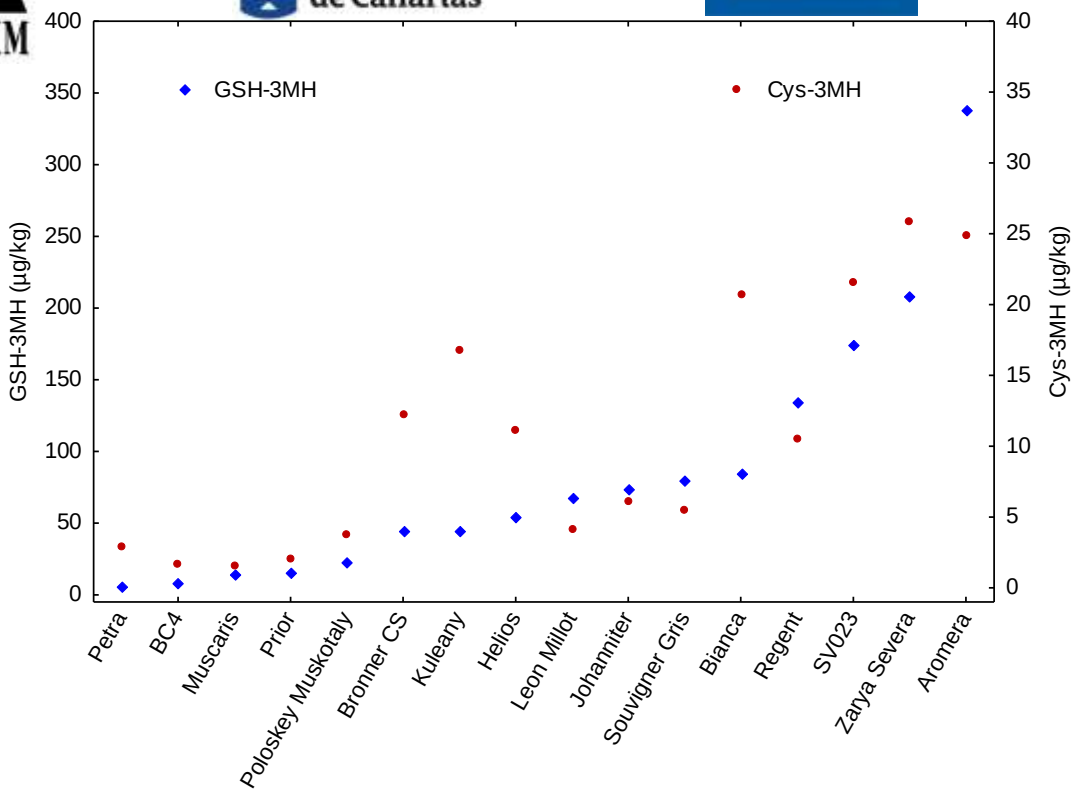


Figura 8. Concentración de Glutationil-3-mercaptohexan-1-ol (GSH-3MH) y cisteinil-3-mercaptohexan-1-ol (Cys-3MH) de las variedades analizadas en µg/kg

Aún no siendo valores comparables, ya sea por el tamaño de la muestra que por el carácter varietal de esta familia de moléculas, a título meramente ilustrativo se observa que el contenido medio de GSH-3MH es superior en las variedades tintas (106.5±83.4 µg/kg) respecto a las blancas (79.0±94 µg/kg), mientras que la concentración del precursor cisteinilado es virtualmente igual (10.6±10.8 µg/kg y 10.8±8.4 µg/kg para las tintas y las blancas respectivamente).

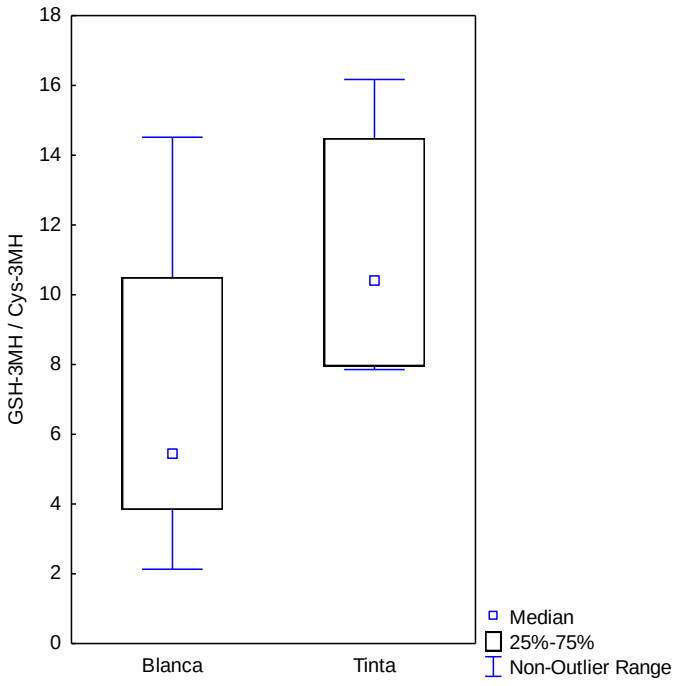


Figura 9. Distribución de la relación (p/p) entre el glutationil-3-mercaptohexan-1-ol (GSH-3MH) y del cisteinil-3-mercaptohexan-1-ol (Cys-3MH) en función de la tipologia de uva.

En conjunto, las muestras presentaron un contenido en peso de GSH-3MH 8.5±4.5 veces superior al de Cys-3MH,), confirmando la tendencia reportada en literatura (Capone *et al.*, 2010; Pinu *et al.*, 2012). Mediamente (Figura 2) las variedades blancas (n=12) presentaban una relación inferior (7.1±4.3) respecto a las tintas (11.2±4.0; n=4;); el valor máximo se encontró en la tinta francesa Léon Millot (16.2) y el mínimo en la blanca aromatica serbia Petra (2.1).

Bibliografia

Capone, D. L., Sefton, M. A., Hayasaka, Y. & Jeffery, D. W. (2010). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58(3), 1390-1395.

Concejero, B., Peña-Gallego, A., Fernandez-Zurbano, P., Hernández–Orte, P., & Ferreira, V. (2014). Analytica chimica acta, 812, 250-257.

Di Gaspero G., Foria S. in "Grapevine breeding programs for the wine industry", Reynolds A. (2015): 23-35, Woodhead Publishing, Elsevier (Cambridge, UK)

Eurostat (2007). The use of plant protection products in the European Union. Ed. Eurostat. ISBN 92-79-03890-7.

Larcher, R., Tonidandel, L., Román Villegas, T., Nardin, T., Fedrizzi, B., Nicolini, G. Food Chemistry 166, 56-61 (2015).

Nicolini G., Tonidandel L., Celotti E., Larcher R., Román T. (2017). Proc. 40th World Congress Vine Wine "Vine & Wine: Science and Economy, Culture and Education", Sofia (BG) 29 May - 2 June 2017. Book of abstracts, ISBN: 979-10-91799-76-8, pp. 360-362.

Pinu, F. R., Jouanneau, S., Nicolau, L., Gardner, R. C. & Villas-Boas, S. G. (2012). American Journal of Enology and Viticulture, DOI: 10.5344/ajev.2012.11126.

Rousseau, J. (2013). Revue des Œnologues n° 149, pp 17-24.

Mass-spectrometric study on composition of stable carbon isotopes in components of vines varieties grown in the climatic terroir of the South-Western Coast of the Black Sea

A. Kolesnov[(1)], **M. Zenina**[(1)], S. Tsimbalaev[(1)],
E. Egorov[(2)], T. Guguchkina[(2)], A. Prakh[(2)], M. Antonenko[(2)]

[(1)] Peoples' Friendship University of Russia (RUDN),
117198, Moscow, 8/2, Miklukho-Maklaya ul., Russia, sekretariat@biolab.ru
[(2)] North Caucasian Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture, 350901, Krasnodar,
ul. 40-letya Pobedy, 39, Russia, kubansad@kubannet.ru

Abstract

The flash combustion technique EA-IRMS/SIRA was first applied to study the composition of carbon isotopes $^{13}C/^{12}C$ in carbohydrates of red and white vines varieties - Chardonnay, Riesling, Pino Noir, Sauvignon Blanc, Cabernet Sauvignon of 2012-2016 seasons grown in the climatic terroir of the South-Western Coast of the Black Sea. The program of the study also included the evaluation of compositions the stable carbon isotopes in ethanol of wines produced from these vines varieties by the microvinification method. The main goal of the conducted study was the determination of the correlation between specific climatic conditions of the vine growing terroir and stable carbon isotopes ratios in components of vines and wines. The climate of the South-Western Coast of the Black Sea is a rare combination of conditions of the seaside foothill and steppe areas. The singularity of this terroir is the strongest wind called *Nord-Ost*, which appears in autumn and winter, and affects the growth of vines. The $\delta^{13}C_{VPDB}$ values for ethanol of the red and white wines for 2012-2016 seasons range from -27.96 to -25.15 ‰ and for vine carbohydrates - from -27.92 to -24.91 ‰. The results of the study demonstrate the influence of local climatic characteristics of the vine growing terroir on the quantitative levels of the composition of stable carbon isotopes. The study was conducted with the support of the RUDN University Program 5-100.

Keywords: carbon isotopes $^{13}C/^{12}C$; carbohydrates; ethanol; IRMS/SIRA mass spectrometry.

1 Introduction

Fundamental knowledge about the nature of biological fractionation of stable isotopes of light elements, in particular carbon and also the information about the influence of agro-climatic factors on it, can give solutions for applied problems, such as improvement of the quality control system and trade turnover of wine products. The new research helps to confirm the compliance of wine products with special quality requirements, declared type and its geographical origin, which is especially important for wines from the regions with *Protected Geographical Indication (PGI)* or *Protected Denomination of Origin (PDO)*.

2 The purpose

The main objective of the scientific research was to study the correlations between specific climatic conditions of the geographical vine growing terroir *Semigorye* of the South-Western Coast of the Black Sea and composition of stable carbon isotopes $^{13}C/^{12}C$ in components (carbohydrates and ethanol) of red and white wines.

3 Objects of study

The authentic samples of the 16 red and white dry wines were used for the study (residual sugar less than to 4.0 g/l). The wines have been made from the fresh musts of grape varieties (seasons of 2012-2016) – Chardonnay, Riesling, Pino Noir, Sauvignon Blanc, Cabernet Sauvignon (vines from France, planted in 2007, figures 1-2) at the Scientific Centre of Winemaking of the North Caucasian Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture (Krasnodar, Russia) and also were obtained from wineries from the the geographical area *Semigorye*. The information about the studied wine samples is given in table 1.

PATROCINIOS

Generating Innovation between Practice and Research

The selection of the average sample of one grape variety was carried out on the same area of 5 ha with the same climatic conditions, for this passed diagonally, cutting grapes every 5 rows on different sides of the vines and at different heights from the ground. The weight of an average sample of grapes was at least 3 kilograms. Assembled for research grapes were healthy, contain the necessary amount of sugars and acids, are sufficient for the production of high-quality dry wines.

Figure 1. Cabernet Sauvignon grape (geographical viticulture area *Semigorye*)

Figure 2. Chardonnay grape (geographical viticulture area *Semigorye*)

4 General climatic conditions in the geographical viticulture area *Semigorye*

The terroir *Semigorye* is located on the South-Western coast of the Black sea, 20 km from *Novorossiysk* (Fig. 3). It has a rare combination of conditions of the seaside foothill and steppe areas (the geolocation data: 44.893722N, 37.607664E, the altitude ranges from 30 to 115 m). The area is surrounded by hills and has a subtropical dry climate. The singularity of the terroir is the appearance of a strong north-eastern wind in the autumn-winter called *Nord-Ost* during the invasion of the Black Sea coast of cold air from the North Caucasian plateau. The wind speed can reach 30-70 m/sec. The air temperature lowers when *Nord-Ost* wind occurs, which can affect on the process of growing grapes. The main climatic data of the geographical area are presented in table 2. Downpours and thunderstorms may occur in the summer, especially in July-August. A lot of precipitations fall during the year (the average annual rainfall is 752 mm). The average temperature in the last phase of the grape growing season (August-September) ranges from 14 to 19°C and the average humidity is 68-75 %. Soils of the geographical area are black soils with a low humus content (4-6 %) and have high fertility (Pogoda i klimat, 2018).

Table 1. Wine samples

Sample #	Season	Grape variety
1	2016	Chardonnay
2	2015	Chardonnay
3	2016	Sauvignon Blanc
4	2015	Sauvignon Blanc
5	2016	Riesling
6	2015	Riesling
7	2014	Riesling
8	2013	Riesling
9	2012	Riesling
10	2016	Pino Noir
11	2015	Pino Noir
12	2016	Cabernet Sauvignon
13	2015	Cabernet Sauvignon
14	2014	Cabernet Sauvignon
15	2013	Cabernet Sauvignon
16	2012	Cabernet Sauvignon

Figure 3. Geographic viticulture area *Semigorye* on the South-Western Coast of the Black Sea

5 Materials and methods

The composition of stable carbon isotopes $^{13}C/^{12}C$ was studied in carbohydrates (sugars) and ethanol of dry wines (tabl. 1) by using the analytical equipment of the Research Laboratory of Food Quality & Technology (PNIL) at the Scientific & Research Center of the People's Friendship University of Russia (Fig. 4).
The study by using the EA-IRMS/SIRA technique includes the following stages:
1) flash combustion of organic samples (carbohydrates, ethanol) into elementary gases (e.g. carbon dioxide),
2) gas chromatographic separation and purification from water by using an elemental analyzer FlashEA 1112® (Thermo Fisher Scientific),
3) transfer of the separated carbon dioxide via isotopic interface Conflo III® (Thermo Fisher Scientific) to the IRMS/SIRA mass spectrometer Delta V Advantage® (Thermo Fisher Scientific),
4) registration and processing of measurement results on the PC workstation Optiplex 745® (Dell) with the installed software Isodat NT 2.5® (Thermo Fisher Scientific).

The reference substance BCR 656 - ethanol of grape origin, $\delta^{13}C$ = -26.91 ± 0.07 ‰ (European Commission, Community Bureau of References, Reference material # 656, Individual identification # 00425) was used for the calibration of the working reference gas – carbon dioxide (99.999 %, Russia). The high purity helium (99.999 %, Russia) was used as carrier gas.

The EA-IRMS/SIRA is the standard method for studying stable carbon isotopes in the components of wine products approved by the International Organization of Vine and Wine (OIV). This technique is used in all wine-growing and winemaking regions of the world for quality evaluation and control of grapes and wine.

Table 2. Main climatic data of the geographical viticulture area *Semigorye* for three months of ripening grapes (example for the season 2013)

Month	Average temperature, °C	Rainfall, mm	Humidity, %	Atmospheric pressure, hPa	Maximum temperature, °C	Minimum temperature, °C	Meteorological phenomena
July	24.6	58.0	72.0	1011.5	278.0	20.7	Frequent rains in the beginning and middle of the month
August	27.2	62.0	79.0	1013.0	29.9	22.0	In the middle and end of the month rains
September	17.5	66.0	68.0	1010.3	21.1	14.7	Rains

Figure 4. IRMS/SIRA equipment for studies of isotopes of light elements at the Research Laboratory of Food Quality & Technology (PNIL) of the Peoples' Friendship University of Russia (RUDN)

The sample preparation (extraction and purification of ethanol and carbohydrates) was carried out before isotopic measurements. Residual sugars were previously isolated from wine and treated by the physical-chemical method with freeze-drying (BS DD ENV 12140, 1997). Purified preparations contained at least 95 % of the wine carbohydrates. The method of extraction of carbohydrates was modified by the treatment of lead compounds at increased temperatures to reduce the influence of glycerol on the results of $\delta^{13}C_{VPDB}$ measurement, which can take place if studying the dry wines with residual sugar less than 4.0 g/l. The measurement of carbon isotopes $^{13}C/^{12}C$ in ethanol of dry wines was carried out after distillation and dehydration of the distillate obtained by a chemical means (Method # OIV-MA-AS312-06, 2009).

Before carrying out the measurements the hinges of preparations of carbohydrates (carbon content 40-100 ng) were placed in tin capsules. The capsules were covered with the help of tweezers, providing its full integrity and eliminating the contact of organic matter with the air. The encapsulated hinges were placed into the autosampler MAS-200R® (Thermo Fisher Scientific) installed on the top of the oxidation reactor of the elemental analyzer. Ethanol samples (0.09-0.10 µl) were injected directly into the oxidation reactor of the elemental analyzer by using a microsyringe. The direct injection of ethanol allows to increase the accuracy of measurements and to eliminate sample contamination.

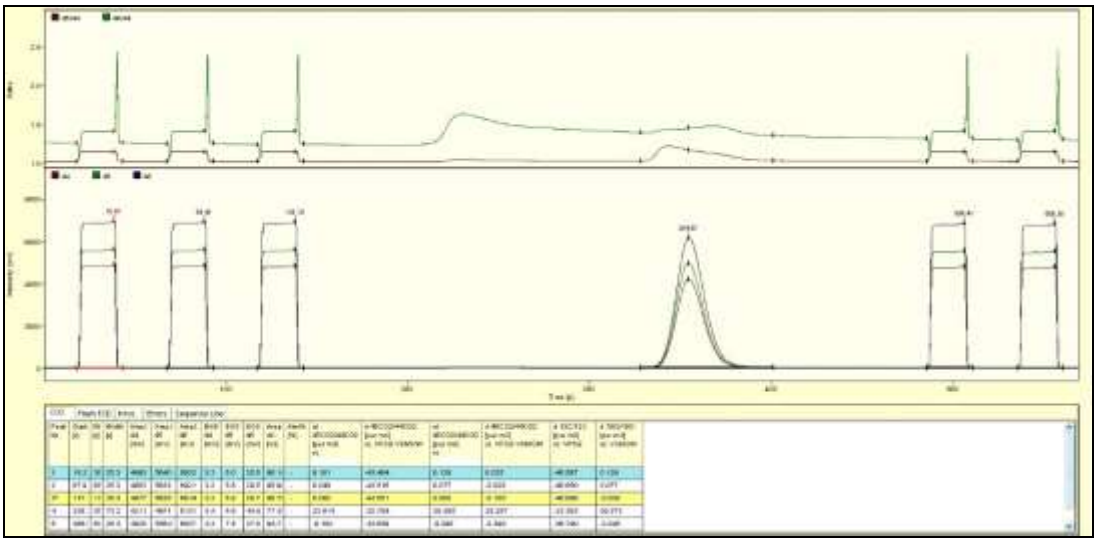


Figure 5. EA-IRMS/SIRA method: typical graphic and digital module of the Isodat NT 2.5® software with the registered and processed measurements results of carbon isotope ratios $^{13}C/^{12}C$ in carbohydrates (ethanol) of wine samples

Measurements of each ethanol & carbohydrate sample were carried out in three replicates. The results of measurements were calculated on the basis of the recorded signals for the CO_2 isotopomers with the masses 44 and 46. The uncertainty (U) was calculated for each measurement series using the corresponding values of the relative standard deviation (RSD) and the confidence level *P = 95 %* (Wood et al., 1998).

6 Results and discussion

According to the research program, isotope compositions of stable carbon $^{13}C/^{12}C$ in the preparations of carbohydrates (residual sugars) and ethanol which were isolated from 16 samples of dry wines was measured. The results of measurements are shown in table 3.

The analysis and generalization of the obtained experimental data allowed to make the general intervals of $\delta^{13}C_{VPDB}$ values of carbohydrates (residual sugar) and ethanol of the wines produced from white and red grapes (seasons 2012-2016): $\delta^{13}C_{VPDB}$ values of carbohydrates – from -27.92 to -24.91 ‰, $\delta^{13}C_{VPDB}$ values of ethanol – from -27.96 to -25.15 ‰.

Graphic data on the dynamics of changes the average values of $\delta^{13}C_{VPDB}$, characterizing the composition of stable isotopes of carbon in the components isolated from the samples of wine, are shown in figures 6-7. The results of measurements show the influence of climatic factors on the quantitative level of fractionation of carbon isotopes in the components of grapes and wine.

Table 3. The composition of stable carbon isotopes $^{13}C/^{12}C$ in carbohydrates (sugars) and ethanol of studied dry wines (geographical viticulture area *Semigorye*)

Sample #	**$\delta^{13}C_{VPDB}$ ± U, ‰**	
	carbohydrates (residual sugars)	***ethanol***
1	-25.12 ± 0.01	-25.37 ± 0.07
2	-26.63 ± 0.05	-26.89 ± 0.04
3	-24.91 ± 0.17	-25.87 ± 0.05
4	-26.84 ± 0.03	-27.25 ± 0.07
5	-25.04 ± 0.13	-25.15 ± 0.07
6	-25.07 ± 0.08	-26.08 ± 0.08
7	-25.11 ± 0.05	-25.57 ± 0.02
8	-27.07 ± 0.14	-27.52 ± 0.05
9	-26.56 ± 0.10	-26.69 ± 0.01
10	-25.71 ± 0.02	-25.72 ± 0.10
11	-26.67 ± 0.03	-26.85 ± 0.04
12	-26.06 ± 0.05	-26.08 ± 0.01
13	-26.97 ± 0.02	-27.30 ± 0.04
14	-26.42 ± 0.03	-26.95 ± 0.03
15	-27.92 ± 0.01	-27.96 ± 0.06
16	-26.88 ± 0.06	-27.05 ± 0.07

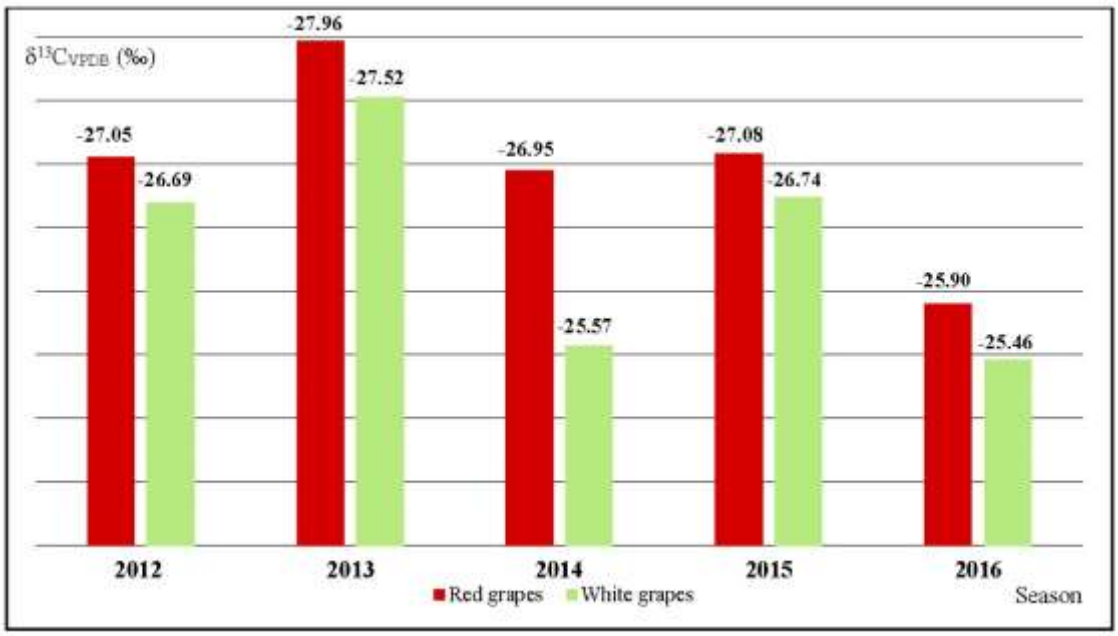


Figure 6. Average $\delta^{13}C_{VPDB}$ values in ethanol of studied wine samples (geographical viticulture area *Semigorye*)

The dependence between $\delta^{13}C_{VPDB}$ for ethanol and the residual sugar of dry wines was calculated. This dependence is described by the linear regression equation $y = 0.8609x - 3.9746$ with the correlation coefficient $R^2 = 0.8932$ (Fig. 8). It should be noted that $\delta^{13}C_{VPDB}$ values of ethanol are usually less than $\delta^{13}C_{VPDB}$ values of sugars, due to the the special biochemical mechanism of distribution of «heavy» and «light» carbon isotopes between molecules of ethanol and carbon dioxide formed by the fermentation of grape carbohydrates.

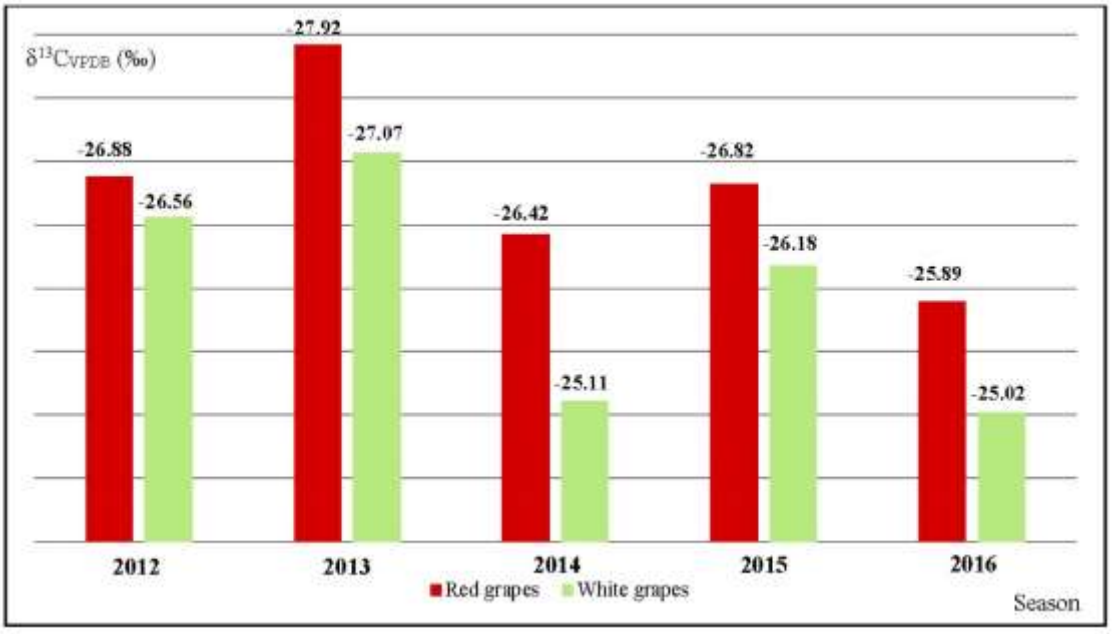


Figure 7. Average $\delta^{13}C_{VPDB}$ values in carbohydrates (residual sugar) of studied wine samples (geographical viticulture area *Semigorye*)

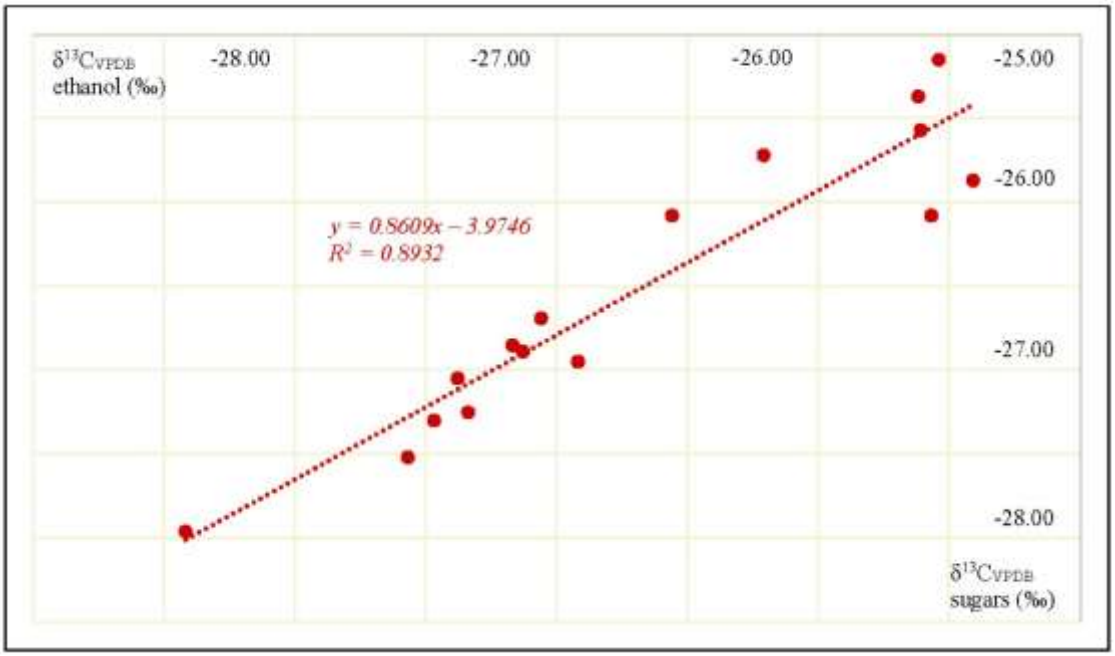


Figure 8. $\delta^{13}C_{VPDB}$ values for carbohydrates (residual sugars) and ethanol of wines (geographical viticulture area *Semigorye*)

7 Conclusions

The results of our study show the objective scientific data of the biological distribution of carbon isotopes in carbohydrates and ethanol in 16 samples of dry wines produced from different grape varieties growing in specific conditions of the South-Western coast of the Black sea (geographical viticulture area *Semigorye*). The obtained experimental data correlate with the results of fundamental and applied scientific studies carried out by other research teams in wine regions of the world (Rossmann et al., 1996; Gaudillere et al., 2002; Ishida-Fujii et al., 2005; Gomez-Alonso et al., 2010; Christoph et al., 2015; Kolesnov et al., 2016, 2017). The results of the study demonstrate the influence of local agroclimatic factors of the geographical area of viticulture on the quantitative levels of isotopic composition of carbon in the components of wines – carbohydrates (residual sugar) and ethanol. For example, the season of 2013 in the geographical area *Semigorye* (Fig. 3) in contrast to other seasons was characterized by frequent storm type rains and other meteorological phenomena (Pogoda i klimat, 2018), which led to an increase in the level of atmospheric and soil moisture. This caused a decrease in the level of the $\delta^{13}C_{VPDB}$ values in carbohydrates of red and white grapes and respectively in ethanols of studied wines from the terroir *Semigorye*.

Acknowledgements

The authors thank the winery Imenye Sikory LLC (Krasnodar region, Russia) for the support in the sampling of grapes and the provision of authentic wines for our researches**.**

References

POGODA I KLIMAT. 2018. *http://www.pogodaiklimat.ru* (in Russian).

BS DD ENV standard # 12140:1997-02-15.

METHOD # OIV-MA-AS312-06: R 2009.

WOOD, R.; NILSSON, A.; WALLIN, H. 1998. *Quality in the food analysis laboratory*. Cambridge, The Royal Society of Chemistry, 142-147.

ROSSMAMNN A.; SCHMIDT, H.-L.; RENIERO, F.; VERSINI, G.; MOUSSA, I.; MERLE, M.H. 1996. Stable carbon isotope content in ethanol of EC data bank wines from Italy, France and Germany. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -forschung*, **203**, 293-301.

GAUDILLERE, J.-P.; VAN LEEUWEN, C.; OLLAT, N. 2002. Carbon isotope composition of sugars in grapevine, an intergrated indicator of vineyard water status. *Journal of Experimental Botany*, **53** (369), 757-763.

ISHIDA-FUJII, K.; GOTO, S.; UEMURA, R.; YAMADA, K.; SATO, M.; YOSHIDA, N. 2005. Botanical and geographical origin identification of industrial ethanol by stable isotope analyses of C, H, and O. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, **69** (11), 2193-2199.

GOMEZ-ALONSO, S.; GARCIA-ROMERO, E. 2010. Effect of irrigation and variety on oxygen ($\delta^{18}O$) and carbon ($\delta^{13}C$) stable isotope composition of grapes cultivated in a warm climate. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, **16**, 283-289.

CHRISTOPH, N.; HERMANN, A.; WACHTER, H. 2015. 25 Years authentication of wine with stable isotope analysis in the European Union - Review and outlook. *BIO Web of Conferences*, **5**, 02020.

KOLESNOV, A.; AGAFONOVA, N. 2016. Grapes from the geographical areas of the Black Sea: agro-climatic growing conditions and evaluation of stable isotopes compositions in scientific study. *BIO Web of Conferences*, **7**, 02004.

KOLESNOV, A.; ZENINA, M.; TSIMBALAEV, S.; DAVLYATSHIN, D.; GANIN, M.; ANIKINA, N.; AGAFONOVA, N.; EGOROV, E.; GUGUCHKINA, T.; PRAKH, A.; ANTONENKO, M. 2017. Scientific study of $^{13}C/^{12}C$ carbon and $^{18}O/^{16}O$ oxygen stable isotopes biological fractionation in grapes in the Black Sea, Don Basin and the Western Caspian regions. *BIO Web of Conferences*, **9**, 02020.

Comparison between the cultivation models of cv. Carignano grown in Sant'Antioco Island and in the hinterland of Sardinia

L. Mercenaro [(1)], G. Nieddu [(1)], M. Perra [(2)], R. Peretto [(2)]

Università degli studi di Sassari, Dipartimento di Agraria, Via E. De Nicola 1, 07100, Sassari; mercenar@uniss.it, gnieddu@uniss.it.
Agenzia Laore Sardegna, Servizio Sviluppo Filiere Vegetali, Via Caprera n. 8 09123 Cagliari. renzoperetto@agenzialaore.it, marcelloperra@agenzialaore.it.

1. Introduction

The Sulcis district is located in the SW of Sardinia, for a total area of 919.29 km^2 (Figure 1). Different type of soil are present in this area; it is possible to find both ancient volcanic soils as well as recent alluvial material, often characterized by the presence of more or less fertile clays. In the northern part of the Sulcis district the most fertile soils, rich in clay, are located, while in the coastal areas, it is frequent to find lands originating from disruption of calcareous rocks. The particularity of this wine district is an important presence of viticulture characterized by vines without rootstocks, cultivation technique that can be adopted exclusively on extremely sandy soils. In this district an important territory is represented by an archipelago of two islands. One of these, the Sant'Antioco Island, has always been considered well suited for wine production since the Phoenician age. The Sant'Antioco island present small flat stretches formed by sandy where all the vineyards have always been planted without resorting to the American rootstock. In the Sant'Antioco Island cv. Carignano represent 97% of the area cover with grapevines. The cv. Carignano is not mentioned among the grapevine varieties grown on the island until 1946, when Dalmasso reports that cv. Carignano is found in the new vineyards replanted after the phylloxera invasion. It is therefore quite plausible to assert that the hypotheses on the introduction of Carignano in Sardinia during the Phoenician age are completely incorrect.
The climate that characterizes the Sulcis is typically Mediterranean with average annual temperatures of about 17 ° C and a rainfall that normally does not exceed 500 mm of annual rainfall. The grapevine cultivation can therefore adapt optimally to this typically arid and dry climate. Currently the vineyard cover 2087 hectares and about 60% are planted with cv. Carignano. Since 1977 the wine obtained from Carignano grapes grown in this territory can boast the denomination Carignano del Sulcis DOC. The cv. Carignano is resistant to winds rich in saltiness, typical of the Sardinian southwest as the Scirocco and the Mistral; moreover tolerates low temperatures. Regarding the soil, cv. Carignano has no particular pedoclimatic requirements and prefers soils with poor fertility. It is a very vigorous and productive vine; in irrigated vineyards yield can exceeds 150 quintals per hectare, however, when cultivated in some particular extremely dry pedo-climatic contexts, yield can vary from 30 to 50 quintals per hectare. The most popular training system for cv. Carignano in this district varies according to soil fertility. In areas characterized by soil richer in nutrients, such as the north-western and north-eastern part of the Sulcis, it is frequent to find cv. Carignano grafted onto American rootstock and trained to vertical shoot position, both cordon spur pruned or cane pruned. Even in these fertile areas but only in few vineyards, however not older than 35/40 years, it is possible to find vines trained to bush. At the opposite, In the Sant 'Antioco Island, where the sandy soils is prevail and grapevine is own rooted, the cv. Carignano is trained by little bush, where the term "bush vine" is used to describe a training system which trains a grape vine to a short trunk with numerous two-node bearing units without a trellis system (Reynolds & Vanden Heuvel, 2009). Bush vine training was considered fashionable some time ago before intense pruning and trellising was implemented as farming practices. This is why the majority of bush vines can be found in older vineyards. Only by the 1960s did farmers start using tractors for chemical weed and pest control among other uses, which required that vineyard rows should be planted further apart (Robinson, 1999). The bush vine training system can typically be found in dry, warm climates and for low vigour vineyards (Goode, 2005).

2. Material and method

The experimental work involved a first step concerning the identification of the "cultivation models" present in this heterogeneous wine district. The choice of the different vineyards were based on the study of the cultivation models present in these territories. Four vineyards were identified, two in the

Sant'Antioco Island and other two in the hinterland of Sardinia (Sulcis area). All the information presented in this work were collected from April to October 2017.

The first vineyard, from now identified as vineyard n°1 (Figure 1 - photo 1), is located on the island of Sant'Antioco (municipality of Calasetta). Planted in the early 60s, the soil is sandy with a very low water holding capacity and very low soil fertility. The vines, trained to little bush, are own rooted spaced 0.8 m (between vines) x 1.6 m (between rows), with a density of just over 8 thousand vines in a hectare. Irrigation is not present. The second vineyard, from now identified as vineyard n°2 (Figure 1 - photo 2), is located on the island of Sant'Antioco (municipality of Sant'Antioco). Planted in the 70s, the soil is sandy with a very low water holding capacity and very low soil fertility. The vines, trained to little bush, are grafted onto Rupestris du lot, spaced 0.8 m (between vines) x 1.8 m (between rows), with a density of 7 thousand vines in a hectare. Irrigation system is not present.

The third vineyard, from now identified as vineyard n°3 (Figure 1 - photo 3), is located in the hinterland of Sardinia (Sulcis area, municipality of Masainas). The vines planted in the early 90s, are trained to spur pruned cordon and grafted onto 1103 Paulsen, spaced 1.0 m (between vines) x 2.2 m (between rows), with a density of 4500 vines in a hectare. Drip Irrigation system is present and regularly used. The fourth vineyard, from now identified as vineyard n°4 (Figure 1 - photo 4), is located in the hinterland of Sardinia (Sulcis area, municipality of Carbonia). The vines planted in the early 80s, are trained to little bush and grafted onto 1103 Paulsen, spaced 1.0 m (between vines) x 2.0 m (between rows), with a density of 5000 vines in a hectare. Drip Irrigation system is present but not regularly used.

In Table 1 are reports the main characteristics of the four vineyards under observation. On each vineyard were identified three plots of ten contiguous vines where all data were collected. From April, both the phenological phases and the leaf wall development were monitored. Numbers of buds and clusters were detected in all vines after bud burst and before flowering. At flowering and veraison, the length of the shoot were measured, as well as the number of leaves and the number of secondary shoots to estimate the total canopy surface area as the sum of the main and secondary leaf surface. From veraison to harvest grape samples were taken to determine the technological characteristics of the berries. On a weekly basis, 60 berries were sampled per single plot from each vineyard. berry weight and total soluble solid were detected after crashing. At harvest, 20 clusters from each single plot were randomly collected to determine the Total soluble solid, pH and acidity titratable and, following the methodology proposed by Glories, polyphenols and anthocyanins were determined.

Figure 1. Map of Sulcis area district and photos of vineyards chosen for this study.

Table 1 General characteristics of grapevine used in the study

Vineyard	Location	Planting date	Rootstock	Soil	Irrigation	Trellis system	Planting density
n° 1	S. Antioco Island	1965	Own rooted	Sandy	No	Little bush	8000
n° 2	S. Antioco Island	1970	Rupestris du Lot	Sandy	No	Little bush	7500
n° 3	Sardinia Island	1995	1103 P	Clay	Yes	Vertical shoot position	4500
n° 4	Sardinia Island	1980	1103 P	Sandy Clay	No	Little bush	5000

3. Result and discussion

The largest canopy surface area was found in vineyard n ° 3, both at flowering (figure 2) and veraison (figure 3). Compared to the other vineyards under observation, the canopy surface area grows from flowering to veraison, due to a greater development of the secondary shoots promoted by the use of irrigation. With regard to vineyards trained by little bush, canopy measured at flowering is equal in all vineyards while at veraison the vineyard n° 4 has undergone an excessive leaves defoliation and a stunted development of the secondary shoot, due to excessive water stress. It should be remembered that the 2017 season, characterized by significant thermal excesses and very little rainfall, limited the formation of an adequate leaf surface in all the vineyards, especially if managed without irrigation.

With regard to yield (table 2), vineyard n° 3, with 1,4 kg per vine, is the most productive compared to the others vineyards trained to little bush, which on average produce between 500 and 600 grams per vine. It is necessary to underline that, if we consider the plant density, the productivity per hectare confirms that the vineyard n° 3, with little more than 7000 Kg, it remains the most productive vineyard, but the two vineyards located in Sant'Antioco Island, vineyard n ° 1 and the vineyard n ° 2, with 4250 and 4265 kg respectively, guarantee a yield higher than vineyard n ° 4, that showed a productivity per hectare more than 2700 Kg. Concerning Yield components, the number of clusters and the weight of bunches and berries, inform us about the further differences found for these cultivation models. The greater yield detected in the vineyard n ° 3 is related to an higher number of clusters and a greater bunches weight. Considering only the vineyards trained by little bush, yield is the same in the three vineyards, despite vineyard n ° 4 showed higher number of bunches. This phenomena is, without dubs, due to weight of the bunch and berry statistically lower in vineyard n° 4. Also in this case, the lower weights depend on excessive water stress to which the vineyard n°4 was subject. Although the sandy soil does not have a greater water capacity than the clay soil, the vines, both own rooted (vineyard n° 1) and grafted (vineyard n° 2), have better overcome the water stress thanks to a deeper roots.

Table 2 Agronomic aspects and information regarding the production. Values are means and the different letters indicates significant differences at P < 0,05.

Vineyard	Yield	Cluster	Cluster weight	Berry weight	Yield
	Kg/vine	Cluster/vine	grams	grams	Kg/ha
n° 1	0,53 b	4,2 c	126,8 b	2,10 a	4250
n° 2	0,61 b	4,3 c	141,8 b	1,88 a	4265
n° 3	1,49 a	7,6 a	189,7 a	2,01 a	7240
n° 4	0,60 b	5,8 b	104,3 c	1,18 b	2740

Although in Sardinia the cultivation of cv. Carignano is basically localized to the Sulcis area, this cultivar is widely spread in Spain (known as Cariñena or Mazuela) and in the south of France (Carignan noir). In all these environments, cv. Carignano shows common characteristics, linked to high productivity and excessive vigor when cultivated in fertile soils (Christensen et al., 2003). Perhaps for this reason, in Sardinia, the Carignano has not spread outside this area of southern Sardinia where the pedo-climatic conditions limit its natural vigor, promoting the production of concentrated grapes and extremely rich in color. Regarding berry chemical composition, the qualitative data obtained in this experience confirm the previous considerations. Of the four vineyards compared, the sugar content exhibited during ripening in vineyard n ° 3 was not optimal for achieving a wine with a minimum alcohol content of 13 ° V / V (Gigure 4). On the contrary, the vineyards trained by little bush have guaranteed significantly higher sugar levels, between 19.95 and 21.40 ° Babo, that allowed to obtained a wine with alcoholic gradations between 13 ° and 14 ° V / V. Moreover, pH and acidity (data not showed) allows us to draw important considerations and to further characterize these cultivation areas. Although it is well known that

Carignano shows, genetically, particularly high pH levels and not perfectly suitable for vinification process, the pH level detected in the vineyard n ° 4 is particularly high and, together with its very low total acidity content, it indicates a situation of excessive both thermal and water stress which the berry has undergone during maturation. With regard to the polyphenolic fraction (Figure 5), it is evident that the total polyphenol content is high in all vineyards with the exception of the vineyard n° 3, trained by VSP. On the contrary, total anthocyanins (Figure 6) is not linked to the trellis system, but is clearly related to soil type.

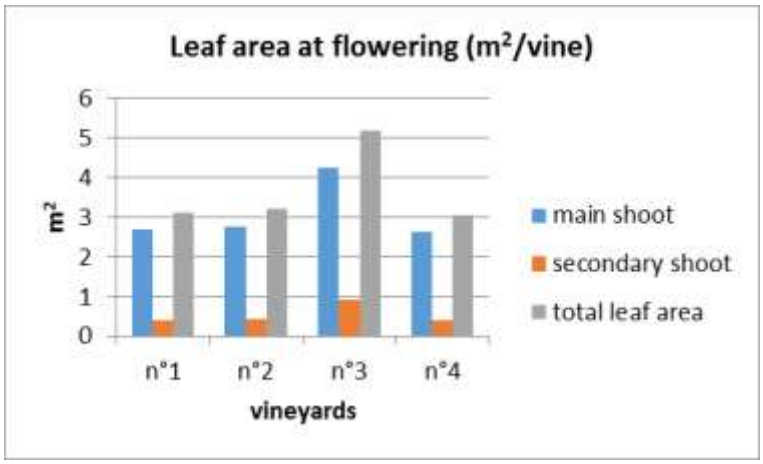


Figure 2. Leaf area of main shoots, leaf area of secondary shoots and total leaf area, reported as m^2 * vine $^{-1}$, measured at flowering.

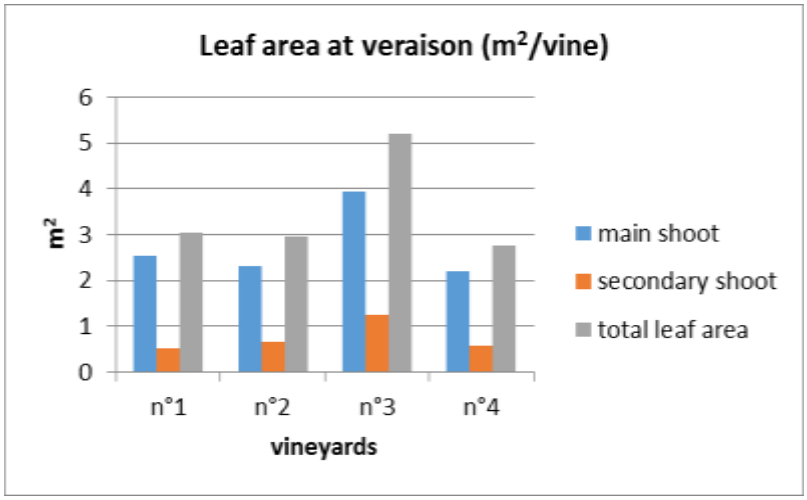


Figure 3. Leaf area of main shoots, leaf area of secondary shoots and total leaf area, reported as m^2 * vine $^{-1}$, measured at veraison.

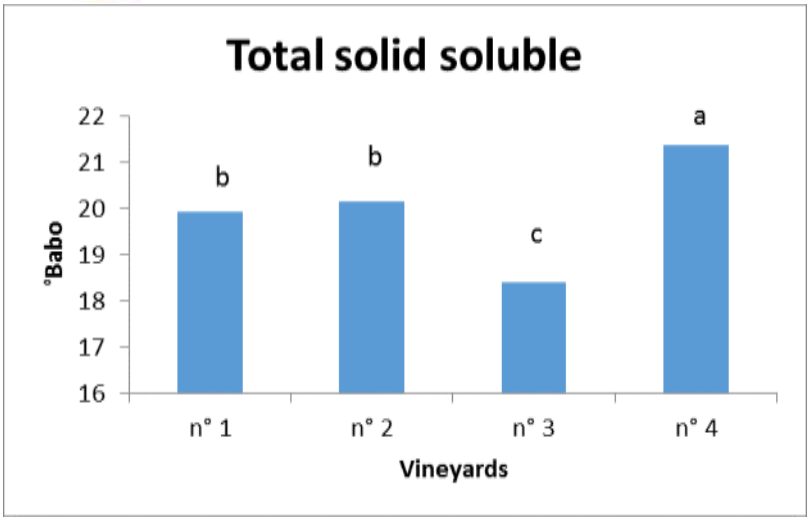


Figure 4. Total soluble solids, expressed as °Babo, measured in the four vineyards at harvest time. Values are means and the different letters indicates significant differences at P < 0,05.

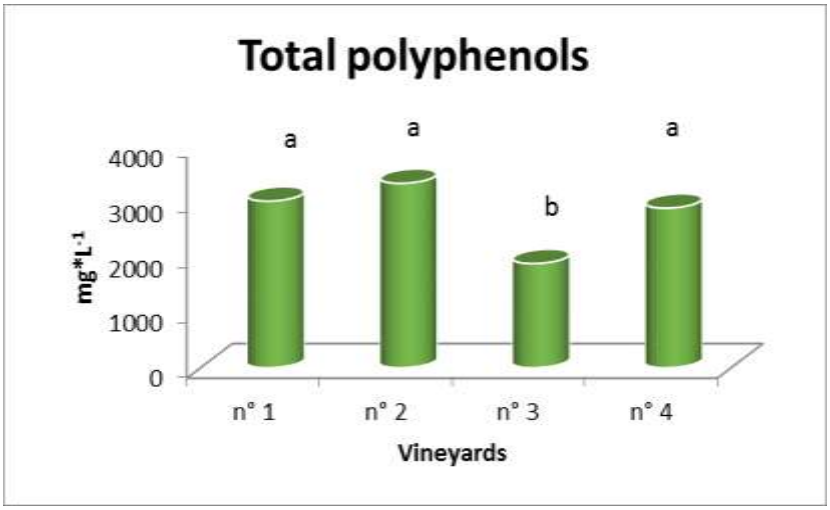


Figure 5. Total polyphenols, expressed as mg*L^{-1}, analytically measured in the four vineyards at harvest time. Values are means and the different letters indicates significant differences at P < 0,05.

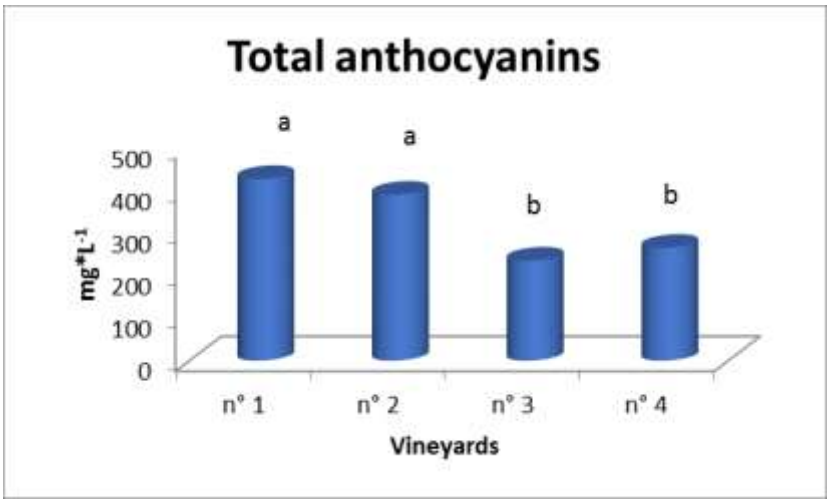


Figure 6. Total anthocyans, expressed as mg*L^{-1}, analytically measured in the four vineyards at harvest time. Values are means and the different letters indicates significant differences at P < 0,05.

4. Conclusion

In this work we investigate the grapevine cv. Carignano cultivated in several growing areas of the Sulcis wine district (South west of Sardinia, Italy). The observations reported in this manuscript, even if conducted in a single year extremely dry, suggested that vines trained to little bush and planted on sandy soil, both own rooted or grafted onto rootstock, has been shown to ensure better must qualities, suitable for obtaining red wines appropriate for aging. On the contrary, in the vineyards located in the hinterland of Sardinia, the cv. Carignano exhibited difficulty in achieving the pre-established oenological objectives.

5. Bibliography

- Dalmasso (1946). Uve da vino, Vitigni rossi. Roma, Ramo editoriale degli agricoltori.
- Christensen, L.P., Dokoozlian, N.K., Walker, M.A., Wolpert, J.A., (2003). Wine Grape Varieties in California. UC Agriculture and Natural Resources, Publication 3419, Oakland, CA, USA.
- Mercenaro L., Nieddu G., Pulina P., Porqueddu C. (2014). Sustainable management of an intercropped Mediterranean vineyard, Agriculture, Ecosystems & Environment, 192, 95-104, 2014.
- Goode, J. (2005). The science of wine: from vine to glass. California: University of California Press.
- Reynolds, A.G. & Vanden Heuvel, J.E. (2009). Influence of grapevine training systems on vine growth and fruit composition: A review. American Journal for Enology and Viticulture, 60:3, 251-267.
- Robinson, J. (1999). The Oxford Companion to Wine (2nd ed.). Pp. 118, 161-162, 648-653, 747, 741-742. New York: Oxford University Press Inc.

Native plants can influence the grapevine aroma profile: a case study on the association between *Vitis vinifera* L. cv. Pinot Noir and blackberry

D. Tomasi[(1)], M. Alessandrini[(1)], R. Barcarolo[(2)], F. Gaiotti[(1)]

[(1)] CREA – Council for Agricultural Research and Economics, Viticulture Research Centre, Viale 28 Aprile, 26 – 31015 Conegliano (TV), Italy; e-mail federica.gaiotti@crea.gov.it

[(2)] Veneto Agricoltura – Istituto per la Qualità e le Tecnologie Agroalimentari, Via S. Gaetano, 74, 36016 Thiene (VI), Italy

Abstract

The aroma profiles of grapes and wine are greatly influenced by several environmental factors that characterize the cultivation site. Beside climate, soil and agronomic practices, native flora growing in proximity to vineyards, may affect grape composition and wine sensory attributes. To date, only a few studies have investigated the effect of indigenous species on the grape aroma profile. In this study, *V. vinifera* cv. Pinot noir vines were grown together with blackberry plants and the effect of this association on the grape aroma was assessed. Preliminary data showed that vines that cohabited with blackberry had a different aroma profile compared to vines grown alone. The association with blackberry increased the overall concentration of free and bound aroma compounds, but no specific compound was identified exclusively in the 'associated grapes'. The mechanisms of this interaction are still unknown and merit further investigation.

In conclusion, our study suggest that native flora grown in close proximity to grapevines can exert an effect on the aromatic profile of the grapes. Implications are of great interest for mountain viticulture areas, where natural environment is untouched and native species cohabit with vineyards.

PATROCINIOS

Generating Innovation between Practice and Research