

COMUNICACIONES

XII CONGRESO INTERNACIONAL TERROIR



ORGANIZA:

XII CONGRESO INTERNACIONAL TERROIR



ISBN 978-84-09-03040-8

XII CONGRESO INTERNACIONAL TERROIR

Comité Organizador

Presidente: Joaquín Olona

Vicepresidente: Enrique Novales.

Director: Ernesto Franco

Vocales: Luis Miguel Albisu, Alfonso Bordonaba,
Vicente Gómez, Miguel Lorente, Miguel Ángel Mainar,
Vicente Sotés y Salvador Congost.

Comité Científico

Vicente Sotés, **Presidente**

Vicente Gómez-Miguel, **Secretario**

Borbála Balo, *Hungría*

Luigi Bavaresco, *Italia*

Benjamin Bois, *Francia*

Jan Booyesen, *Sudáfrica*

Ernesto Franco, *España*

Enrique García-Escudero, *España*

María Luisa González –Sanjosé, *España*

Peter Hayes, *Australia*

Gregory Jones, *Estados Unidos*

Stefanos Koundouras, *Grecia*

Cornelis Van Leeuwen, *Francia*

Carlos Lopes, *Portugal*

Vittorino Novello, *Italia*

Hernán Ojeda, *Francia*

Giuliano Pereira, *Brasil*

Jorge Queiroz, *Portugal*

Hans Schultz, *Alemania*

Attilio Scienza, *Italia*

Diego Tomasi, *Italia*

Jorge Tonietto, *Brasil*

Jesús Yuste, *España*

Vivian Zufferey, *Suiza*

Efecto del riego deficitario en los cultivares Touriga Nacional y Touriga Franca (*Vitis vinifera* L.) en la Región Demarcada del Duero (Portugal).

Effect of deficit irrigation in the cultivars Touriga Nacional and Touriga Franca (*Vitis vinifera* L.) in the Douro Demarcated Region (Portugal).

David Barreales^{1,2*}, João Verdial¹, Manuel Feliciano¹, João Castro¹, Manuel Rodrigues¹, Daniel Blanco-Ward³, Ana Miranda³, Carlos Silveira³, Alexandra Monteiro³, Myriam Lopes³, Carlos Borrego³, Carolina Viceto⁴, Alfredo Rocha⁴ y Antonio Castro Ribeiro¹.

¹ Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança, Campus Sta Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal.

² Departamento de Ingeniería y Ciencias Agrarias, Universidad de León, 24071, Avenida de Portugal 41, León, España.

³ Departamento de Ambiente e Ordenamento (DAO) & Centro de Estudos do Ambiente e do Mar (CESAM), Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal

⁴ Departamento de Física & Centro de Estudos do Ambiente e do Mar (CESAM), Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal

*Autor correspondiente: davidsantos@ipb.pt

Resumen. El principal factor ambiental que limita la producción de uvas en cantidad y calidad en la mayoría de las regiones productoras de vino del mundo es la falta de agua en determinados momentos de su ciclo de cultivo. Así, se están buscando estrategias para mitigar el efecto de la sequía. El riego deficitario (DI) es una de las estrategias que mejores resultados proporciona. Con este tipo de riego se pretende aportar agua en momentos puntuales y en dosis bajas. Este estudio fue realizado durante el año 2017 en una viña comercial situada en la “Região Demarcada do Douro” (Portugal), en dos cultivares, Touriga Nacional y Touriga Franca. Se usó el riego deficitario, 25% de la evapotranspiración de referencia, en comparación con el secano. El objetivo fue evaluar el efecto del riego deficitario en los parámetros fisiológicos y agronómicos de las plantas así como en la producción y la calidad de las uvas y mostos. Los resultados obtenidos indican un gran estrés hídrico en las plantas de secano, reduciéndose la conductancia estomática y la fotosíntesis neta. El riego aumento la producción de uva sin reducir significativamente los parámetros cualitativos del mosto.

Abstract. The main environmental factor that limits the production of grapes in quantity and quality in most of the wine producing regions of the world is the lack of water at certain times of the growth cycle of the vine. Thus, strategies are being sought to mitigate the effect of the drought. Deficit irrigation (DI) is one of the strategies that provide the best results. This type of irrigation is intended to provide water at specific times and in low doses. The experiment was carried out during the year 2017 in a commercial vineyard located in the “Região Demarcada do Douro” (Portugal), in two cultivars, Touriga Nacional and Touriga Franca. The deficit irrigation was used, 25% of the reference evapotranspiration, compared to the rainfed. The aim of this work was to evaluate the effect of deficit irrigation on the physiological and agronomic parameters of the grapevines as well as the yield and quality of the grapes and must. The results indicated great water stress in the rainfed plants, reducing the stomatal conductance and the net photosynthesis. The irrigation increased the yield without significantly reducing the qualitative parameters of the must.

1. Introducción

La vid (*Vitis vinifera* L.) es originaria de Asia Menor y del este del Mediterráneo donde ha sido cultivada durante miles de años antes de nuestra era. Inicialmente, su cultivo comenzó en las islas del mar Egeo y posteriormente en todo el área mediterránea [1, 2]. Actualmente la vid se cultiva en diferentes zonas climáticas de todo el mundo, lo que proporciona diferentes tipos de vinos. Es de esta variabilidad de donde surge el concepto de “terroir”. Según la OIV [3] el término vitivinícola de “terroir” (terruño) es un concepto que se refiere a un espacio sobre el cual se desarrolla un conocimiento colectivo de las interacciones entre un medio físico y biológico identificable y las prácticas vitivinícolas aplicadas, que confieren características distintivas a los productos originarios de este espacio. De todos estos factores, es el clima quien tiene una mayor influencia en las zonas vitivinícolas mundiales [4, 5], siendo, en la mayoría de los casos, la falta de agua en determinados momentos del ciclo de actividad de la vid quien limita la producción de uvas en cantidad y calidad [6].

La “Região Demarcada do Douro” (RDD) es una importante zona vitivinícola situada en el noreste de Portugal. Se sitúa en la cuenca hidrográfica del Duero, la zona más occidental se encuentra a unos 70 km del Océano Atlántico desde donde se prolonga hasta la frontera con España. El paisaje se caracteriza por un terreno montañoso que se eleva sobre el río Duero y sus afluentes, con pendientes moderadas y grandes en algunas zonas. La altitud media de la región es de 443 m, pero varía desde 40 m para la cota más baja hasta los 1,400m la mayor cota [7]. La región se extiende por un área total de 247,420 ha, en total, con 43,480 h de viña, el 17.4% del área total. Está dividida en tres subregiones distintas, no sólo por factores climáticos sino también socioeconómicos. Las subregiones son: Baixo Corgo, Cima Corgo y Douro Superior. El Baixo Corgo representa el área más pequeña (45,000 ha) el siguiente en superficie es Cima Corgo (95,000 ha) y Douro Superior es la subregión más grande (110,000 ha). Las cifras del viñedo para estas subregiones son 13,368 ha, 20,270 ha y 9,842 ha respectivamente [8].

La RDD tiene un clima mediterráneo, con precipitaciones concentradas en los meses de invierno y veranos muy calurosos y secos. El valle del Duero está protegido de los vientos húmedos y fríos del Atlántico por dos cadenas montañosas, Marão y Montemuro, ubicadas en su frontera más occidental. La temperatura aumenta y la precipitación disminuye de oeste a este. Las regiones más orientales dentro de la subzona Douro Superior están más distantes del Océano Atlántico por lo tanto tienen una influencia climática más continental. La región está clasificada como clima cálido templado (Köppen Csb), con temperaturas medias anuales durante 1980-2009 de 15.4 °C, promedio de Tmin en el mes más

frío que cae a 2.7 °C, y promedio de Tmax en el mes más cálido que alcanza 32.1 °C. La precipitación promedio del mes más seco (julio) es de solo 11.2 mm. Así, los bajos valores de precipitación junto con las altas temperaturas dan lugar a situaciones de estrés hídrico intenso en las plantas durante el verano [9] que limitan mucho la producción de uva.

La vid es una especie muy tolerante a la sequía, capaz de sobrevivir bajo condiciones fuertes de déficit hídrico [10]. El exceso de lluvia o riego provocan un gran desarrollo vegetativo en la vid lo que conlleva a un mayor rendimiento por gran tamaño de las bayas pero con una calidad muy baja por ralentizar la maduración, reduce el contenido de sólidos solubles totales, eleva el pH del mosto y reduce las antocianinas [11]. Sin embargo, el estrés hídrico severo, también puede ser perjudicial para conseguir una producción aceptable tanto en cantidad como en calidad de uva. En estas situaciones de estrés hídrico severo, la planta tiende a disminuir fuertemente la actividad fotosintética, produciendo una reducción del peso de la baya, de los sólidos solubles totales y de otros parámetros retrasando así la maduración de las uvas [12]. Por lo tanto, la disponibilidad de agua en el suelo afecta tanto al rendimiento como a la composición y calidad de las uvas. Así, se debería de mantener un nivel adecuado de agua en el suelo, en concordancia con el estado fenológico en que se encuentren las plantas de vid para producir uvas de buena calidad [13].

En los últimos años, los periodos de sequía han aumentado en el sur de Europa [14]. En el futuro, casi todos los modelos predicen una reducción de la precipitación en Portugal durante la primavera, el verano y el otoño. Jones [8], predice en todos los escenarios futuros para la región del Duero, un aumento significativo de las temperaturas promedio hasta el año 2080. Con esta situación y para conseguir asegurar una producción y calidad rentable para los viticultores, mejorando la eficiencia en el uso del agua en este contexto de escasez de agua, en los últimos años se han comenzado a implementar diferentes estrategias de riego deficitario en el viñedo.

El riego deficitario controlado consiste en aplicar cantidades de agua inferiores al consumo por evapotranspiración de la planta durante todo el ciclo vegetativo de vid o solo en determinados periodos. El principal objetivo de este tipo de riego es alcanzar un equilibrio entre la producción y la calidad de la uva [15].

El objetivo de este estudio es evaluar el efecto del riego deficitario controlado en la RDD sobre diferentes parámetros agronómicos, fisiológicos y de calidad de las uvas producidas para conseguir un equilibrio entre producción, calidad y eficiencia en el uso del agua.

2. Material y métodos

El experimento se llevó a cabo durante el año 2017 en dos viñedos adyacentes, ubicados en la localidad de Almendra (Vila Nova de Foz Côa, Portugal), dentro de la sub-región Douro Superior perteneciente a la Región Demarcada del Duero (41° 01' 32 "N 7° 00' 56" O, altitud 235 m). Se seleccionaron para el estudio dos variedades tintas con elevada importancia en la RDD: Touriga Nacional y Touriga Franca. Los viñedos fueron plantados en 1998. El portainjerto fue Paulsen 1103. El marco de plantación fue de 2.2 m entre líneas y de 1.0 m dentro de las líneas con una densidad de plantación de 4545 plantas ha⁻¹. La poda se realizó en Guyot doble con dos varas de 4 a 6 yemas, dependiendo del vigor de cada planta y dos pulgares con dos yemas. Para el mantenimiento del suelo se utilizó herbicida en la línea y varios pasos de desbrozadora durante el ciclo del cultivo.

Para cada cultivar, se establecieron dos modalidades: riego deficitario con una evapotranspiración de referencia del 25% (ET₀) y secano. Para determinar el inicio del riego se realizaron mediciones de potencial hídrico de noche con cámara de presión de Scholander (Modelo 1000, PMS Instrument Company, Albany, USA). Cuando estos alcanzaron valores medios de -0.6 MPa se inició el riego. Esto ocurrió el 30 de junio, coincidiendo con el envero. El riego finalizó el 25 de agosto, en el momento de la vendimia. El cálculo de la dosis de agua aplicada en cada riego se determinó semanalmente con base en la evapotranspiración de referencia diaria, determinada a partir de la ecuación de Penman-Monteith [16] y de las variables climáticas registradas en una estación meteorológica (Campbell Scientific; Automatic Weather Station) ubicada en el viñedo. (Figura 1). La elección de este régimen de riego, 25% ET₀, obedeció a razones de manejo del viñedo. El riego se aplicó mediante un sistema de goteo dentro de la línea con emisores autocompensantes de 2.5L/h con 1.0 m de espacio entre ellos.

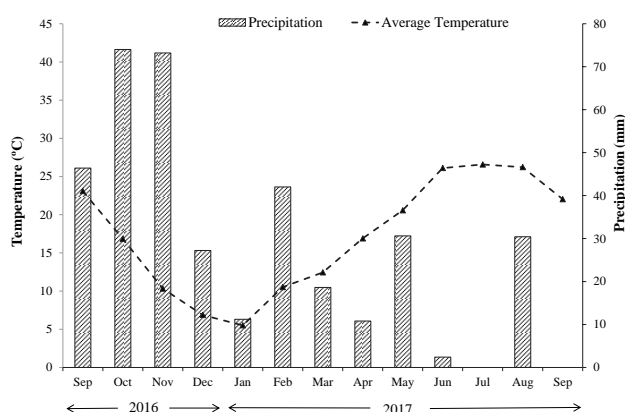


Figura 1. Datos de temperatura media y precipitación mensuales, registrados durante el experimento.

Durante el verano, se realizaron mediciones fisiológicas directamente en el viñedo. La primera jornada fue el día 6 de julio de 2017 coincidiendo con el inicio del envero y la siguiente el día 1 de agosto de 2017, durante la maduración. Todas las mediciones

fueron hechas en el mismo día para poder establecer relaciones entre ellas, dado que las plantas presentaban así el mismo estado. Estas mediciones fueron: potencial hídrico antes del amanecer (también llamado potencial de base) y potencial hídrico al medio día solar, actividad de las clorofilas, conductancia estomática y fotosíntesis neta.

Para las mediciones de potencial hídrico se seleccionaron hojas sanas, sin roturas y en estado adulto. Para la medición de medio día solar, una hora antes se colocaba una envoltura de papel de aluminio sobre la hoja, con la finalidad de que está, al estar en completa oscuridad cierre los estomas, reduciendo su transpiración y estableciendo un equilibrio con el pámpano.

El contenido de clorofilas fue medido con un analizador portátil SPAD-502 (Soil Plant Analysis Development). Las medidas se hicieron en hojas adultas, bien expuestas. Para cada valor medido por bloque se empleaban 15 hojas.

La conductancia estomática y la tasa de fotosíntesis neta fueron medidas mediante un analizador de intercambio de gases por radiación infrarroja IRGA (LCA-4, Analytical Development Co.Ltd.). Estas medidas fueron efectuadas en dos momentos del día diferentes, a las 11h y a las 15h (hora solar) en 8 hojas de diferentes cepas de cada tratamiento y variedad.

La vendimia fue realizada el día 29 de agosto de 2017. Durante la misma se realizó el pesaje de la producción y se anotó el número de racimos por planta correspondiente a cada variedad y tratamiento. Posteriormente se tomó una muestra representativa de uvas y se conservó en refrigeración hasta la llegada al laboratorio.

En el laboratorio, se realizaron mediciones de diferentes parámetros tanto en las bayas como en los mostos. Se registró el diámetro medio de las bayas con un calibre digital con ±0.01 mm de precisión (Powerfix Profi+, OWIM GmbH&Co.KG, Neckarsulm, Germany) y el peso medio de las bayas con una balanza analítica (Kern, ACJ 220-4M, Germany). Posteriormente en los mostos obtenidos de las uvas se analizó el contenido de Sólidos Solubles Totales (TSS) en grados Brix con un refráctometro (Optic Ivymen System, Madrid, Spain) y el pH con un potenciómetro (370 pH meter; Jenway, Essex, UK). La acidez del mosto se determinó mediante valoración con base de solución de hidróxido sódico hasta punto final indicado por fenolftaleína. Esta acidez titulable fue expresada en gramos de ácido tartárico por litro. Por último, se obtuvo el Índice de Polifenoles Total (IPT) que permite clasificar los mostos en función de su riqueza fenólica. Este índice toma en cuenta la absorción característica a 280 nm de los ciclos bencénicos de la mayoría de los fenoles. Esta medición de la absorbancia fue realizada con el espectrofotómetro UV-Vis (Genesys 10UV; Thermo Scientific, Madrid, Spain) previamente diluido el mosto con un índice 1:100 en agua destilada y con un recorrido óptico de 1 cm, utilizando como referencia el agua. Para el cálculo del índice se aplica la siguiente ecuación: IPT = A₂₈₀ x 100. Los valores del IPT están comprendidos entre 6 y

120, indicando que a mayor valor, mayor será la riqueza fenólica [17].

En el mes de diciembre de 2017, después de la parada vegetativa y la caída de hojas se realizó la poda de las plantas seleccionadas en los viñedos. Así se anotaron el número de sarmientos y el peso de la madera podada por cada vid. A partir de este dato y la producción de uva por planta fue posible calcular el Índice de Ravaz (IR). Este índice mide el equilibrio entre la superficie foliar y la producción, estableciéndose que para valores de IR menor de 4 se presenta exceso de vigor en la planta, valores entre 4 y 7 equilibrio y valores superiores a 7 refleja un exceso de producción [18].

Para el estudio de los datos obtenidos se realizó un estudio estadístico mediante las herramientas del programa Statgraphics Centurión XVI. Se realizaron análisis de la varianza para cada una de las variables estudiadas describiendo las medias con un nivel de confianza del 95% utilizando un test de Fisher (LSD).

3. Resultados y discusión

El potencial hídrico de base del día 6 de julio (Fig. 2) mostró diferencias significativas entre los tratamientos regados y de secano en las dos variedades, el valor más bajo (-0.88 MPa), se observó en la Touriga Nacional sin riego (TNNI). Como era de esperar, el valor más alto, menos negativo, se observó en los tratamientos regados, -0.48 MPa y -0.44 MPa para Touriga Nacional con riego TNDI y Touriga Franca con riego (TFDI), respectivamente. En las mediciones de potencial hídrico realizadas a medio día solar los resultados mostraron la misma tendencia (Fig. 2). En este caso, para los tratamientos en secano, la touriga nacional mostró un valor más bajo (-1.33 MPa) que la touriga franca (-1.06 MPa), esto puede deberse a las diferentes respuestas de la planta en situaciones de estrés hídrico. Uno de los principales efectos fisiológicos de la planta para combatir situaciones de estrés hídrico es el cierre de estomas para reducir las pérdidas de agua por transpiración [19]. Los estomas son el principal mecanismo de control de las plantas para reducir la pérdida de agua y su capacidad de respuesta es muy rápida. Los estomas son sensibles a los cambios ambientales, lo que estimula la apertura o cierre estomático. Diferentes estudios han demostrado que existen variedades de vid que tienen un mayor control de sus estomas que otras [20, 21]. Dependiendo del tipo de respuesta estomática de la plantas, éstas han sido clasificadas como isohídricas, aquellas que cierran sus estomas cuando el contenido de agua del suelo no es suficiente para satisfacer las necesidades de las hojas en lo que respecta al intercambio gaseoso y anisohídricas, que son aquellas que continúan transpirando cuando no hay suficiente agua disponible en el suelo para mantener la demanda creada en las hojas produciendo cavitación [22, 23].

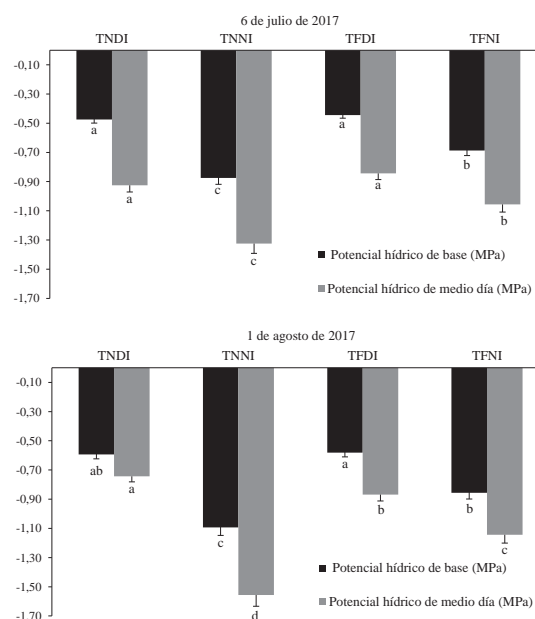


Figura 2. Potencial hídrico de base y de medio día medido en dos días diferentes (6 de julio y 1 de agosto de 2017). Letras diferentes en cada barra indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) para cada día de medición.

En lo que respecta a las mediciones de potencial hídrico del día 1 de agosto, la tendencia es similar a la del 6 de julio, los tratamientos regados tuvieron valores menos negativos de potencial hídrico que los de secano y la variedad Touriga Nacional presentó los valores más bajos tanto en las mediciones nocturnas (-1.09MPa) como en las de medio día solar (-1.56MPa).

En la Figura 3 se representan los resultados obtenidos para el índice relativo de clorofilas. En las mediciones realizadas el día 6 de julio, no se mostraron diferencias significativas entre tratamientos regados y de secano ni entre variedades. Sin embargo, en las mediciones realizadas el 1 de agosto sí que existieron diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento con riego de la variedad touriga franca (38.5) y el secano (32.4). Esto puede deberse a que las vides regadas hay una menor degradación de las clorofilas que en las de secano. Esto también aconteció en otros estudios que evaluaban el efecto del riego en la vid [24, 25].

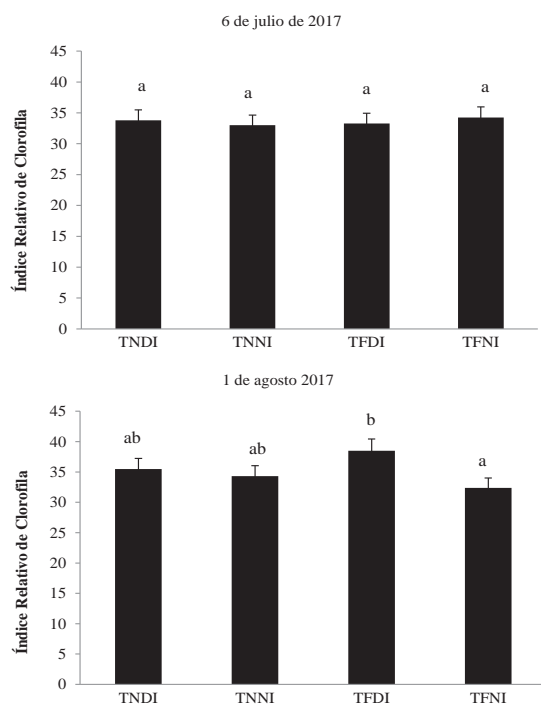


Figura 3. Índice Relativo de Clorofila medido en dos días diferentes (6 de julio y 1 de agosto de 2017). Letras diferentes en cada barra indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) para cada día de medición.

La conductancia estomática (Fig. 4.) mostró diferencias significativas entre los tratamientos en la mayoría de los casos. Para las mediciones realizadas el día 6 de julio, los valores más bajos se presentan en las modalidades de secano, pues estas tienen un mayor estrés hídrico, como era de esperar. También se aprecia el efecto del estrés, más acentuado cuando va pasando las horas del día, por eso para todas las modalidades, los valores medidos a las 15 hs son más bajos que los medidos a las 11 hs. En lo que respecta a las mediciones del día 1 de agosto, la tendencia es la misma en cuanto a las modalidades regadas y de secano, pero en este caso hay una mayor igualdad entre las mediciones hechas a diferentes horas. Esto puede deberse a que las temperaturas y el déficit de presión de vapor no fueron muy diferentes entre ambos momentos de ese día.

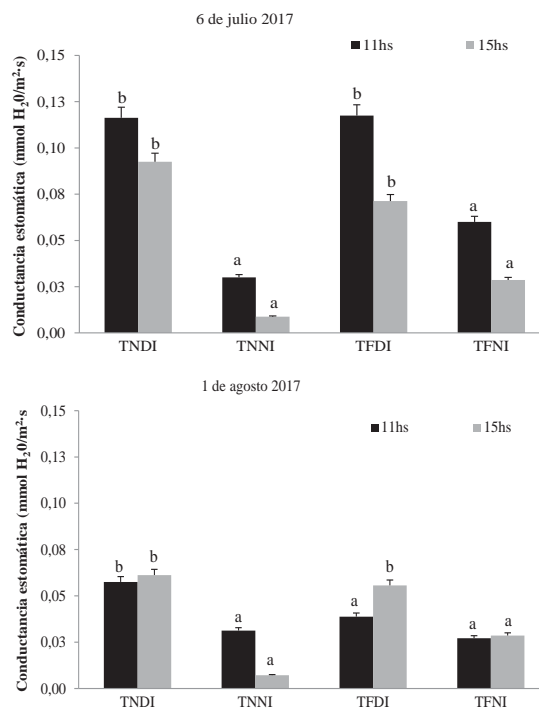


Figura 4. Efecto del riego y la variedad en la conductancia estomática. Letras diferentes en cada barra indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) para cada día de medición.

Para la fotosíntesis neta (Fig 5.) medida en el día 6 de julio los mayores valores para la Touriga Nacional, se presentan en la modalidad regada y a las 11hs. En la Touriga Franca solo se presentaron diferencias significativas entre las mediciones hechas a las 15 hs entre la modalidad regada y de secano. Tanto el potencial hídrico como la conductancia estomática y la fotosíntesis neta son parámetros que están correlacionados y representan el nivel de estrés de la planta con un déficit hídrico en el suelo [26].

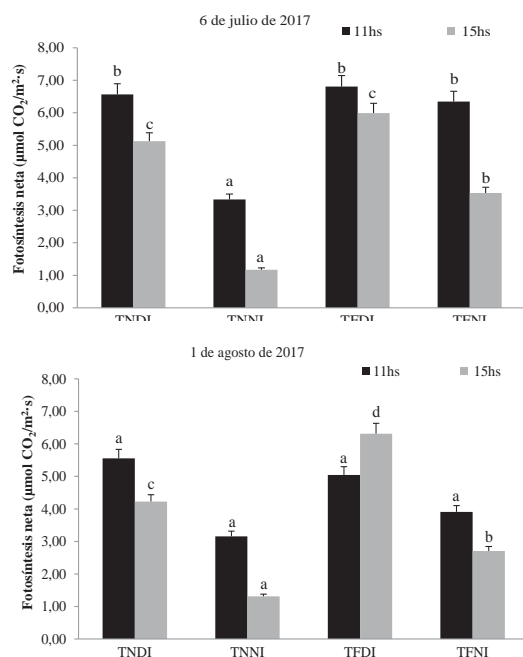


Figura 5. Efecto del riego y la variedad en la fotosíntesis neta. Letras diferentes en cada barra indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) para cada día de medición.

Analizando los resultados obtenidos en los parámetros agronómicos y de la calidad de uva (Tabla 1) podemos ver que la producción de uva aumentó en las modalidades regadas. Para la Touriga Nacional se produjo un aumento del 24.5% respecto al tratamiento sin riego (de 0.77 kg vid⁻¹ a 1.02 kg vid⁻¹) y para la Touriga Franca también se produjo un aumento del 35,67% (de 1.10 kg vid⁻¹ a 1.71 kg vid⁻¹). Entre variedades, fue la Touriga Franca la que se mostró más productiva. Estos resultados coinciden con otros

Tabla 1. Parámetros agronómicos y de calidad de los mostos para las dos variedades y los tratamientos de riego. Los valores medios \pm error estándar.

Parámetro	Touriga Nacional		Touriga Franca	
	DI	NI	DI	NI
Número de racimos por vid	16.50 \pm 7.43 ^b	14.89 \pm 6.45 ^b	9.83 \pm 2.26 ^a	7.94 \pm 4.28 ^a
Producción (kg vid ⁻¹)	1.02 \pm 0.62 ^a	0.77 \pm 0.44 ^a	1.71 \pm 0.72 ^b	1.10 \pm 1.19 ^a
Número de sarmientos por vid	8.17 \pm 3.53 ^{ab}	8.56 \pm 3.26 ^b	7.50 \pm 1.95 ^{ab}	6.50 \pm 1.91 ^a
Peso de sarmientos (kg vid ⁻¹)	0.32 \pm 0.17 ^a	0.27 \pm 0.21 ^a	0.32 \pm 0.23 ^a	0.23 \pm 0.16 ^a
Índice de Ravaz	3.93 \pm 3.07 ^a	4.35 \pm 4.46 ^a	5.97 \pm 1.97 ^a	4.47 \pm 2.56 ^a
Peso uva (g)	4.41 \pm 0.22 ^b	3.55 \pm 0.19 ^a	5.39 \pm 0.20 ^c	5.14 \pm 0.18 ^c
Diámetro uva (mm)	10.88 \pm 0.84 ^a	10.28 \pm 1.24 ^a	13.24 \pm 1.13 ^c	12.28 \pm 1.44 ^b
Sólidos Solubles Totales (TSS) (°Brix)	24.53 \pm 0.10 ^a	25.67 \pm 0.13 ^c	25.03 \pm 0.20 ^b	25.50 \pm 0.45 ^c
pH	3.60 \pm 0.07 ^a	3.75 \pm 0.02 ^c	3.60 \pm 0.01 ^a	3.66 \pm 0.01 ^b
Acidez (TA) (g/L)	3.48 \pm 0.11 ^c	3.73 \pm 0.16 ^c	2.55 \pm 0.20 ^a	2.90 \pm 0.19 ^b
Índice de Polifenoles Totales (IPT)	53.83 \pm 16.57 ^a	66.00 \pm 8.39 ^a	57.83 \pm 10.8 ^a	65.50 \pm 14.84 ^a

Valores en una misma fila con letras diferentes, son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

estudios en los cuales, los tratamientos regados fueron más productivos [27, 28].

En cuanto alguno de los parámetros del vigor como son el peso de los sarmientos podados y el Índice de Ravaz, no hubo diferencias significativas para ninguno de ellos.

Respecto a los parámetros de calidad de las uvas, existieron diferencias significativas entre el peso de las uvas. Así para la modalidad de secano de Touriga Nacional se produjo una reducción del 19.5% respecto de la regada (de 3.55g a 4.41g). En la variedad Touriga Franca, solo se produjo una reducción del peso del 4.6% para el tratamiento sin riego (de 5.14g a 5.39g).

En lo que respecta a los parámetros de calidad del mosto, el contenido en azúcares expresado en °Brix mostró diferencias significativas. En las dos variedades estudiadas, las modalidades en secano presentaron mayor contenido de azúcares que las variedades regadas. El pH también mostró diferencias en cuanto al riego, teniendo mayor valor en las modalidades regadas. La acidez total expresada en ácido tartárico presentó una reducción del 6.7% para la Touriga Nacional respecto del tratamiento en secano al regado (de 3.73 g/L a 3.48 g/L). En touriga franca esta reducción representó un 12.1% para modalidad en secano respecto de regada (de 2.90 g/L a 2.55 g/L). Estos resultados están en concordancia con otros estudios que evaluaron el efecto del riego en vid [29, 30].

Finalmente, un parámetro de calidad fundamental en las variedades tintas de vinificación es el contenido en polifenoles. Estos compuestos se encuentran mayormente en la piel de la baya y aportan muchas características al vino, tanto aromáticas como visuales [31]. En nuestro caso, fue calculado el Índice de Polifenoles Totales (IPT) no mostrando diferencias significativas entre las modalidades con riego y en secano ni entre variedades.

4. Conclusiones

Las vides regadas presentaron valores de potencial hídrico menos negativo que las plantas cultivadas en secano, por lo que presentaron un mejor estado de hidratación, consecuentemente, la conductancia estomática y la fotosíntesis neta también presentaron valores mayores en los tratamientos regados para las dos variedades. De aquí podemos concluir que el riego favorece una mejor actividad fotosintética en la planta. En lo que respecta a la fisiología de las dos variedades, la Touriga Nacional presentó un comportamiento menos adaptado a la sequía que Touriga Franca, ya que en condiciones de secano mostró valores más negativos de potencial hídrico. En cuanto al riego, Touriga Franca tuvo una mejor respuesta desde el punto de vista productivo, aumentando la producción de uva en un porcentaje mayor cuando se aplicó el mismo régimen de riego para las dos variedades.

Respecto al efecto del riego en los parámetros productivos y de calidad de las uvas; la producción aumento en los tratamientos regados y también el peso de baya y su diámetro. En la variedad Touriga Franca las diferencias entre tratamiento regado y no regado para los diferentes parámetros de calidad de los mostos (TSS, pH, AT y IPT) no son tan significativas como en la variedad Touriga Nacional. Esto se puede explicar a partir de las mediciones fisiológicas dado que Touriga Nacional presentó peor adaptación al estrés hídrico. En condiciones de estrés hídrico elevado la planta reduce su actividad fotosintética al mínimo para reducir las pérdidas de agua, al mismo tiempo los pocos compuestos que se sintetizan en las hojas no se acumulan en las bayas, sino que se produce la translocación a otros órganos vitales de la planta para garantizar su supervivencia. Así la acumulación de compuestos en las uvas se ve ralentizada hasta que las condiciones hídricas de la planta mejoran.

Con un pequeño aporte de agua en la planta, se consigue mantener una actividad fotosintética razonable, consiguiendo un equilibrio entre producción de uvas y calidad de la mismas para mejorar el rendimiento económico en el cultivo de la vid.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero del proyecto DOUROZONE - Risco de exposição ao ozono para a vinha Duriense em clima atual e futuro (PTDC/AAG-MAA/3335/2014; POCI-01-0145-FEDER-016778).

The authors wish to thank the financial support of the DOUROZONE project

(PTDC/AAG-MAA/3335/2014; POCI-01-0145-FEDER-016778) through the Project 3599 – Promoting the scientific production and the technological development, and thematic networks (3599-PPCDT) and through FEDER.

Projeto realizado com o apoio da Sogrape Vinhos S.A.

Referencias

1. A.J. Winkler, J.A. Cook, W.M. Kliever y L.A. Lider, *General viticulture*, 4th ed. Berkeley: University of California Press, (1974)
2. P. Galet, A. *Practical Ampelography: Grapevine Identification*. Cornell University Press, Ithaca, NY and London. (1979)
3. OIV, *Definition von "Weinbaugebiet"*. Federico Castellucci. Resolution OIV/VITI 333/2010. (2010)
4. C. Van Leeuwen y P. Darriet. *J. Wine Econ.*, **11**, 1, 150–167, (2016)
5. J. Gladstones, *Wine, Terroir and Climate Change*. Kent Town, South Australia: Wakefield Press, (2011)
6. G. V. Jones, *Uma Avaliação do Clima para a Região Demarcada do Douro: Uma análise das condições climáticas do passado, presente e futuro para a produção de vinho*. Livro editado por ADVID – Associação para o Desenvolvimento da Viticultura Duriense. (2013)
7. Porto and Douro Wines Institute, *Statistics. Área de vinha e sua composição*. (2017). [Online] Disponible en: https://www.ivdp.pt/estatisticas_novo2.php?codIdioma=0&codEstatistica=2&odIdioma=0&periodos=461 (Acceso 1 de marzo 2018)
8. G. V. Jones and F. Alves, *Int. J. Glob. Warm.*, **4**, 3/4, 383–406, (2012)
9. L.E., Williams, M.A., Matthews. *Grapevine*. In: B.A., Stewart, D.R., Nielsen, (Eds.), *Irrigation of Agricultural Crops*, Agronomy Monograph No. 30. ASA-CSSA-SSSA, Madison, 1019–1055. (1990)
10. D.I. Jackson, P.B. Lombard. *Am. J. Enol. Vitic.* **44**, 4, 409–430. (1993)
11. B.M. Freeman, W.M. Kliever. *Am. J. Enol. Vitic.* **34**, 197–207. (1983)
12. A. Deloire, A. Carbonneau, Z.P. Wang, H. Ojeda. *J. Int. Sci. Vigne Vin.* **38**, 1, 1–13. (2004)
13. A. C. Malheiro, J. A. Santos, H. Fraga, y J. G. Pinto. *Clim. Res.*, **43**, 3, 163–177. (2010)
14. A. C. Real, J. Borges, J. S. Cabral, and G. V. Jones, *Int. J. Biometeorol.* **59**, 8, 1045–

- 1059 (2015)
15. P.R. Dry, B.R. Loveys, M.G. McCarthy, M. Stoll. *J. Int. Sci. Vigne Vin.* **35**, 129-139. (2001)
16. R.G. Allen, L.S. Pereira, D. Raes, M. Smith. *Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements.* FAO Irrigation and Drainage, Paper No. 56, Rome, Italy. (1998)
17. P. Ribéreau-Gayon, Y. Glories, D. Maujean, D., Dubourdieu. *Tratado de enología 2: química del vino, estabilización y tratamientos.* Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. (2003)
18. D.J. Yuste. *Factores de desequilibrio de la vid: alternativas para el manejo eficaz del potencial vegetativo hacia el equilibrio del viñedo.* En: El control del vigor y del rendimiento en el marco de una viticultura de calidad., La Rioja. APROVI. (2005)
19. L. Taiz, E. Zeiger. *Plant Physiology.* 4th ed. Sinauer Associates, M.A., Sunderland. 2006.
20. A. Chouzouri, H.Z. Schultzs. *Acta Horticulturae ISHS.* **689**, 325-331. (2005)
21. M. Chaves, O. Zarrouk, R. Francisco, J.M. Costa, T. Santos, A.P. Regalado, M.L. Rodrigues, C.M. Lopes. *Ann Bot.* **105**, 661-676. (2010)
22. F. Tardieu, T. Simonneaut. *J Exp Bot.* **49**, 419-432. (1998)
23. P. Franks, P.L. Drake, R.H. Friend. *Plant Cell Environ.* **30**, 19-30. (2007)
24. D.S. Intrigliolo, J.R. Castel. *Agric. Water Manage.*, **96**, 282-292. (2009)
25. E. Trigo-Córdoba, Y. Bouzas-Cid, I. Orriols-Fernández, J.M. Mirás-Avalos. *Agric. Water Manage.*, **161**, 20-30. (2015)
26. C.R. de Souza, J.P., Maroco, T.P., dos Santos, M.L. Rodríguez, C.M. Lopes, J.S. Pereira, M.M. Chaves. *Funct. Plant Biol.* **30**, 653-662. (2003)
27. B. Basile, J. Girona, M.H. Behboudian, M. Mata, J. Rosello, M. Ferré, J. Marsal. *Irrig. Sci.* **30**, 397-406. (2012)
28. M. L. de la Hera-Orts, A. Martínez-Cutillas, J. M. López-Roca, E. Gómez-Plaza. *Span J Agric Res.* **2**, 273-286. (2004)
29. H. Medrano, J.M. Escalona, J. Cifre, J. Bota, J. Flexas. *Func. Plant Biol.* **30**, 607-619. (2003)
30. S.L. Gu, G.Q. Du, D. Zoldoske, A. Hakim, R., Cochran, K. Fugelsang, G. Jorgensen. *J. Hort. Sci. Biotech.* **79**, 26-33. (2004)
31. A. Coletta, S. Berto, P. Crupi, M. C. Cravero, P. Tamborra, D. Antonacci, P. G. Daniele, E. Prenesti. *Food Chem.* **152**, 467-474, (2014)