



TESIS DOCTORAL

RESPUESTA FISIOLÓGICA Y AGRONÓMICA
DE VARIEDADES GALLEGAS DE VID A
DIFERENTES PRÁCTICAS DE CULTIVO:
CUBIERTAS VEGETALES Y RIEGO

Emiliano Trigo Córdoba

DEPARTAMENTO INGENIERÍA AGROFORESTAL / INGENIERÍA
PARA EL DESARROLLO RURAL

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

LUGO

AÑO 2015



**A mis
amigos
Gallegos
José María y
José Manuel**





Agradecimientos

En primer lugar y antes de dar las gracias quisiera pedir perdón a mis directores de tesis. Creo que he tenido mucha suerte con ellos, no he sido un buen doctorando lo reconozco, no he dejado de ser un técnico de campo y no me he creído nunca esto de la investigación.

Agradecer al INIA (Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria) su beca FPI para la realización de esta tesis Doctoral.

Agradecer a la EVEGA - INGACAL (Estación de Viticultura y Enología de Galicia-Instituto Gallego de la Calidad Agroalimentaria) su apoyo así como a todos los trabajadores del centro. A las Doctoras Emilia y Pilar por su cariño hacia mí, Al Maestro Alfonso por todo lo aprendido y alguna de sus frases míticas “Vaya unos técnicos no tenéis ni puta idea” y “el vino se hace en la viña eso lo dicen los que no tienen ni puta idea”.

A la gente de campo y bodega, Michael, Tino, Manolo, Jordi, Fernando.

A la gente de laboratorio, al gran Dani, Pilar, Elvira Mónica, Juan Luis,

A Paco, Mimí, María José, Lorena.

A todos los becarios que han pasado por el centro estos cuatro años.

En especial a mi compañera de proyecto y doctorado Yolanda por su generosidad y paciencia conmigo.

Al grupo de investigación GI 1716 del Departamento de Ingeniería Agroforestal de la Escuela Politécnica Superior de Lugo, Universidad de Santiago de Compostela por aceptarme en su grupo y dar cobertura a esta tesis. A María, Emma, Benjamín.

A los centros donde realicé mis estancias en Sudamérica y en España.

Año 2013 en el INTA Mendoza (Argentina) y al Dr. Jorge Pérez Peña y a su equipo.

Año 2014 a la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República en Montevideo (Uruguay) y al equipo del Dr. Gerardo Echevarría.

Año 2015 al CITRA de la Universidad de Talca (Chile) y al equipo del Dr. Samuel Ortega Farías.

Al Centro Tecnológico de la Vid y el Vino de la Universidad de Talca (Chile) y a la Dra. Ana María Martínez Gil y su equipo.

Al IFAPA Rancho de la Merced en Jerez de la Frontera (España) a la Dra. María Belén Puertas García y María José Serrano y a todo el equipo.

A las bodegas participantes en el Proyecto, en Rias Baixas bodega Largar de Cervera y en Valdeorras Bodega Germán Rodríguez Salgado.

A mis directores de Tesis Dr. José Manuel Miras Avalos, Dr. Javier José Cancela Barrio y Dr. Ignacio Orriols Fernández, por su infinita paciencia conmigo, sé que no ha sido fácil.

A esta mágica tierra Gallega que ya llevo muy dentro mío.

A mi familia Gallega, Pepe, Maricarmen, Mayca, Iker

A mi familia, Padres y hermanas sin su apoyo esto no habría sido posible.

Graciñas!



D. **Ignacio Orriols Fernández**, Doctor en Química (Xunta de Galicia), D. **Javier José Cancela Barrio**, Doctor Ingeniero Agrónomo (Depto. Ingeniería Agroforestal-USC) y D. **José Manuel Mirás Avalos**, Doctor en Biología (CEBAS-CSIC)

CERTIFICAN

Que la presente Tesis Doctoral, titulada "*Respuesta fisiológica y agronómica de variedades Gallegas de vid a diferentes prácticas de cultivo: cubiertas vegetales y riego*", que presenta D. Emiliano Trigo Córdoba para optar al Grado de Doctor por la Universidad de Santiago de Compostela, fue realizada bajo su dirección y, estando concluida, autorizan su presentación para que pueda ser evaluada por el Tribunal correspondiente.

Por tanto, informamos **favorablemente** para realizar la presentación de la Tesis Doctoral ante el Departamento de Ingeniería Agroforestal.

Lo que firmamos a los efectos oportunos, a 30 de noviembre de 2015.

Dr. I. Orriols Fernández

Dr. J.J. Cancela Barrio

Dr. J.M. Mirás Avalos





XUNTA DE GALICIA
CONSELLERÍA DO MEDIO RURAL
ESTACIÓN DE VITICULTURA E ENOLOXÍA DE GALICIA (EVEGA)



D. **Emiliano Trigo Córdoba** presenta la Tesis Doctoral, titulada “*Respuesta fisiológica y agronómica de variedades Gallegas de vid a diferentes prácticas de cultivo: cubiertas vegetales y riego*”.

Para optar al título de Doctor en Programa de **Doctorado Ingeniería para el desarrollo rural** del Departamento de Ingeniería Agroforestal de la Escuela Politécnica Superior de Lugo, Universidad de Santiago de Compostela para optar al Título de Doctor.

En Lugo 30 Noviembre de 2015

Emiliano Trigo Córdoba



ÍNDICE

Agradecimientos	V
Producción científica	XVII
Resumen	XXIV
Resumo	XXVI
Summary	XXVIII
Introducción	3
1.- Zonas de cultivo	4
1.1. DO Rías Baixas	4
1.2. DO Ribeiro	5
1.3. DO Valdeorras	8
2.- Variedades de Vid	9
2.1. Albariño	10
2.2. Godello	11
2.3. Treixadura	13
2.4 Mencía	14
3.- Necesidades hídricas de los cultivos y riego	15
3.1. Riego Localizado	17
4.- Cubiertas vegetales	20
Objetivos	27
Material y Métodos	31
1. Descripción general de las parcelas de ensayo	31
2. DO Rias Baixas	31
3. DO Ribeiro	32

4. DO Valdeorras.....	34
5. Clasificación Climática.....	34
6. Instalaciones y diseños experimentales	35
7. Mediciones en campo	38
8. Control de la calidad del agua de riego y estado de fertilidad del suelo	39
9. Fenología, cobertura vegetal y crecimiento vegetativo	39
10. Monitorización del agua en el suelo	40
11. Parámetros fisiológicos	41
12. Parámetros productivos	43
13. Procesos en bodega: elaboraciones de vino blanco y vino tinto	44
14. Análisis de laboratorio.....	50
15. Análisis del perfil hedónico de los vinos. Diseño de test de consumidores	50
16. Métodos estadísticos aplicados.....	53
Resultados y discusión.....	57
1. DO Valdeorras	
Evolución de parámetros climático. Índices Bioclimáticos.....	57
Caracterización del suelo. Análisis de fertilidad	61
Fenología	62
Dosis de riego	63
Contenido hídrico del suelo.....	63
Evolución del potencial hídrico	66
Evolución de la conductancia estomática.....	70
Evolución de la fluorescencia de la clorofila.....	71
Contenido relativo en clorofila.....	72
Crecimiento vegetativo y producción.....	73
Parámetros de calidad de los mostos	74

Control de fermentaciones.....	76
Parámetros de calidad de los vinos.....	77
Catas de consumidores	78
2. DO Rías Baixas	82
Evolución de parámetros climáticos. Índices Bioclimáticos.....	82
Caracterización del suelo. Análisis de fertilidad	85
Fenología	86
Dosis de riego	87
Contenido hídrico del suelo.....	88
Evolución del potencial hídrico.....	91
Evolución de la conductancia estomática.....	94
Evolución de la fluorescencia de la clorofila.....	95
Contenido relativo en clorofila.....	96
Crecimiento vegetativo y producción.....	96
Parámetros de calidad de los mostos.....	97
Control de fermentaciones.....	99
Parámetros de calidad de los vinos.....	100
Catas de consumidores	101
3. DO Ribeiro	104
Evolución de parámetros climáticos. Índices Bioclimáticos.....	104
3.1. Ensayo Riego.....	108
Caracterización del suelo. Análisis de fertilidad	108
Fenología	108
Dosis de riego	110

Contenido hídrico del suelo.....	110
Evolución del potencial hídrico.....	112
Evolución de la conductancia estomática.....	116
Evolución de la fluorescencia de la clorofila.....	119
Contenido relativo en clorofila.....	121
Crecimiento vegetativo y producción.....	123
Controles de maduración de las variedades estudiadas.....	125
Parámetros de calidad de los mostos.....	127
Control de fermentaciones.....	129
Parámetros de calidad de los vinos.....	131
Catas de consumidores.....	132
3.2. Ensayo Cubiertas vegetales.....	136
Caracterización del suelo. Análisis de fertilidad.....	136
Fenología.....	137
Contenido hídrico del suelo.....	137
Evolución del potencial hídrico.....	139
Evolución de la conductancia estomática.....	139
Evolución de la fluorescencia de la clorofila.....	142
Contenido relativo en clorofila.....	143
Crecimiento vegetativo y producción.....	144
Controles de maduración.....	146
Parámetros de calidad de los mostos.....	148
Control de fermentaciones.....	149
Parámetros de calidad de los vinos.....	150
Catas de consumidores.....	151

Conclusiones.....	161
Bibliografía.....	167
Índice de Tablas.....	177
Índice de Figuras	179





Producción científica durante la realización de la tesis doctoral:

El trabajo de investigación recogido en esta memoria fue realizado durante cuatro años en la Estación de Viticultura y Enología de Galicia (EVEGA-INGACAL) y en el Departamento de Ingeniería Agroforestal de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Santiago de Compostela (USC) con una beca para la Formación de Personal Investigador (FPI) concedida por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (convocatoria FPI-INIA 2011). El trabajo realizado se enmarcó dentro del proyecto INIA de referencia RTA2011-00041-C02-00.

Los resultados obtenidos a lo largo de estos años han dado lugar a los siguientes trabajos de investigación:

Artículos en Revistas científicas SCI (4)

- J.M. Mirás Avalos, **E. Trigo Córdoba**, Y. Bouzas Cid. 2014. Does predawn water potential discern between irrigation treatments in Galicia white grapevine cultivars? *Journal Internacional des Sciences de la Vigne et du Vin* 48, 123- 127.
- E. Trigo Córdoba**, Y. Bouzas Cid, I. Orriols Fernández, J.M. Mirás Avalos. 2014. Irrigation effects on the sensory perception of wines from three white grapevine cultivars traditional from Galicia (Albariño, Godello and Treixadura). *Ciência e Técnica Vitivinícola* 29(2), 71-80.
- E. Trigo Córdoba**, Y. Bouzas Cid, I. Orriols Fernández, J.M. Mirás Avalos. 2015. Effects of deficit irrigation on the performance of grapevine (*Vitis Vinifera* L.) cv. ‘Godello’ and ‘Treixadura’ in Ribeiro NW Spain. *Agricultural Water Management* 161, 20-30.
- E. Trigo Córdoba**, Y. Bouzas Cid, I. Orriols Fernández, E. Díaz Losada, J.M. Mirás Avalos. 2015. Influence of cover crop treatments on the performance of a vineyard in a humid region. *Spanish Journal of Agricultural Research*. Volume 13, Issue 4. e0907, 12 pages. <http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2015134-8265>.

Artículos en Revistas científicas tipo B (1)

- E. Trigo**, J.M. Mirás, I. Orriols, J.J. Cancela. 2013. Respuesta fisiológica y agronómica de la variedad Godello a diferentes sistemas de riego en dos denominaciones de Origen gallegas. *Spanish Journal of Rural Development* Vol. IV(Special 2), 61-68.

Artículos en Revistas de divulgación (6)

- J. M. Mirás Avalos, **E. Trigo Córdoba**, Y. Bouzas Cid, F. Rego Martínez, E. Díaz Losada. 2012. Efectos del riego sobre tres variedades blancas autóctonas gallegas (Treixadura, Godello y Albariño) en la D.O Ribeiro: Primeros resultados. *Interempresas Industria Vitivinícola* 960, 20-27.
- J. M. Mirás Avalos, **E. Trigo**, Y. Bouzas, E. Díaz, I. Orriols, B.J. Rey, M. Fandiño, E.M. Martínez, J.J. Cancela. 2013. Estado Hídrico de viñedos del noroeste de España: Valoración Agronómica y económica. *Interempresas Horticultura* 308, 30-38.
- E. Trigo Córdoba**, I. Orriols Fernández, J.M. Mirás Avalos. 2014. Influencia del riego en el perfil sensorial de vinos de tres variedades blancas autóctonas de la D.O Ribeiro. *Enólogos* 87, 40-45.
- J.J. Cancela, E.M. Martínez, **E. Trigo**, M. Fandiño, B.J. Rey, J.M. Mirás-Avalos. 2014. Evaluación Agronómica del riego sobre Godello en la D.O. Valdeorras y D.O. Monterrei. *La Semana Vitivinícola* 3431, 1414- 1419.
- J.M. Mirás Avalos, **E. Trigo Córdoba**, J.M. Gómez Sanmartín, M. López Parada. 2015. Estado hídrico de siete variedades autóctonas de Galicia durante las campañas de 2012 a 2014 en la D.O. Ribeiro. *Enoviticultura* 34, 18-27.
- J.M. Mirás, **E. Trigo**, Y. Bouzas, E. Díaz, D. Fornos, E. Falqué, I. Orriols. 2015. Efecto de cuatro sistemas de mantenimiento del suelo sobre la respuesta agronómica y enológica de la variedad Mencía en la D.O Ribeiro. *Enoviticultura* 32, 38-51.

Comunicaciones a Congresos Internacionales (11)

- E. Trigo Córdoba**, J.M. Gómez Sanmartín, Y. Bouzas Cid, E. Díaz Losada, J.M. Mirás Avalos. Effects of three training systems on the agronomic and oenological response of Albariño on the Ribeiro AOC. Preliminary results. IX Congrès International des Terroirs Vitivinicoles. Dijon-Reims (Francia) 25-29 Junio 2012.

- J.M. Mirás Avalos, **E. Trigo Córdoba**, J.M. Gómez Sanmartín, Y. Bouzas Cid, E. Díaz Losada, I. Orriols Fernández. Effects of irrigation on the agronomic performance of Treixadura cultivar. Data from the first year of studies. IX Congrès International des Terroirs Vitivinicoles. Dijon-Reims (Francia) 25-29 Junio 2012.
- J.M. Mirás Avalos, **E. Trigo Córdoba**, I. Orriols Fernández. Climate characterization of an area within the Ribeiro AOC (Galicia, NW Spain) from 2000 to 2011. IX Congrès International des Terroirs Vitivinicoles. Dijon-Reims (Francia) 25-29 Junio 2012.
- E. Trigo Córdoba**, J.M. Gómez Sanmartín, Y. Bouzas Cid, E. Díaz Losada, I. Orriols Fernández, J.M. Mirás Avalos. Irrigation effects on the agronomic performance of Albariño cultivar in the Ribeiro AOC. Preliminary results. SHE 2012. 2nd Symposium on Horticulture in Europe. Angers (Francia) 1-5 Julio 2012.
- J.M. Mirás-Avalos, **E. Trigo-Córdoba**. Evolution of midday leaf and stem water potential and their correlations with other ecophysiological measurements in three Galician grapevine cultivars. 18° International Symposium Giesco 2013. Oporto (Portugal) 7–11 Julio 2013.
- M. Fandiño, E.M. Martínez, **E. Trigo-Córdoba**, Y. Bouzas-Cid, E. Díaz-Losada, J.M. Mirás Avalos, B.J. Rey, J.J. Cancela. Irrigations effects on the ecophysiological response of Godello cultivar from Valdeorras D.O. (NW Spain) in 2012. 18° International Symposium Giesco 2013. Oporto (Portugal) 7–11 Julio 2013.
- J.M. Mirás-Avalos, **E. Trigo-Córdoba**, Y. Bouzas-Cid, E.I. Vázquez Rodríguez. Performance of mencía grapevine cultivar under different soil management treatments. 18° International Symposium Giesco 2013. Oporto (Portugal) 7–11 Julio 2013.
- E. Trigo Córdoba**, M. Fandiño, Y. Bouzas Cid, J. Cancela, B. Rey, E. Martínez, E. Díaz Losada, J.M. Mirás Avalos. Irrigation effects on the agronomic and enological performance of Godello cultivar from Valdeorras D.O. (NW Spain) in 2012. 18° International Symposium Giesco 2013. Oporto (Portugal) 7–11 Julio 2013.
- Y. Bouzas Cid, **E. Trigo Córdoba**, I. Orriols Fernández, J.M. Mirás Avalos. Irrigation effect on the sensory profile of wines from two red grapevine cultivars autochthonous from D.O. Ribeiro (NW Spain). 18° International Symposium Giesco 2013. Oporto (Portugal) 7–11 Julio 2013.

- M. Fandiño, **E. Trigo Córdoba**, E.M. Martínez, Y. Bouzas Cid, B.J. Rey, J.J. Cancela, J.M. Mirás Avalos. Irrigation effects on soil attributes and grapevine performance in a Godello vineyard of NW Spain. EGU 2014. European Geosciences Union General Assembly 2014. Viena (Austria) 27 Abril – 2 Mayo 2014.
- E.M. Martínez, **E. Trigo Córdoba**, Y. Bouzas Cid, M. Fandiño, B.J. Rey, J.M. Mirás Avalos, J.J. Cancela. Effects of climate variability on irrigation scheduling in white varieties of *vitis vinifera* of NW Spain. EGU 2014. European Geosciences Union General Assembly 2014. Viena (Austria) 27 Abril – 2 Mayo 2014.

Comunicaciones a Congresos Nacionales (10)

- J.M. Mirás Avalos, **E. Trigo Córdoba**. Efecto del riego en variedades tintas autóctonas de Galicia: Sousón y Brancellao. Resultados experimentales 2011. 27ª Reunión del Grupo de Trabajo y Experimentación en Viticultura y Enología. Sergude (A Coruña, España). 8-10 Mayo 2012
- E. Trigo Córdoba**, J.M. Gómez Sanmartín, E. Díaz Losada, F. Martínez Rego, I. Orriols Fernández, J.M. Mirás Avalos. Efecto del riego en la respuesta agronómica de *Vitis vinifera* variedad Godello en la DO Ribeiro. Resultados en 2011. XI Simposio Hispano-Portugués de Relaciones Hídricas en las Plantas. Sevilla (España). 17-20 Septiembre 2012
- J.M. Mirás Avalos, **E. Trigo Córdoba**, E.M. Martínez, E. Díaz, B.J. Rey, I. Orriols, M. Fandiño, J.J. Cancela. Efecto de dos sistemas de riego por goteo en la respuesta productiva y enológica del albariño en la D.O Rías Baixas. 28ª reunión anual del grupo de trabajo de experimentación en viticultura y enología. La Alberca (Murcia) 16 -17 de abril de 2013
- J. M. Mirás Avalos, **E. Trigo Córdoba**, Y. Bouzas Cid, E. Díaz Losada, I. Orriols Fernández. Relación entre humedad de suelo y estado hídrico de albariño bajo condiciones de riego y seco. Jornadas de investigación en la Zona No Saturada del suelo. Lugo 6-8 Noviembre 2013
- E. Trigo Córdoba**, Y. Bouzas Cid, M. Fandiño, J.J. Cancela, B.J. Rey, E.M. Martínez, I. Orriols Fernández, J.M. Mirás Avalos. Influencia del sistema de riego sobre el perfil sensorial de los vinos de Godello en la D.O Valdeorras en 2012. Cata técnica y de consumidores. XVI Congreso Nacional de Enólogos. Jerez de la Frontera (Cádiz). Mayo 2014

- E. Trigo Córdoba**, Y. Bouzas Cid, I. Orriols Fernández, J.M. Mirás Avalos. Efecto del riego sobre el perfil sensorial de variedades blancas de la D.O Ribeiro en la vendimia 2012. Cata técnica y de consumidores. XVI Congreso Nacional de Enólogos. Jerez de la Frontera (Cádiz). Mayo 2014
- E. Trigo**, Y. Bouzas, E. Díaz, I. Orriols, J.M. Mirás. Influencia del riego en la variedad Sousón, tinta autóctona de Galicia: Resultados experimentales 2012-2013. I Jornadas del Grupo de Viticultura y Enología de la SECH. Logroño (España) 19-20 Noviembre 2014
- M. Fandiño, A.C. Malheiro, **E. Trigo-Córdoba**, J.M. Mirás-Avalos, E.M. Martínez, J. Moutinho-Pereira, L.T. Dinis, H. Ferreira, B.J. Rey, C.M. Correia y J.J. Cancela. Efecto del régimen hídrico sobre metabolitos en hoja y parámetros de producción de *Vitis vinifera* cv. Godello en Galicia (España). I Jornadas del Grupo de Viticultura y Enología de la SECH. Logroño (España) 19-20 Noviembre 2014
- J.M. Mirás Avalos, M. Fandiño, **E. Trigo Córdoba**, E.M. Martínez, B.J. Rey, Y. Bouzas Cid, E. Díaz Losada, I. Orriols Fernández, J.J. Cancela. Cubiertas vegetales y riego en las denominaciones de origen gallegas: producción y calidad. 30ª Reunión del Grupo de Trabajo y Experimentación en Viticultura y Enología. Bilbao (España) Marzo 2015
- J.J Cancela, M. Fandiño, J.M Silvestre, **E. Trigo Córdoba**, E.M Martinez, I. Caldeira, B.J. Rey, P. Climaco, J.M Mirás Avalos. Influencia de la composición y experiencia de un panel de cata sobre la valoración de vinos Albariño. Gienol 2015. Tarragona (España) 9-12 Junio 2015





RESUMEN

En Galicia, el régimen cambiante en la distribución temporal de las precipitaciones durante los últimos años, junto al cultivo de variedades excesivamente vigorosas que pueden sufrir desequilibrios entre el desarrollo vegetativo y productivo de la vid, han llevado a la realización de este trabajo.

El presente estudio tiene como objetivo profundizar en el conocimiento de dos técnicas de manejo del viñedo: el riego y el mantenimiento del suelo mediante cubiertas vegetales, evaluando los efectos que producen en la respuesta fisiológica, agronómica y cualitativa de variedades de vid de cultivo tradicional en Galicia. Los ensayos se realizaron entre los años 2012 y 2014 en tres denominaciones de origen (DO) gallegas: Rías Baixas, Ribeiro y Valdeorras. En todas ellas se planteó un experimento de riego en variedades blancas (Albariño, Godello y Treixadura) y, además, en Ribeiro se instaló un ensayo de manejo del suelo con cubiertas vegetales en una variedad tinta (Mencía).

El experimento en la DO Rías Baixas se llevó a cabo en una finca comercial de O Rosal (Pontevedra) dentro de la Subzona Rosal, y consistió en un secano y un riego por goteo aéreo según el criterio empleado habitualmente por la bodega. En esta experiencia, la variedad estudiada fue Albariño.

En la DO Ribeiro, el ensayo tuvo lugar en Leiro (Ourense) dentro de la finca experimental de la Estación de Viticultura y Enología de Galicia (EVEGA). Se diseñó un ensayo consistente en un secano y un riego por goteo aéreo al 50% de la evapotranspiración del cultivo (ET_c). En este caso se estudiaron las variedades Godello y Treixadura.

Dentro de la DO Valdeorras, la situada más al interior de Galicia, la parcela de estudio estuvo situada en una finca comercial de la localidad de A Rúa (Ourense). Este experimento consistió en tres tratamientos: un secano, un riego por goteo aéreo y un riego por goteo enterrado a 40 cm. Se aplicó, desde floración, un riego diario de una hora con un gotero de 2 L h^{-1} por planta. La variedad objeto de estudio, en este caso, fue Godello.

La experiencia sobre manejo del suelo mediante cubiertas vegetales se instaló en la finca experimental de EVEGA dentro de la DO Ribeiro, y contó con cuatro tratamientos en las calles: laboreo, cubierta espontánea, Raigrás (*Lolium perenne* L.) y Trébol (*Trifolium subterraneum* L.). La variedad estudiada fue Mencía.

Se realizaron medidas ecofisiológicas en la planta (potencial hídrico foliar a mediodía, de mañana y de tallo, conductancia estomática, actividad del fotosistema II, contenido relativo en clorofila), contenido en agua del suelo, parámetros agronómicos (fenología, área foliar, producción, madera de poda) y de calidad de mostos y vinos (acidez total, pH, sólidos solubles y grado alcohólico, ácidos málico y tartárico) procedentes de los diferentes ensayos. Los vinos fueron catados por consumidores (50 participantes por año) para determinar la preferencia de estos por los vinos de alguno de los distintos tratamientos estudiados.

En general, en los tratamientos de riego se observaron potenciales hídricos menos negativos que en los de secano que, por su parte, no alcanzaron niveles de estrés ya que no se vieron comprometidos ni la producción ni los parámetros fisiológicos.

En cuanto a los parámetros de mostos y vinos, se observó un aumento en el contenido en sólidos solubles y el grado alcohólico respectivamente, así como un descenso de la acidez en los tratamientos de secano con respecto a los de riego. Si bien, en la mayoría de los casos, estas diferencias no han sido significativas.

Respecto a los resultados de las catas de consumidores, se observó una ligera preferencia hacia los vinos procedentes de los tratamientos de secano en las DO Ribeiro y Valdeorras, mientras que en Rías Baixas los vinos de los dos tratamientos considerados fueron valorados de manera muy similar.

En cuanto al experimento de cubiertas vegetales, se observaron diferencias significativas entre tratamientos en el potencial hídrico de tallo para algunas fechas de medida. Se apreció un estrés hídrico moderado, siendo los potenciales más negativos los correspondientes a las cepas bajo tratamiento de cubierta espontánea.

Se produjo un ligero descenso, no significativo, en la producción bajo los tratamientos con cubierta vegetal y, lo más interesante, un descenso significativo en el tamaño de baya, lo que mejora la relación pulpa/hollejo. Además, en el tercer año de ensayos se observó un descenso en la superficie foliar y madera de poda en las cepas bajo cubiertas frente a las del testigo con suelo labrado.

No se observaron diferencias significativas en los parámetros de mostos y vinos entre los distintos tratamientos y años estudiados. Asimismo, los consumidores fueron capaces de apreciar diferencias entre tratamientos y mostraron una ligera preferencia por los vinos provenientes de los tratamientos bajo cubierta.

En resumen, los parámetros productivos apenas se han visto afectados por los tratamientos de riego mientras que el crecimiento vegetativo de las cepas se ha visto reducido por el uso de cubiertas vegetales.

En cuanto a los parámetros de calidad de mostos y vinos, aunque las diferencias no han sido significativas en la mayoría de los casos, se observa una tendencia a obtener una menor graduación alcohólica y una mayor acidez bajo los tratamientos de riego en todas las DO consideradas en el presente estudio.

Finalmente, los resultados de los análisis sensoriales han permitido observar ligeras diferencias entre los vinos estudiados.

RESUMO

En Galicia, o réxime cambiante na distribución temporal das precipitacións que se observou durante os últimos anos xunto co cultivo de variedades excesivamente vigorosas que poden sufrir desequilibrios entre o desenvolvemento vexetativo e produtivo da vide, teñen levado á realización deste traballo.

O presente estudo ten como obxectivo profundar no coñecemento de dúas técnicas de manexo do viñado: a rega e o mantemento do solo mediante cubertas vexetais, avaliando os efectos que producen na resposta fisiolóxica, agronómica e cualitativa de variedades de vide de cultivo tradicional en Galicia. Os ensaios realizáronse entre os anos 2012 e 2014 en tres denominacións de orixe (DO) galegas: Rías Baixas, Ribeiro e Valdeorras. En todas elas planteouse un ensaio de rega en variedades brancas (Albariño, Godello e Treixadura) e, ademais, en Ribeiro instalouse un ensaio de manexo do solo con cubertas vexetais nunha variedade tinta (Mencía).

O experimento na DO Rías Baixas levouse a cabo nunha finca comercial de O Rosal (Pontevedra) dentro da Subzona Rosal, e consistiu nun secano e unha rega por goteo aéreo segundo o criterio empregado habitualmente pola adega. Nesta experiencia, a variedade estudada foi Albariño.

Na DO Ribeiro o ensaio tivo lugar en Leiro (Ourense) dentro da finca experimental da Estación de Viticultura e Enoloxía de Galicia (EVEGA). Diseñouse un ensaio consistente nun secano e unha rega por goteo aéreo ao 50% da evapotranspiración do cultivo (ET_c). Neste caso estudáronse as variedades Godello e Treixadura.

Dentro da DO Valdeorras, a situada máis ao interior de Galicia, a parcela de estudo estivo situada nunha finca comercial da localidade de A Rúa (Ourense). Este experimento consistiu en tres tratamentos: un secano, unha rega por goteo aéreo e unha rega por goteo enterrado a 40 cm. Aplicouse un evento de rega diario dunha hora cun gotero de 2 L h^{-1} por planta. A variedade obxecto de estudo, neste caso, foi Godello.

A experiencia sobre manexo do solo mediante cubertas vexetais instalouse na finca experimental de EVEGA dentro da DO Ribeiro, e contou con catro tratamentos: laboreo, cuberta espontánea, Raigrás (*Lolium perenne* L.) e Trébol (*Trifolium subterraneum* L.). A variedade estudada foi Mencía.

Realizáronse medidas ecofisiolóxicas na planta (potencial hídrico foliar ao mediodía, de mañá e de tallo, conductancia estomática, actividade do fotosistema II, contido relativo en clorofila), contido de auga no solo, parámetros agronómicos (fenoloxía, área foliar, produción, madeira de poda) e de calidade de mostos e viños (acidez total, pH, sólidos solubles e grado alcohólico, acedos málico e tartárico) procedentes dos diferentes ensaios. Os viños foron catados por consumidores (50 participantes por ano) para determinar a preferencia destes polos viños dalgún dos distintos tratamentos estudados.

En xeral, nos tratamentos de rega observáronse potenciais hídricos menos negativos que nos de secano que, pola súa banda, non alcanzaron niveis de estrés xa que non se viron comprometidos nin a produción nin os parámetros fisiolóxicos.

En canto aos parámetros de mostos e viños, observouse un aumento no contido en sólidos solubles e grado alcohólico respectivamente, así como un descenso da acidez nos tratamentos de secano con respecto aos de rega. Se ben, na maioría dos casos, estas diferencias non foron significativas.

Respecto aos resultados das catas de consumidores, observouse unha lixeira preferencia cara aos viños procedentes dos tratamentos de secano nas DO Ribeiro e Valdeorras, mentras que en Rías Baixas os viños dos dous tratamentos considerados foron valorados de xeito moi similar.

En canto ao experimento de cubertas vexetais, observáronse diferenzas significativas entre tratamentos para o potencial hídrico de tallo nalgunhas datas de medida. Apareciouse un estrés hídrico moderado, sendo os potenciais máis negativos os correspondentes ás cepas baixo o tratamento de cuberta espontánea

Produciuse un lixeiro descenso, non significativo, na produción baixo os tratamentos con cuberta vexetal e, o máis interesante, un descenso significativo no tamaño de baía, o que mellora a relación pulpa/pel. Ademais, no terceiro ano de ensaios observouse un descenso na superficie foliar e madeira de poda nas cepas baixo cubertas fronte ás da testemuña con solo labrado.

Non se observaron diferenzas significativas nos parámetros de mostos e viños entre os distintos tratamentos e anos estudados. Así mesmo, os consumidores foron capaces de apreciar diferenzas entre tratamentos e mostraron unha lixeira preferencia polos viños provenientes dos tratamentos baixo cuberta.

En resumo, os parámetros produtivos apenas se viron afectados polos tratamentos de rega mentres que o crecemento vexetativo das cepas viuse reducido polo uso de cubertas vexetais.

En canto aos parámetros de calidade de mostos e viños, aínda que as diferenzas non foron significativas na maioría dos casos, obsérvase unha tendencia a obter unha menor graduación alcohólica e unha maior acidez baixo os tratamentos de rega en todas as DO consideradas no presente estudo.

Finalmente, os resultados das análises sensoriais permitiron observar lixeiras diferenzas entre os viños estudados.

SUMMARY

In Galicia, the changing regime of the temporal distribution of rainfall during the past few years, as well as the cultivation of excessively vigorous varieties that can suffer imbalances between vine vegetative and productive developments, have led to the accomplishment of this work.

The present study aims to deep in the knowledge of two vineyard management techniques: irrigation and soil maintenance using vegetal ground covers, assessing the effects they produce on the physiological, agronomical and quality performances of grapevine varieties traditionally grown in Galicia.

The experiments were carried out between the years 2012 and 2014 in three designations of origin (DO) of Galicia: Rías Baixas, Ribeiro and Valdeorras. An irrigation trial was installed in all of them for white cultivars (Albariño, Godello and Treixadura) and, in addition, an experiment on soil management through vegetal ground covers was installed in Ribeiro for a red grape variety (Mencia).

The experiment in the DO Rias Baixas was located in a commercial vineyard from O Rosal (Pontevedra) within the Rosal sub-zone, and consisted of a rain-fed and a drip irrigation treatment according to the criterion commonly used by the winery. In this experiment, the studied cultivar was Albariño.

In the Ribeiro DO, the trial took place in Leiro (Ourense), into the experimental farm of the viticulture and enology station of Galicia (EVEGA). The test consisted of two treatments: rainfed and drip irrigation to the 50% of crop evapotranspiration (ET_c). In this case, the studied cultivars were Godello and Treixadura.

In the Valdeorras DO, the one situated more inland within Galicia, the studied plot was located in a commercial vineyard of A Rúa (Ourense). This experiment consisted of three treatments: rain-fed, surface drip irrigation and subsurface drip irrigation (pipelines were buried to 40 cm depth). Since full bloom, irrigation was applied daily for an hour with one 2 L h^{-1} emitter per vine. The variety under study, in this case, was Godello.

The experiment about soil management by means of vegetal ground covers was installed in the experimental farm in EVEGA within the Ribeiro DO, and had four treatments: tillage, native vegetation, rye grass (*Lolium perenne* L.) and subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.). The studied variety was Mencia.

Several parameters were measured: ecophysiological traits (leaf and stem water potentials at midday, stomatal conductance, photosystem II activity, chlorophyll relative content), soil water content, agronomic parameters (phenology, leaf area, yield, pruning wood) and quality of musts and wines (total acidity, malic and tartaric acids, pH, soluble solids and alcohol content) from the different tests. The wines were tasted by consumers (50 participants per year) to determine their preference for any particular wine from the studied treatments.

In general, less negative water potentials were observed for the irrigation treatments when compared to those rain-fed, which did not reach significant stress levels since neither production nor physiological parameters were compromised.

In terms of the parameters of musts and wines, an increase in total soluble solids and alcohol was observed, respectively; as well as a decrease of titratable acidity in rain-fed wines with respect to those under irrigation treatments. However, the differences were not significant in most cases.

Regarding the consumer tasting, a slight preference for the rain-fed treatment in Ribeiro and Valdeorras DO; however, no significant differences between treatments were observed for Rias Baixas wines.

In the vegetal ground covers experiment, significant differences among treatments for stem water potential were observed in certain dates. A moderate water stress was observed, being stem water potential values more negative for vines under the native vegetation treatment.

A slight decline in yield was observed in the treatments with vegetal ground covers and, more interestingly, a significant decrease in berry size, which improves the pulp/skin ratio. Moreover, a significant decrease in leaf area and pruning weight was observed in those vines under vegetal ground covers when compared with those from the soil tillage treatment.

No significant differences were observed among the studied treatments and years for the must and wines parameters. Moreover, consumers were able to detect differences among treatments and showed a slight preference for the wines from the vegetal ground cover treatments.

In summary, yield parameters were hardly affected by the irrigation treatments whereas vine vegetative growth has been reduced by the use of vegetal ground covers.

Considering the must and wine quality parameters, although no significant differences were detected in most cases, a trend to obtain low alcoholic grades and higher acidities under the irrigation treatments in all the considered DO was observed in the current study.

Finally, the results from the sensory analysis allowed to observe slight differences among the studied wines.



INTRODUCCIÓN



INTRODUCCIÓN

España es el primer país del mundo en superficie de viñedos, además del tercer productor de vino, contando con la mayor extensión de viñedo de la Unión Europea (30% superficie total) y del mundo (15% superficie mundial) (OIV, 2014). La viticultura, en el caso de la Comunidad Autónoma de Galicia, es una actividad agrícola que tiene gran importancia, tanto económica como histórica y socialmente, en la parte sur de la Comunidad. La superficie destinada al cultivo del viñedo en Galicia ocupa 26.022 ha (MAGRAMA, 2014), de las cuales 25.609 ha se encuentran en secano y 413 en regadío. La superficie ocupada por viñedos amparados bajo Denominación de Origen (DO) es de, aproximadamente, 9.600 ha de la superficie total dedicada a este cultivo en la Comunidad Autónoma. En Galicia existen 5 DO: Rías Baixas, Ribeiro, Ribeira Sacra, Valdeorras y Monterrei. Además, existen tres indicaciones geográficas protegidas: Betanzos, Valle del Miño-Ourense y Barbanza e Iria. Los ensayos de campo realizados en la presente tesis doctoral se llevaron a cabo en tres de estas zonas de cultivo, amparadas bajo DO: Ribeiro, Rías Baixas y Valdeorras.

Se tuvieron en cuenta cuatro variedades de cultivo tradicional en Galicia, tres blancas y una tinta. Los ensayos de riego se plantearon para tres variedades blancas: Albariño, cuya superficie de cultivo en Galicia ocupa 5.650 ha, la mayoría de ellas en DO Rías Baixas (4.027 ha), donde se implantó el ensayo de riego para estudiar esta variedad. Para el Godello, con una superficie de cultivo de 832 ha, se planteó un ensayo de riego en Ribeiro, y otro en Valdeorras. En la DO Ribeiro también se estudió la variedad Treixadura, que cuenta con 995 ha en Galicia y es originaria de esta zona.

Además de los cuatro ensayos de riego, se llevó a cabo un experimento de mantenimiento del suelo con cubiertas vegetales en el Ribeiro, en un viñedo de la variedad tinta Mencía, mayoritaria dentro de las cultivadas tradicionalmente en Galicia, y que cuenta con 3.270 ha de cultivo, si bien la gran mayoría de ellas se encuentran en la DO Ribeira Sacra.

A modo de introducción, en los siguientes apartados se comentan brevemente aspectos generales de las tres zonas de cultivo consideradas en la presente tesis doctoral, las variedades de vid estudiadas, los sistemas de riego y el empleo de cubiertas vegetales, como sistema de mantenimiento del suelo en viñedos.

1. ZONAS DE CULTIVO

El presente trabajo se ha llevado a cabo en tres zonas diferentes de Galicia, cuyas características principales se describen a continuación.

1.1. DO Rías Baixas

De las tres DO en las que se ha trabajado durante esta tesis doctoral, Rías Baixas es la más joven, ya que se fundó en 1988 por orden de la Consellería de Agricultura (17 Marzo de 1988; DOG 15/04/1988). Su reglamento se recoge en el pliego de condiciones DOG Nº 152 de 9 agosto de 2012.

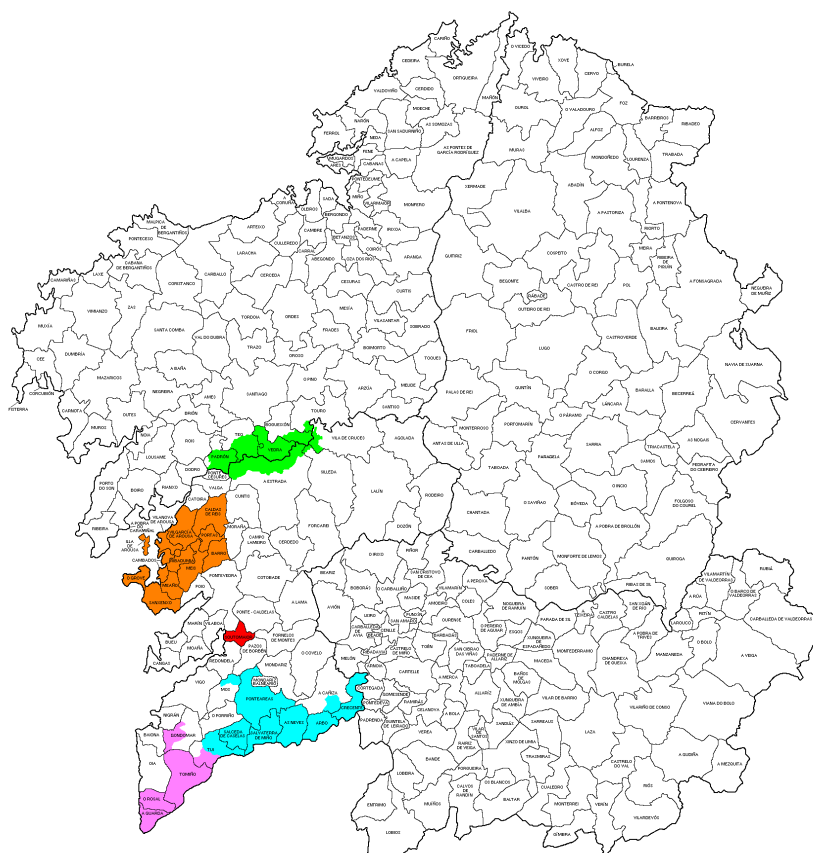


Figura 1. Situación de las diferentes sub-zonas de la DO Rías Baixas dentro de Galicia (Ficha Técnica DO Rías Baixas, 2014). En verde, Ribeira do Ulla; en anaranjado, Val do Salnés; en rojo, Soutomaior; en azul, Condado do Tea y en violeta, O Rosal.

La DO Rías Baixas comprende territorios de las provincias de Pontevedra y A Coruña. Se extiende por un terreno con una altitud que raramente supera los 300 metros, próximo al mar y asociado a los tramos inferiores de los ríos Ulla, Umia, Oitavén, Xabrina y Miño, con sus afluentes Tea y Louro (Figura 1).

Se trata de una zona vitivinícola con un clima marcadamente atlántico, de temperaturas suaves (entre 10 °C y 25 °C), bajas oscilaciones térmicas y una elevada pluviometría durante todo el año (1.300 mm de media). Topografía, exposición, orientación y la proximidad al mar o a los ríos, pueden matizar los caracteres generales del clima, y aportan diferencias entre las cinco subzonas reconocidas en esta DO: Condado do Tea, O Rosal, Ribeira do Ulla, Soutomaior y Val do Salnés (Figura 1). Las condiciones de temperatura y humedad de la primavera, así como del verano, determinan una gran expresión vegetativa de la vid.

Los suelos de esta DO se han desarrollado sobre materiales graníticos, principalmente, si bien también existen suelos sobre materiales metamórficos y sedimentarios en esta DO. En su mayoría se trata de suelos pobres en minerales, con textura de arenosa a franco arenosa, ácidos, pobres en nutrientes y de bajo espesor.

A fecha de 31 diciembre de 2014, los registros de la DO indican una superficie inscrita de 4.027 ha, 6.031 viticultores y 179 bodegas. El volumen de actividad del año 2014 fue de 24 millones de kg de uva vendimiados, 19 millones de litros de vino cualificados y un valor económico estimado en más de 96 millones de euros (Ficha Técnica DO Rías Baixas, 2014).

En cuanto a las variedades de vid cultivadas en esta DO, se consideran preferentes entre las blancas Albariño, Loureira blanca, Treixadura y Caíño blanco; mientras que se autorizan Torrontés y Godello. En cuanto a las tintas, las variedades preferentes son Caíño tinto, Espadeiro, Loureira tinta y Sousón; mientras que las autorizadas son Mencía, Brancellao, Pedral y Castañal (DOG N° 152 de 9 agosto de 2012).

La producción máxima por hectárea admitida en esta DO es 12.000 kg de uva para la variedad Albariño, 10.000 kg para Caíño Tinto y 12.500 kg para el resto de variedades.

1.2. DO Ribeiro

La DO Ribeiro es una de las más antiguas de España, se fundó en 1932 a través del denominado “estatuto del vino”. Su reglamento se recoge en el pliego de condiciones DOG N° 153 de 10 agosto de 2012.

La DO Ribeiro se sitúa en la denominada zona de transición (Hernández Mañas, 2013) de Galicia (Figura 2). Presenta un cierto carácter mediterráneo suavizado por la

influencia atlántica debida a una distancia al océano de solo 45 km. De hecho, esta distancia debería suponer un mayor carácter atlántico, pero la orografía de cadenas montañosas que limita esta zona por el oeste, ejerce un importante efecto protector. La pluviometría media anual es de 950 mm (Consello Regulador Ribeiro, 2015).

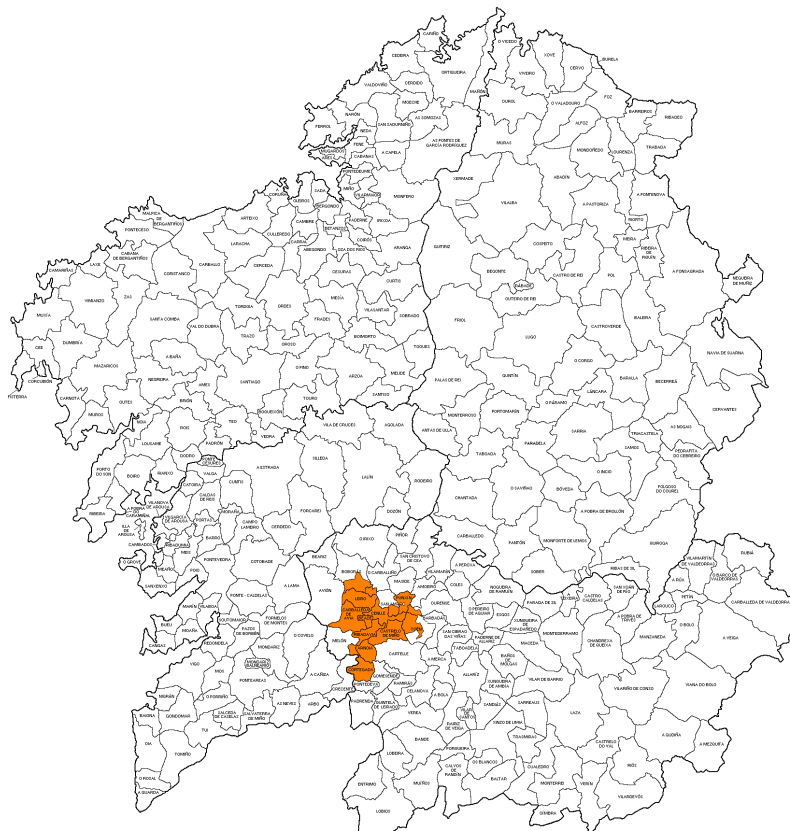


Figura 2. Situación de la DO Ribeiro dentro de Galicia (Ficha Técnica DO Ribeiro, 2014).

El carácter ligeramente continental, en conjunción con las corrientes de aire dominantes, provocan una importante diferencia térmica entre el día y la noche, lo que favorece la lenta maduración de la uva, consiguiendo de esta forma crear y respetar el componente aromático y frescor natural de las variedades tradicionales.

La influencia marítima penetra principalmente por la cuenca del río Miño, generándose un mayor carácter atlántico según asciende la cota, lo que limita el cultivo aproximadamente a los 450 metros de altura.

Los suelos de la DO Ribeiro se caracterizan por estar englobados en tres tipos principales: la mayoría de ellos se desarrollan a partir de materiales graníticos y en menor proporción a partir de materiales metamórficos y a partir de materiales sedimentarios.

Los materiales graníticos ocupan toda la parte central de la DO extendiéndose también hacia el sur. Los materiales metamórficos aparecen en los sectores del oeste y norte. Aunque con poca importancia en su proporción y concretamente en la explotación vitícola, también aparecen suelos derivados de materiales sedimentarios, que aparecen extendidos por toda la DO.

Las diferencias en la naturaleza del material original sólo se reflejan en la textura: más arenosa en el caso de los desarrollados sobre granitos y de franca a limosa, en el caso de los desarrollados a partir de rocas metamórficas.

Desde el punto de vista de la fertilidad química destaca el fuerte carácter ácido, la pobreza en bases y la baja fijación de fósforo.

Respecto a sus propiedades y aptitud agronómica, por lo general, los suelos de cultivo disponen de una profundidad media efectiva que oscila entre 70 y 100 cm y que apenas presentan diferenciación de horizontes en el seno del perfil. Sus elevados contenidos en arena, sobre todo en el horizonte superficial, contrastan con el escaso contenido en arcilla (por debajo del 20%), por lo que predominarán las texturas franco-arenosas salvo en los sectores en que aparecen desarrollados a partir de sedimentos aluviales, que suelen dar texturas francas, o rocas metamórficas de texturas más finas.

A fecha de 31 diciembre de 2014, los registros de la DO indican una superficie inscrita de 2.646 ha, 5.812 viticultores y 110 bodegas. El volumen de actividad del año 2013 fue de más de 11 millones de kg de uva vendimiados, 7 millones de litros de vino cualificados y un valor económico estimado en más de 18 millones de euros (Ficha Técnica DO Ribeiro, 2014).

En cuanto a las variedades de vid cultivadas en esta DO, se consideran preferentes, entre las blancas, la Treixadura y como autorizadas Palomino, Torrontés, Godello, Macabeo, Albillo, Loureira y Albariño. En cuanto a las tintas, las variedades preferentes son Caíño tinto, Caíño bravo y Caíño longo; mientras que las autorizadas son Garnacha tintorera, Ferrón, Sousón, Mencía, Tempranillo y Brancellao (DOG N° 153 de 10 agosto de 2012).

La producción máxima por hectárea admitida en esta DO es 30.000 kg de uva, con un rendimiento máximo en la elaboración de los vinos blancos y tintos de 70 litros por cada 100 kg de uva, lo que resulta en un rendimiento máximo de 210 hectolitros por hectárea. Para la elaboración de vinos tostados se admite un rendimiento máximo de 12.000 kg por hectárea de uva fresca y 40 litros por cada 100 kg de uva correctamente pasificada.

1.3. DO Valdeorras

La DO Valdeorras se fundó en 1957 por Orden Ministerial de 30 de julio. Su reglamento se recoge en el pliego de condiciones DOG N° 153 de 10 agosto de 2012.

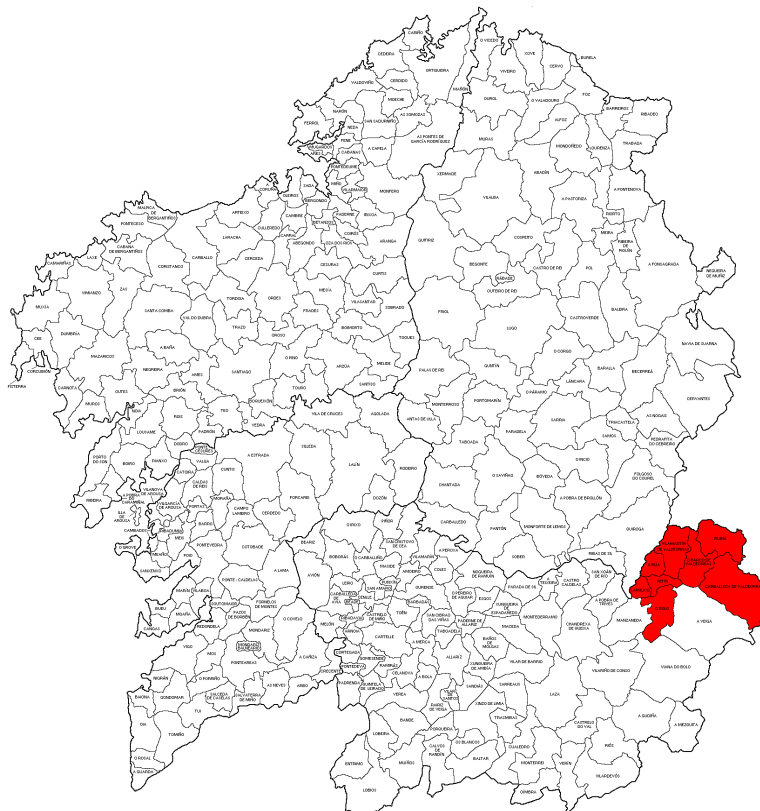


Figura 3. Situación de la DO Valdeorras dentro de Galicia (Ficha Técnica DO Valdeorras, 2014).

Los territorios que comprende esta DO se encuentran localizados en la zona noreste de la provincia de Ourense (Figura 3). Los suelos de la DO son de cinco tipos: pizarrosos, calizos, graníticos, arcillo-ferrosos y aluviales.

a) Suelos pizarrosos: El sustrato geológico está representado por pizarras con frecuentes bandas de arenisca. Estos suelos son poco profundos (30-50 cm) y presentan texturas limosas. Los viñedos enclavados en este tipo de suelos proporcionan vinos con componentes aromáticos muy sutiles.

b) Afloramientos calizos: Los afloramientos de formaciones carbonatadas aparecen en la mitad norte de la comarca, en los municipios de O Barco y Rubiá. Los suelos arcillo-calcáreos permiten obtener vinos de excelente calidad, con potencial para el envejecimiento, manifestando intensamente los caracteres propios de la variedad cultivada.

c) Suelos graníticos: En los ayuntamientos de A Rúa, Petín y Larouco destacan unos suelos sueltos, con textura franco-arenosa.

d) Suelos arcillo-ferrosos: Permiten una gran retención de agua. Los vinos de más calidad, en este tipo de suelos, proceden de arcillas mezcladas con sílice o limo.

e) Suelos aluviales: Formados por gravas redondas, arena, arcillas y limos pardos y grises. Se trata de suelos con buen drenaje, mayoritariamente son de textura franca, con tendencia limosa y muy ricos en arcilla en profundidad. Son suelos ricos en nutrientes.

El clima de la comarca es mediterráneo-oceánico (con influencia atlántica), con inviernos fríos, veranos cálidos y otoños y primaveras suaves, con temperaturas mínimas de 8 °C y máximas de 33 °C. La temperatura media es de 11 °C con precipitaciones entre 850 y los 1.000 mm anuales.

A fecha de 31 diciembre de 2014, los registros de la DO indican una superficie inscrita de 1.165 ha, 1.470 viticultores y 46 bodegas. El volumen de actividad del año 2013 fue de más de 6 millones de kg de uva vendimiados, 3 millones de litros de vino cualificados y un valor económico estimado en casi 18 millones de euros (Ficha Técnica DO Valdeorras, 2014).

En cuanto a las variedades de vid cultivadas en esta DO, se consideran preferentes entre las blancas Godello, Loureira, Treixadura, Dona Branca, Albariño, Torrontés y Lado; mientras que se autoriza el cultivo de Palomino. En cuanto a las tintas, las variedades preferentes son Mencía, Tempranillo, Brancellao, Merenzao, Sousón, Caíño tinto, Espadeiro y Ferrón; mientras que las autorizadas son Garnacha tintorera, Gran negro y Mouratón (DOG N° 153 de 10 agosto de 2012).

La producción máxima por hectárea admitida en esta DO es 12.000 kg de uva. Sin embargo, para las variedades consideradas preferentes, este rendimiento se reduce a 10.000 kg por hectárea.

2. VARIEDADES DE VID

El conocimiento del comportamiento fisiológico y agronómico de diferentes variedades de vid, y como éste se ve afectado por diferentes técnicas culturales: riego y empleo de cubiertas vegetales como sistema de mantenimiento del suelo, es un aspecto crítico para evaluar los efectos (productivos y enológicos) sobre las variedades estudiadas (Jackson y Lombard, 1993; Deloire et al., 2004; Ibáñez Pascual et al., 2013).

Las cuatro variedades estudiadas (blancas: Albariño, Godello y Treixadura; tintas: Mencía) son de gran importancia en las DO gallegas para la elaboración de vinos blancos y tintos de calidad, tal y como se ha explicado en apartados previos. A continuación, se describen brevemente las características morfológicas de las cuatro variedades consideradas, para ayudar a la interpretación de los resultados obtenidos.

2.1. Albariño

Se trata de una variedad de brotación temprana, de baja producción y racimo pequeño, es resistente a la enfermedad de la Botrytis y sensible al oidio. Produce vinos de graduación alcohólica media-alta, con acidez también elevada, muy aromáticos y equilibrados. Esta variedad es una de las de más alta calidad de Galicia.

García de los Salmones (1914) la cita como cultivada en las provincias de Lugo, A Coruña y Pontevedra. En el Catastro Vitícola de 1983 se indica su cultivo en las provincias de A Coruña, Ourense y Pontevedra.

En la actualidad, es reconocida como variedad preferente en las DO Ribeira Sacra, Rías Baixas, Ribeiro y Valdeorras, y como autorizada en la DO Monterrei. También se contempla para la elaboración de vinos en las Indicaciones Geográficas Protegidas (IGP) Viño da Terra do Barbanza e Iria y Val do Miño.

Descripción morfológica (Díaz Losada et al., 2011a):

El pámpano joven presenta la extremidad abierta con pelaje tumbado de densidad media y pigmentación ribeteada de intensidad media. La cara dorsal de los entrenudos y nudos y la cara ventral de los nudos son de color verde y rojo, mientras que la ventral de los entrenudos es verde. Las yemas tienen pigmentación antociánica basal de intensidad media.

La hoja joven es verde con pelaje tumbado de densidad alta (Figura 4b).

La hoja adulta, de color verde, presenta tamaño medio y forma pentagonal, con tres lóbulos; es peluda, con densidad media de pelos tumbados entre los nervios principales del envés del limbo; perfil plano; limbo con abultamiento e hinchazón débil; dientes de los lados convexos, de longitud corta en relación a su anchura; seno peciolar con lóbulos semiabiertos y con la base en forma de llave; senos laterales superiores abiertos con la base en forma de V; pecíolo ligeramente más corto que el nervio principal (Figura 4c).

El racimo es cónico, de longitud corta, anchura y compacidad media y con presencia de una o dos alas. El pedúnculo es de longitud media (Figura 4d).

La baya es de color verde-amarillo y presenta forma esférica (Figura 4e).

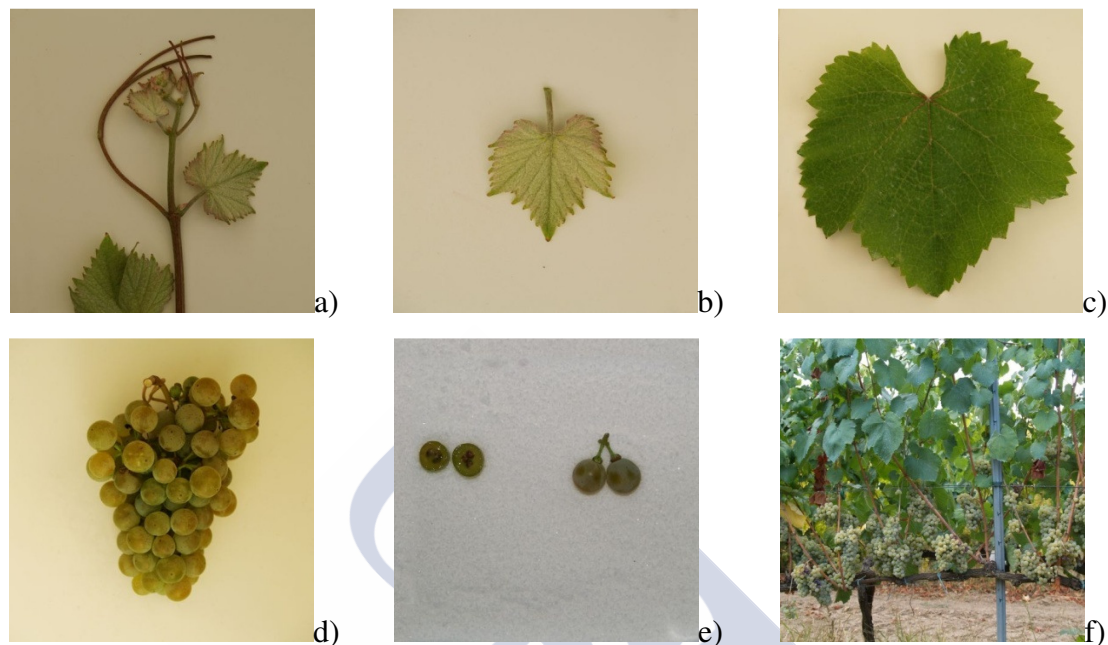


Figura 4. Características morfológicas de la variedad Albariño: a) Ápice; b) Hoja joven; c) Hoja adulta; d) Racimo; e) Bayas; f) Planta.

2.2. Godello

Variedad de brotación temprana con una producción media, de racimo pequeño, sensible a la enfermedad de la Botrytis y de maduración temprana. Produce vinos de graduación alcohólica alta, muy estructurados y con mucho cuerpo, con aromas frutales y acidez media, variedad de alta calidad. Su zona de producción más importante es la DO Valdeorras, también se cultiva en las DO Ribeiro, Monterrei y Ribeira Sacra. Esta variedad presenta dos sinonimias: Verdello y Cumbrao (Díaz Losada et al., 2011a).

García de los Salmones (1914) la cita en las provincias de Lugo y Ourense. En el Catastro Vitícola de 1983 se indica como cultivada en la provincia de Lugo, en el Ribeiro y en Valdeorras.

En la actualidad es reconocida como variedad preferente en las DO Ribeiro, Ribeira Sacra, Valdeorras y Monterrei, y es considerada con la categoría de autorizada en la DO Rías Baixas; también está admitida en las IGP Viño da Terra do Barbanza e Iria, Betanzos y Val do Miño.

Descripción morfológica (Díaz Losada et al., 2011a):

El pámpano joven presenta la extremidad abierta con pelaje tumbado de densidad media-baja y pigmentación ribeteada de intensidad media. La cara dorsal de los entrenudos y nudos es verde y roja, mientras que la ventral es verde. Las yemas no presentan pigmentación antociánica.

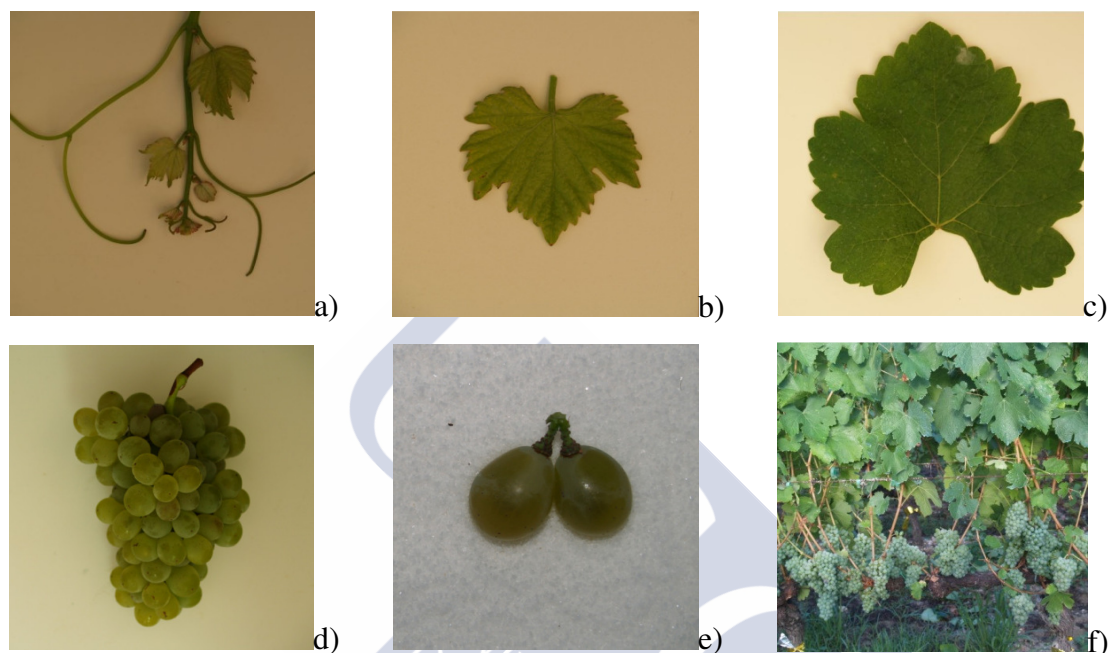


Figura 5. Características morfológicas de la variedad Godello: a) Ápice; b) Hoja joven; c) Hoja adulta; d) Racimo; e) Bayas; f) Planta.

La hoja joven es verde con pelaje tumbado de densidad baja (Figura 5b).

La hoja adulta es de color verde presenta tamaño medio y forma pentagonal, con cinco lóbulos; peluda, con densidad baja de pelos tumbados y media-alta de pelos erguidos, entre los nervios principales del envés del limbo; perfil plano; limbo con abultamiento e hinchazón débil; dientes con lados convexos, de longitud media en relación a su anchura; seno peciolar con lóbulos semiabiertos e con la base en forma de llave; senos laterales superiores abiertos con la base en forma de llave o U; pecíolo ligeramente más corto que el nervio principal (Figura 5c).

El racimo es cónico, de longitud, anchura y compacidad media y con presencia de una o dos alas. El pedúnculo es de longitud muy corta (Figura 5d).

La baya es de color verde-amarillo y presenta forma elíptica corta (Figura 5e).

2.3. Treixadura

Se trata de una variedad de brotación tardía, de producción media con un racimo medio y resistente a la enfermedad de la Botrytis. Produce vinos de graduación alcohólica media-alta, con acidez elevada, aromáticos y equilibrados. Variedad de alta calidad en Galicia. Su zona de producción más importante se localiza en la DO Ribeiro, pero también se cultiva en DO Rías Baixas y DO Monterrei.

García de los Salmones (1914) la cita como presente en la provincia de Pontevedra, en la localidad de Boiro, en la provincia de A Coruña y en Bande (en la provincia de Ourense

En la actualidad es reconocida como variedad preferente en las cinco denominaciones de origen gallegas. También se contempla para la elaboración de vinos en las IGP Viño da Terra de Barbanza e Iria y Val do Miño.

Descripción morfológica (Díaz Losada et al., 2011a):

El pámpano joven presenta la extremidad abierta con pelaje tumbado de densidad media, sin pigmentación. La cara dorsal y ventral del entrenudo y ventral del nudo es verde, mientras que la dorsal del nudo es verde y roja. Las yemas no presentan pigmentación antociánica.

La hoja joven es bronceada con pelaje tumbado de densidad baja (Figura 6b).

La hoja adulta es de color verde y presenta tamaño medio y forma pentagonal, con cinco lóbulos; con densidad baja de pelos tumbados sobre los nervios principales del envés del limbo; perfil plano; limbo con abultamiento e hinchazón débil; dientes con mezcla de lados rectilíneos y lados convexos, de longitud media en relación a su anchura; seno peciolar poco abierto con base en forma de llave; senos laterales superiores con lóbulos abiertos con base en forma de V; pecíolo ligeramente más corto que el nervio principal (Figura 6c).

El racimo es cónico, de longitud, anchura y compacidad media y con presencia de una o dos alas. El pedúnculo es de longitud corta (Figura 6d).

La baya es de color verde-amarillo y presenta forma elíptica corta (Figura 6e).

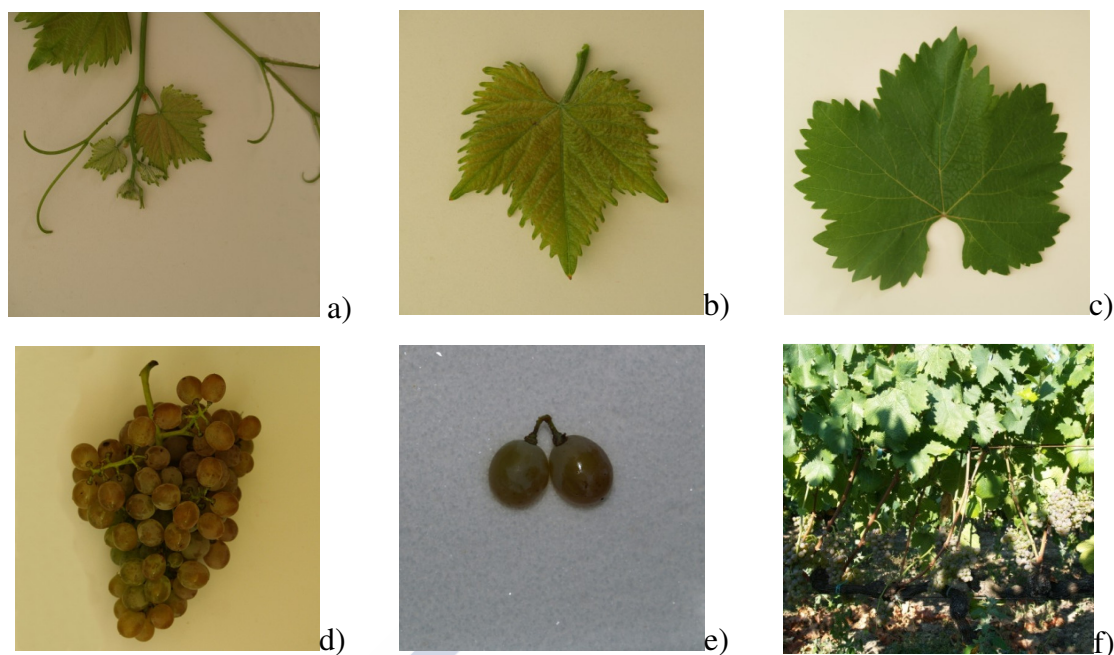


Figura 6. Características morfológicas de la variedad Treixadura: a) Ápice; b) Hoja joven; c) Hoja adulta; d) Racimo; e) Bayas; f) Planta.

2.4. Mencía

Se trata de la principal variedad tinta de entre las autóctonas de Galicia, es una variedad de brotación media, racimo entre pequeño y mediano, bayas entre pequeñas y medianas con forma elíptica curva, pulpa no coloreada, sensible a *Botrytis* y a oidio. Produce vinos con aroma frutal muy intenso, con grado alcohólico medio-alto y baja acidez.

García de los Salmones (1914) la cita como cultivada en las provincias de Lugo y Ourense y en la zona de Caldas de Rei, en la provincia de Pontevedra. En el Catastro Vitícola de 1983 se indica como presente en las provincias de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra. Su origen genético es el linaje originado por Merenzao (Díaz-Losada et al., 2011a).

En la actualidad está reconocida como variedad preferente en las DO Ribeiro, Ribeira Sacra, Valdeorras y Monterrei, y como autorizada en la DO Rías Baixas. También se contempla para la elaboración de vinos en las IGP Viños da Terra do Barbanza e Iria, Val do Miño y Betanzos.

Descripción morfológica (Díaz Losada et al., 2011a):

El pámpano joven presenta la extremidad abierta, lampiña y sin pigmentación antocianica. La cara dorsal del entrenudo, así como la cara dorsal y ventral del nudo, es

de color verde y roja, mientras que la cara ventral del entrenudo es verde. Las yemas no presentan pigmentación antociánica.

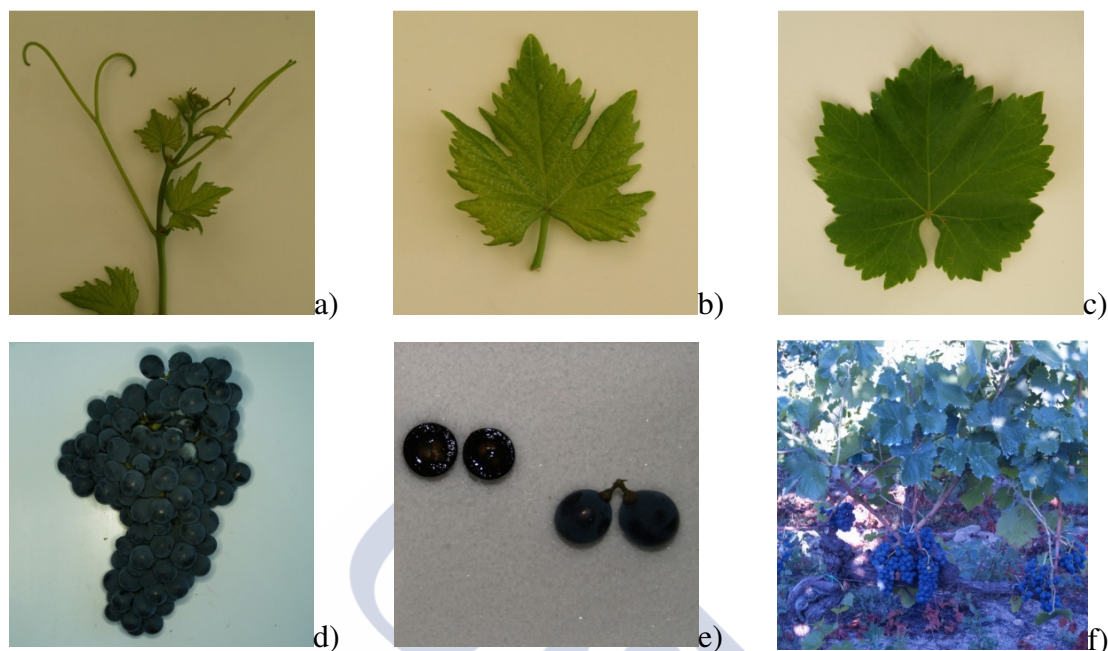


Figura 7. Características morfológicas de la variedad Mencía: a) Ápice; b) Hoja joven; c) Hoja adulta; d) Racimo; e) Bayas; f) Planta

La hoja joven es lampiña y de color verde (Figura 7b).

La hoja adulta es de color verde, presenta tamaño medio y forma pentagonal, con cinco lóbulos; lampiña; perfil plano; limbo con hinchazón débil; dientes con mezcla de lados convexos y rectilíneos, de longitud media en relación a su anchura; seno peciolar con lóbulos poco abiertos y base en forma de llave; senos laterales superiores abiertos con la base en forma de V; pecíolo ligeramente más corto que el nervio principal (Figura 7c).

El racimo es cónico, largo, de compacidad media y con presencia de una o dos alas. El pedúnculo es de longitud corta (Figura 7d).

La baya es de color azul-negra y presenta forma elíptica corta (Figura 7e).

3. NECESIDADES HÍDRICAS DE LOS CULTIVOS Y RIEGO

La cantidad de agua que las plantas transpiran es mucho mayor que la que retienen y llega a formar parte de ellas (usada en procesos de crecimiento y fotosíntesis) (Taiz y Zeiger, 2010). La transpiración puede considerarse, por tanto, como el consumo

de agua por parte de la planta. Además, desde la superficie del suelo se produce la evaporación del agua contenida en las capas más superficiales del mismo. Así, la cantidad de agua que suponen ambos procesos, transpiración y evaporación, suele considerarse de forma conjunta, por la complejidad de calcularlas por separado.

Por lo tanto, se considera que las necesidades de agua de los cultivos están representadas por la suma de la evaporación directa de agua desde el suelo más la transpiración de las plantas, en lo que se denomina evapotranspiración del cultivo (ET_c). Esta variable se calcula a partir de datos climáticos, empleando la evapotranspiración de referencia (ET_o) (Allen et al., 1998), adaptándola a un determinado cultivo, empleando coeficientes de cultivo (K_c).

El coeficiente de cultivo (K_c) describe las variaciones en la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo en cada momento de su ciclo, y en función del tipo y especie de cultivo considerado. Allen et al. (1998) recogen los valores tabulados de K_c para el viñedo, en las diferentes etapas de desarrollo del cultivo, si bien estos valores requieren ser adaptados a las condiciones locales, tanto climáticas como de manejo (Cancela et al., 2015).

Con el riego se suple la diferencia entre las necesidades de evapotranspiración del cultivo y el agua de lluvia, para obtener una producción máxima sin restricciones hídricas. En el caso de cultivos como los frutales y el viñedo se aplican dosis de riego menores a las necesidades potenciales ya que, en estos cultivos, no se busca maximizar la producción, sino el conjunto producción-calidad. Además, el agua aplicada difiere según el estado fenológico del cultivo.

Para llevar a cabo esta estrategia, se precisan sistemas de riego tecnificados y que permitan un control del mismo en cada momento, hablándose de técnicas de riego deficitario controlado (Chalmers et al., 1981). Los métodos de riego engloban las diferentes formas que existen de aplicar el agua al suelo que sustenta un cultivo. Estas técnicas han evolucionado notablemente con el tiempo, desde la ejecución del riego en las primeras civilizaciones basándose en la observación de las crecidas y bajadas del nivel del agua en los ríos, hasta los sistemas totalmente tecnificados, controlados y automatizados que aprovechan el conocimiento que existe en la actualidad de ciencias como la agronomía, hidráulica o la electrónica.

El uso de un método de riego u otro depende de numerosos factores, entre los que es preciso destacar los siguientes (Fernández Gómez et al., 2010):

- a) La topografía del terreno y la forma de la parcela, es decir la pendiente, longitud y anchura, si existen caminos, acequias u otro tipo de elemento que pueda interferir en el riego y la posibilidad de que el agua pueda ser llevada hasta la parcela sin un coste excesivo. Las características físicas del suelo, en particular las relativas a su capacidad para almacenar el agua que debe ser puesta a disposición de las raíces de las plantas.
- b) Tipo de cultivo, del que es especialmente necesario conocer sus requerimientos de agua en cada uno de sus estados fenológicos, así como su comportamiento en situaciones de falta de agua.
- c) La disponibilidad de agua, aspecto muy relevante en cuanto puede ser necesario programar los riegos no en función de las necesidades de agua del cultivo sino de la disponibilidad de agua suficiente para regar y el precio de la misma.
- d) La calidad del agua de riego, determinante en la elección tanto del sistema de riego como de ciertos componentes de la instalación.
- e) La disponibilidad de mano de obra, con la que se garantice la ejecución de todas las labores precisas durante el desarrollo del cultivo, en particular las referidas al riego.
- f) El coste de la instalación de cada sistema de riego en particular, tanto en lo que se refiere a la inversión inicial como a la ejecución de los riegos y mantenimiento del sistema.
- g) El efecto sobre el medio ambiente, especialmente en el uso eficiente del agua, la calidad de las aguas de escorrentía y la erosión del suelo.

Entre los diferentes sistemas de riego, cabe destacar la existencia de riego: por superficie, por aspersión y localizado (Fernández Gómez et al., 2010). En el caso del viñedo, el sistema de riego habitualmente empleado, es el riego localizado.

3.1. Riego localizado

El riego localizado consiste en la aplicación de agua sobre la superficie del suelo o bajo éste, utilizando para ello tuberías a presión y emisores colocados a distancias determinadas a lo largo de cada tubería, de manera que sólo se moja una parte del suelo, la más próxima a la planta.

Las instalaciones de riego localizado no sólo permiten aplicar el agua a los cultivos, sino que ofrecen la posibilidad de aportar fertilizantes y otros productos fitosanitarios (insecticidas, fungicidas, etc.). En este caso, es el agua la que se encarga de hacer llegar los fertilizantes hasta las raíces de la planta, bien de forma continuada o intermitente. Para que esta técnica sea eficaz es indispensable disponer de un sistema de riego bien diseñado y con buenos materiales con objeto de aplicar el agua con alta uniformidad. Esto permitirá suministrar la misma dosis de abono en todos los puntos, cubriendo así sus necesidades, evitando pérdidas innecesarias.

Es muy conveniente que la aplicación del agua y los fertilizantes al suelo, se realice en pequeñas dosis y con alta frecuencia, es decir, que el número de riegos durante una campaña sea elevado y en cada uno de ellos se aporte una cantidad de agua reducida. De esta forma se intenta que el contenido de agua en el suelo se mantenga en unos niveles casi constantes, evitándose así grandes fluctuaciones de humedad del suelo que suelen producirse con otros sistemas de riego, como aspersión o superficie. Ello permite que el agua esté permanentemente en el suelo en unas óptimas condiciones para ser extraída por la planta.

Este sistema de riego facilita un ahorro importante de agua con respecto a otros (superficie y aspersión). El mayor o menor ahorro, siempre que el riego se aplique correctamente, se fundamenta generalmente en:

- a) La posibilidad de controlar fácilmente la lámina de agua aplicada.
- b) La reducción, en la mayoría de los casos, de la evaporación directa, en mayor medida en los riegos por goteo enterrados.
- c) La ausencia de escorrentía.
- d) El aumento de uniformidad de aplicación, al reducir la filtración profunda o percolación.

La uniformidad en el reparto del agua en riego localizado depende principalmente del diseño hidráulico de la red y no de las características del suelo ni de las condiciones climáticas, dando en general buena uniformidad de aplicación para pequeñas diferencias de presión que puedan ocurrir en la red. La eficiencia de aplicación del agua puede ser elevada si el diseño y el manejo son correctos.

La inversión inicial en este tipo de riego suele ser elevada, y su coste depende del cultivo, de la modalidad de riego elegida, de la calidad del agua de riego y su exigencia de filtrado, del equipo de filtrado, del equipo de fertirriego, del grado de

automatización de la instalación, etc. La buena elección de equipos repercute en una disminución de costes de mano de obra y mantenimiento, ya que, por ejemplo, un buen equipo de filtrado reducirá la posibilidad de obturaciones en la red y la frecuencia de las operaciones de mantenimiento y por tanto se reducirán los costes del sistema.

En el empleo de riego localizado hay que prestar especial interés en el mantenimiento de la red, debido fundamentalmente a la obstrucción de emisores. Por este motivo el agua debe filtrarse, recomendándose un estricto control para que no se dificulte la aplicación correcta tanto del agua y del abono como de otros productos fitosanitarios. Si los problemas de obstrucción no son detectados con rapidez, pueden ocasionarse serios perjuicios en el cultivo y disminuciones en la producción.

Sin duda este es el mejor sistema para el riego del viñedo ya que ofrece la posibilidad de aplicar dosis de riego ajustadas a las necesidades de la vid en cada etapa de su ciclo de cultivo.

La disponibilidad de agua en el viñedo puede afectar a la calidad de la uva y a su maduración. Jackson y Lombard (1993) comentan que un exceso de riego ralentiza la maduración, incrementa la producción debido a un mayor crecimiento de la baya y aumenta la acidez del mosto. Por el contrario, el estrés hídrico provoca una maduración más rápida pero reduce la producción, el peso de la baya y el ácido málico. Por consiguiente, un manejo adecuado del riego es imprescindible para obtener un vino de calidad (Deloire et al., 2004).

En este sentido, se han realizado investigaciones en diversas regiones de España sobre cómo afecta el manejo del riego a la producción y calidad de diferentes variedades, sobre todo Tempranillo (Yuste et al., 2008; Intrigliolo y Castel, 2010; Junquera et al., 2012) y otras variedades tintas como Monastrell (Romero et al., 2013). Sin embargo, para variedades blancas y, especialmente en Galicia, este tipo de estudios son escasos (Fandiño et al., 2012a y b; Trigo-Córdoba et al., 2013).

Las consecuencias del actual cambio climático, el incremento de la temperatura media, la proliferación de eventos extremos y la modificación de la distribución temporal y espacial de las precipitaciones en Galicia (Cruz et al., 2009), pueden forzar a los viticultores a adoptar nuevas estrategias de cultivo y gestión del viñedo entre las que destaca la implantación de sistemas de riego (Fandiño et al., 2009; Martínez et al., 2012). Sin embargo, el posible efecto que estas nuevas estrategias de manejo del viñedo pueda tener en la respuesta agronómica de las variedades tradicionales de vid de

Galicia, así como en la calidad de sus vinos requiere más estudios. Esta tesis pretende ofrecer información en este sentido.

4. CUBIERTAS VEGETALES

La técnica habitual de mantenimiento del suelo en los viñedos españoles es el laboreo entre calles y el uso de herbicidas en la fila de cepas (Aguirrezábal et al., 2012). Esta práctica tiene como objetivo impedir el establecimiento de especies herbáceas que compitan con el viñedo por nutrientes y agua. Sin embargo, el empleo de cubiertas vegetales como sistema alternativo ofrece una serie de ventajas de tipo agronómico, vitícola y medioambiental con respecto al laboreo (Ibáñez Pascual et al., 2013).

Entre estas ventajas cabe destacar la protección del suelo frente a la erosión, la limitación del riesgo de formación de suelo de labor, la mejora de la estructura del suelo, la posibilidad de tránsito de maquinaria en periodos lluviosos, el incremento de la biodiversidad y la proliferación de enemigos naturales de las plagas del viñedo (Yuste, 2005; Ibáñez Pascual et al., 2013). Todo esto contribuye a un manejo racional y sostenible del cultivo ya que se favorecen aspectos positivos para el medio ambiente y, simultáneamente, se limita la utilización de “inputs” agrarios.

Asimismo, las cubiertas vegetales constituyen una herramienta útil para controlar la expresión vegetativa y el potencial productivo del viñedo (Ibáñez Pascual et al., 2013), como consecuencia de la competencia que la cubierta ejerce sobre el viñedo por el agua y los nutrientes del suelo. Este hecho permite combatir uno de los problemas más importantes de la viticultura actual: el desequilibrio entre producción y desarrollo vegetativo (Aguirrezábal et al., 2012).

Por lo tanto, siempre que no existan condiciones limitantes de tipo edafológico o climático que afecten negativamente al desarrollo de la vid y siempre que el tipo de cubierta elegida, así como su gestión, resulten adecuados a los objetivos pretendidos, la cubierta vegetal es el sistema de mantenimiento del suelo más aconsejable para el viñedo (Ibáñez et al., 2011).

Existen diversos criterios de temporalidad, espacio de cobertura y tipo de establecimiento (Yuste, 2005; Ibáñez Pascual et al., 2013) que se deben tener en cuenta, junto con las condiciones edafoclimáticas de la región, a la hora de implantar una cubierta vegetal. Resumidamente, se exponen a continuación los criterios más relevantes:

En cuanto a temporalidad tenemos dos tipos: permanente y temporal.

- Cubierta vegetal permanente: La cubierta se mantiene durante todo el año. Esta cubierta ejerce una gran competencia con la viña, por tanto, solo debe emplearse en zonas con alta pluviometría, como es la DO Rías Baixas, una de las zonas de Galicia en la que se ha realizado esta tesis.
- Cubierta vegetal temporal: La vegetación se mantiene solo durante un periodo concreto del ciclo vegetativo de la vid, normalmente cuando no existan problemas de disponibilidad de agua y se elimina cuando exista una gran competencia con la vid por el recurso hídrico. Se puede eliminar empleando herbicidas, laboreo, desbrozado o simplemente por agostamiento de la especie al completar su ciclo vegetativo. Este sistema resulta más adecuado para zonas de clima mediterráneo, pero puede resultar de interés para otras regiones de diferente climatología.

Relativo al tipo de cobertura existen dos tipos: total y localizada.

- Cubierta total: La cubierta ocupa toda la superficie del viñedo, es decir, el suelo de todas las calles se mantiene mediante el empleo de cubierta vegetal.
- Cubierta localizada: Un sistema mixto que alterna el empleo de cubierta vegetal en una calle y laboreo en la siguiente.

Respecto al tipo de establecimiento existen dos tipos: sembrada y espontánea.

- Sembrada: Se realiza la elección de la especie más adecuada a las condiciones edafoclimáticas del terreno donde se pretende implantar y se siembra.
- Espontánea: la cobertura vegetal se forma con las especies que crecen de manera natural en la viña. En este caso, es de especial relevancia evitar la invasión de la línea de plantas. Además, resulta una alternativa económica más ventajosa y sencilla de establecer. sin embargo, conviene llevar a cabo una selección de especies adecuada dentro de la cubierta espontánea, evitando las especies perennes y de hoja ancha que ejercen una competencia más importante con el viñedo.

La elección de la especie a utilizar como cubierta vegetal depende del objetivo que se pretende alcanzar con su establecimiento dentro del viñedo (Ibáñez Pascual et al.,

2013). Las familias de especies más utilizadas como cubierta para viñedo son las gramíneas y las leguminosas (Aguirrezábal et al., 2012); las primeras aportan una materia orgánica más estructurada y con más permanencia mientras que, las segundas, proporcionan una materia orgánica de rápida mineralización y la posibilidad de fijar nitrógeno atmosférico. Resulta, por tanto, conveniente decantarse por especies competitivas frente a adventicias, especies con alta capacidad de autosiembra, con buena implantación y permanencia (Ibáñez Pascual et al., 2013). En la tabla 1 se muestran las características más destacadas de algunas especies de uso habitual como cubierta vegetal en el viñedo (Ibáñez Pascual et al., 2013).

Tabla 1. Caracterización agronómica de diversas especies empleadas habitualmente como cubiertas vegetales en el viñedo (Ibáñez Pascual et al., 2013).

	Capacidad de autosiembra	Asentamiento frente a especies invasoras	Dosis de Siembra (kg ha⁻¹)	Ciclo vegetativo	Altura sin siega (cm)	Biomasa generada	Nº de Siegas
Espontánea	media	-	-	medio-largo	40	media	1
Trébol	media	medio	30	medio	50	media-alta	1
Cebada	media- baja	alto	100	corto	85	alta	2
Veza	baja	bajo	90	corto-medio	45	alta	1
Veza + Avena	media	medio	70	medio	80	alta	2
Medicago	media	bajo	40	medio	15	muy baja	0
Vulpia	alta	alto	15	corto-medio	55	media-alta	1
Festuca	alta	medio-alto	40	largo	65	media	1
Bromo	muy alta	alto	50	medio-largo	75	alta	2
Ryegrass	alta	alto	40	largo	45	media	1

Como se ha expuesto anteriormente, una alternativa sencilla y económica es el empleo de vegetación espontánea, ya que se ha estimado que el coste medio del establecimiento de una cubierta sembrada es, aproximadamente, 430 euros/hectárea (Aguirrezábal et al., 2012), mientras que la implantación de una cubierta espontánea es muy inferior. En el caso de la cubierta vegetal espontánea, es aconsejable fomentar el predominio de especies monocotiledóneas o de escaso desarrollo de cara a su correcto manejo y control (Ibáñez Pascual et al., 2013).

Ya que el establecimiento y el manejo de una cubierta vegetal como sistema de mantenimiento del suelo depende en gran medida de las condiciones edafoclimáticas de la región considerada, se han llevado a cabo estudios en diversas zonas vitivinícolas (Yuste, 2005; Monteiro y Lopes, 2007; Celette et al., 2008; Ibáñez et al., 2011; Aguirrezábal et al., 2012), aunque en Galicia son escasos o prácticamente inexistentes (Díaz Losada et al., 2011b).

En esta región del noroeste español, las condiciones climatológicas favorables y la disponibilidad de agua en el suelo permiten un rápido establecimiento del dosel vegetal del viñedo, siendo muy vigorosas las variedades gallegas. Todo esto puede provocar que el dosel sea muy denso, conllevando un desequilibrio en las viñas y que se cree un microclima desfavorable a nivel de los racimos, lo que podría ser contraproducente para la maduración y el estado sanitario de la cosecha (Smart y Robinson, 1991). Además, estos viñedos vigorosos requieren de un manejo más intensivo del dosel, lo que incrementa el coste de la explotación. Por tanto, el empleo de cubiertas vegetales en estas condiciones podría ser una herramienta útil para reducir el crecimiento vegetativo del viñedo a través de la competencia adicional por el agua del suelo, lo que induce un moderado estrés hídrico en las viñas (Monteiro y Lopes, 2007).



OBJETIVOS





OBJETIVOS

El objetivo principal de este estudio es determinar el efecto que ejercen dos prácticas culturales (riego y mantenimiento del suelo con cubiertas vegetales) sobre la fisiología, respuesta productiva y características enológicas de cuatro variedades de vid (*Vitis vinifera* L.) de cultivo tradicional en Galicia: ‘Albariño’, ‘Godello’, ‘Treixadura’ y ‘Mencía’.

Para conseguir este objetivo general, se pretende alcanzar los siguientes objetivos específicos:

- 1.- Determinar los efectos del riego sobre la respuesta agronómica y parámetros de calidad en uvas, mostos y vinos de la variedad Albariño en la DO Rías Baixas.
- 2.- Evaluar los efectos del riego sobre la respuesta agronómica y parámetros de calidad en uvas, mostos y vinos de las variedades Godello y Treixadura en la DO Ribeiro.
- 3.- Determinar los efectos del riego sobre la respuesta agronómica y parámetros de calidad en uvas, mostos y vinos de la variedad Godello en la DO Valdeorras. Determinar la influencia de dos sistemas de riego localizado, riego por goteo aéreo y riego por goteo subsuperficial, en esta variedad.
- 4.- Profundizar en el conocimiento en Galicia de sistemas de mantenimiento de suelo, alternativos al laboreo mediante el estudio de la respuesta fisiológica, crecimiento vegetativo, producción y parámetros de calidad de mostos y vinos de la variedad Mencía tras implantar diversos tipos de cubierta vegetal frente a un testigo labrado.
- 5.- Evaluar el efecto del riego y las cubiertas vegetales sobre la apreciación sensorial del vino final, mediante tests de consumidores.



MATERIAL Y MÉTODOS





MATERIAL Y MÉTODOS

1. Descripción general de las parcelas de ensayo

Los ensayos de campo que integran la presente tesis doctoral se han llevado a cabo en tres zonas dentro de la Comunidad Autónoma de Galicia y que representan a tres, de las cinco Denominaciones de Origen Gallegas, de Oeste a Este: Rías Baixas, Ribeiro y Valdeorras (Figura 8).

En todas las zonas se llevaron a cabo ensayos con diferentes tratamientos de riego y, además, en el Ribeiro se realizó un ensayo de mantenimiento del suelo mediante el empleo de cubiertas vegetales. Estos ensayos se han llevado a cabo durante las campañas 2012, 2013 y 2014.



Figura 8. Localización de las parcelas de estudio dentro de Galicia.

A continuación se describen las principales características, de cada una de las parcelas estudiadas.

2. DO Rías Baixas

El experimento se llevó a cabo dentro de una parcela comercial de la Bodega ‘Lagar de Cervera’ (0,24 ha), en *Vitis vinifera* (L.) cv. ‘Albariño’, en el lugar de Fornelos (O Rosal, Pontevedra), dentro de la DO Rías Baixas (latitud 41° 56’ N, longitud 8° 50’ O y 101 m sobre el nivel del mar) (Figura 9). La plantación se realizó en 1996 sobre patrón 110-R con las viñas conducidas en espaldera; tras la poda, se dejan

30 yemas por planta. El marco de plantación es de 3 m entre calles y 2 m entre plantas ($1667 \text{ cepas ha}^{-1}$) y las filas se encuentran orientadas de este a oeste. El suelo de la finca es de textura franco-arenosa (65,0% arena, 19,1 % limo y 15,9% arcilla), con pH (H_2O) 6,2 y un alto contenido (7,3%) de materia orgánica. La profundidad del suelo varía según la pendiente de la parcela, en promedio es 1,2 m. La capacidad de almacenamiento de agua es de 124 mm m^{-1} .

Los datos climáticos correspondientes a esta parcela se recogieron en una estación próxima (As Eiras) gestionada por Meteogalicia, y accesible vía Web.



Figura 9. Ubicación parcela experimental en DO Rías Baixas.

3. DO Ribeiro

En la DO Ribeiro, se han planteado dos ensayos diferenciados, el primero contempla los efectos del riego, y el segundo caso, los efectos de las cubiertas vegetales.

El ensayo de riego se llevó a cabo en una parcela de 0,2 ha dentro de la finca experimental de la Estación de Viticultura e Enología de Galicia (EVEGA). Esta finca se encuentra situada en Leiro (Ourense) dentro de la DO Ribeiro (latitud $42^\circ 21,6' \text{ N}$, longitud $8^\circ 7,0' \text{ O}$ y altitud 115 m sobre el nivel del mar) (Figura 10 a).



Figura 10 a. Parcela experimental riego en DO Ribeiro.

La parcela estudiada está cultivada con *Vitis vinifera* (L.) variedades ‘Godello’ y ‘Treixadura’, de uva blanca y autóctonas de Galicia plantadas en 1998, conducidas en espaldera, en cordón simple dejando 10-12 yemas por cepa e injertadas sobre patrón 196-17C. El marco de plantación es de 2,4 m x 1,25 m (3333 cepas ha⁻¹). La orientación de las filas es de este a oeste.

El suelo de la finca es un inceptisol (Soil Survey Staff, 2010) de textura arenosa (64,0% arena, 16,4% limo y 19,6% arcilla), con pH (H₂O) 6,3 y 2,7% de materia orgánica. La profundidad del suelo varía según la pendiente de la parcela, en promedio es 1,3 m. La capacidad de almacenamiento de agua es 100 mm m⁻¹.



Figura 10 b. Parcela experimental cubiertas en DO Ribeiro.

En cuanto al ensayo de cubiertas vegetales, se llevó a cabo en una parcela de 0,1 ha también dentro de la finca experimental de la Estación de Viticultura y Enología de Galicia (EVEGA), en Leiro (Ourense) (Figura 10 b).

Las cepas, plantadas en 2007, son de la variedad Mencía sobre patrón 196-17C, están conducidas en espaldera, con formación en cordón simple y con 10-12 yemas por cepa. La orientación de las filas es Este-Oeste, con un marco de plantación de 2,35 m x 1,25 m (3404 plantas ha⁻¹). El suelo donde se encuentra el viñedo es arenoso (68% arena, 19,4% limo y 12,6% arcilla) y moderadamente ácido (pH de 6,2), con un 3,9% de materia orgánica. La profundidad del suelo es de, aproximadamente, 1 m y la capacidad de almacenamiento de agua es de 90 mm m⁻¹.

Los datos climáticos correspondientes a estas dos parcelas se registraron en una estación meteorológica situada dentro de la finca experimental, a unos 200 m de las parcelas de estudio.

4. DO Valdeorras

En el ensayo situado en la DO Valdeorras, al este de Galicia, la variedad estudiada es 'Godello'. La parcela experimental se encuentra dentro de una finca comercial plantada en 1997 en A Rúa (latitud 42° 23' 59'' N, longitud 7° 7' 15'' O a 320 m sobre el nivel del mar) (Figura 11).

La superficie de la parcela objeto de estudio es de 1500 m². Las plantas de Godello están injertadas sobre el patrón 110-R con un marco de plantación de 1,95 x 1,35 m (3800 plantas ha⁻¹). Las cepas están formadas en cordón doble y se dejan 10-12 yemas por cepa. Las filas están orientadas de norte a sur.

El suelo es de textura franca (46,2% arena, 31% limo y 22,8% arcilla), con pH(H₂O) muy ácido (4,99) y con un contenido en materia orgánica de 2,26%. La profundidad del suelo es de, aproximadamente, 1,2 m y su capacidad de almacenamiento de agua se encuentra en torno a 170 mm m⁻¹.

Los datos meteorológicos correspondientes a esta finca se recogieron de la estación de Larouco, perteneciente a la red agroclimática de MeteoGalicia y que se encuentra próxima a la parcela de ensayo.



Figura 11. Parcela experimental en DO Valdeorras.

5. Clasificación climática

A partir de los datos meteorológicos (temperatura, precipitación, humedad relativa, velocidad del viento, radiación solar) de las estaciones agroclimáticas consideradas, se calcularon varios índices bioclimáticos de acuerdo con la metodología propuesta por Tonietto y Carbonneau (2004). Estos índices permiten caracterizar el clima de cada una de las regiones de estudio. En concreto, para esta clasificación, se han empleado el índice heliotérmico (HI), el índice de sequía (DI) y el índice de frescura de las noches (CI). Además, se ha calculado la integral térmica activa, el período libre de

heladas, el índice de Winkler-Amerine y la evapotranspiración de referencia (ET_o) según la ecuación de Penman-Monteith (Allen et al., 1998).

6. Instalaciones y diseños experimentales

En las tres denominaciones de origen consideradas se establecieron sistemas de riego por goteo aéreo, con la añadidura de un sistema de riego por goteo enterrado en el caso de la DO Valdeorras. Estas instalaciones presentan diferentes características técnicas, así como criterio de manejo de las mismas, según la zona considerada, debido a motivos logísticos y de gestión. En todas las instalaciones de riego se realizó la evaluación del sistema (Merriam y Keller, 1978) determinando la eficiencia y la uniformidad de riego, comprobando la adecuación del mismo a los criterios de diseño establecidos. A continuación se describen las instalaciones y los diseños experimentales empleados en cada uno de los ensayos.

DO Rías Baixas

El experimento consistió en la evaluación del efecto del riego por goteo, frente a un testigo de secano. La empresa propietaria de la finca contaba con un sistema de riego por goteo, con una conducción de diámetro 20 mm por línea de plantación, donde se disponían dos emisores de remolino (Vortex) de 4 L h^{-1} por planta. El diseño experimental se estableció en bloques aleatorios con 4 repeticiones de 7 plantas control por tratamiento. El criterio de riego utilizado en este ensayo fue el establecido por el viticultor, debido a motivos de gestión, ya que este ensayo se instaló dentro de un sector de riego mayor que impedía una regulación independiente del caudal de riego para la parcela de ensayo. Los riegos se realizaron de lunes a viernes, alternando entre los diferentes sectores de las parcelas de la bodega, con una media de dos riegos semanales. En la campaña 2012 el período de riego fue del 26 de julio al 8 de agosto, en la campaña 2013 el período fue del 2 al 28 de agosto, y en la campaña 2014 fue del 16 de julio al 29 de agosto. Se han aplicado riegos de 4 horas diarias, aproximadamente, lo que supuso un total de 96 litros por planta en el año 2012, 192 litros por planta en 2013, y 400 litros en 2014. Las dosis anuales de riego fueron de 16 mm, 32 mm y 66,6 mm, en 2012, 2013 y 2014, respectivamente.

DO Ribeiro

En esta DO se establecieron dos ensayos, uno de riego y otro de cubiertas vegetales, tal y como se indicó anteriormente.

En cuanto al ensayo de riego, se establecieron dos tratamientos: un control en seco y un riego por goteo al 50% de la evapotranspiración de cultivo (ET_c), calculada a partir de datos climáticos referidos a la semana previa según el método de Penman-Monteith (Allen et al., 1998). La ET_c se calculó con un coeficiente de cultivo $K_c = 0,8$, obtenido de trabajos previos en viñedos con vegetación totalmente desarrollada (Reynolds et al., 2007; Williams, 2012; Romero et al., 2013). Además, para el caso específico del ‘Albariño’ en Galicia, Fandiño et al. (2012a) estimaron valores de K_c similares al aplicado.

El diseño experimental se dispuso en bloques aleatorios con 3 repeticiones, de 8 plantas control, por tratamiento. El riego se efectuó mediante dos goteros autocompensantes por planta, con un caudal de 4 L h^{-1} y situados a 25 cm a cada lado del tronco de la cepa. El período de riego transcurrió desde finales de junio (cuando el potencial hídrico de tallo a mediodía de las plantas estudiadas alcanzó los $-0,6 \text{ MPa}$) hasta mediados de agosto (unas dos semanas antes de la fecha prevista de vendimia), que es la época de mayor demanda evapotranspirativa. En este ensayo, la cantidad total de agua suplementaria aportada al cultivo fue de 50 mm en 2012, 79,3 mm en 2013 y 50 mm en 2014. El agua empleada para el riego es de buena calidad con pH 6,35, conductividad eléctrica de $163,4 \mu\text{S cm}^{-1}$ y 0,4 mg de sólidos en suspensión.

En cuanto al ensayo sobre mantenimiento del suelo con cubiertas vegetales, se establecieron cuatro tratamientos de manejo del suelo en las calles: (1) laboreo; (2) vegetación espontánea; (3) una gramínea (raigrás, *Lolium perenne* L.); y (4) una leguminosa (trébol subterráneo, *Trifolium subterraneum* L.). Las especies utilizadas han sido seleccionadas por pertenecer a dos familias diferentes y presentar buenas condiciones de implantación, autosiembra y competencia frente a especies invasoras (Aguirrezábal Bujanda et al., 2012; Ibáñez Pascual et al., 2013).

Las cubiertas vegetales consideradas son permanentes y se sembraron en noviembre de cada año comenzando en 2011, salvo la espontánea que consta de especies que se implantan de modo natural en la zona. El diseño experimental fue en bloques al azar con 3 repeticiones y una parcela experimental de 5 cepas control. Las

dosis de siembra fueron de 300 kg ha⁻¹ para el raigrás y 15 kg ha⁻¹ para el trébol. En el caso de este ensayo de cubiertas no se aplicó ningún riego.

El mantenimiento de las cubiertas consistió en desbrozado mecánico (Figura 12), realizándose tres pases cada año cuando la altura de la vegetación superaba los 20 cm.



Figura 12. Desbrozado de las cubiertas vegetales.

DO Valdeorras

En DO Valdeorras, se establecieron tres tratamientos siguiendo un diseño en bloques completamente aleatorios con cuatro repeticiones de 7 plantas cada una. Los tratamientos fueron un testigo en secano y dos tratamientos de riego: goteo aéreo y goteo enterrado. Las tuberías de riego se dispusieron en la fila cepas a 40 cm sobre el suelo en el caso del riego aéreo y a 40 cm bajo el suelo en el caso del riego enterrado (Figura 13). Los goteros eran autocompensantes, con un caudal nominal de 2 L h⁻¹ (Cancela et al., 2015), un gotero por cepa en el caso del aéreo y un gotero por metro lineal de tubería en el caso del enterrado. El período de riego comenzó en floración, principios de junio, y finalizó en maduración (mediados de agosto), aproximadamente dos semanas antes de vendimia. Durante este periodo, el agua se aplicó a primera hora de la mañana para reducir las pérdidas por evaporación, de lunes a domingo, con una dosis media por campaña de 80, 63 y 46 mm en 2012, 2013 y 2014, respectivamente.



Figura 13. Instalación de riego enterrado en DO Valdeorras.

En concreto, el riego comenzó el 1 de junio y terminó a mediados de agosto en 2012; en 2013, el riego comenzó en julio y terminó a finales de agosto; sin embargo, debido a problemas con el sistema de bombeo, en 2014 el riego comenzó a mediados de julio y terminó a finales de agosto. Durante estas campañas, se aplicó agua en 59, 46 y 34 días en 2012, 2013 y 2014, respectivamente, con una duración de 1,5 horas por día. La dosis media diaria de riego fue de 1,14 mm y 1,54 mm en los tratamientos aéreo y enterrado, respectivamente.

7. Mediciones en campo

Las mediciones periódicas realizadas en los ensayos se refieren al contenido de agua en el suelo, parámetros fisiológicos de la planta y parámetros productivos, principalmente. El seguimiento se llevó a cabo con una frecuencia quincenal, excepto para algunos parámetros que fueron determinados puntualmente. A continuación se describen los materiales y métodos empleados para cada una de estas medidas y que, al ser generales para todos los ensayos, se describen solo una vez para evitar redundancias. En caso de que algún parámetro se haya medido a mayores en un ensayo y no en los otros se especifica.

8. Control de la calidad del agua de riego y estado de fertilidad del suelo

Al inicio del período de ensayos se llevó a cabo un muestreo de las aguas de riego empleadas en este trabajo y se determinaron los siguientes parámetros para evaluar su calidad: pH (mediante un pH-metro), conductividad eléctrica (mediante un conductímetro) y contenido en sólidos en suspensión (por el método del filtrado, secado en estufa y pesado).

En cuanto al estado de fertilidad del suelo, en invierno de cada año de estudio se recogieron muestras de suelo de cada uno de los tratamientos en cada zona estudiada. El muestreo se realizó de tal modo que se recogieron 5 muestras de distintos puntos dentro de cada réplica de cada tratamiento experimental. La profundidad hasta la que se recogieron muestras fue de 20 cm. Estas 5 muestras se mezclaron para obtener una muestra compuesta para cada repetición. Seguidamente, las muestras se secaron al aire y se tamizaron mediante un tamiz de luz de malla de 2 mm, registrándose por separado el peso de la fracciones superior e inferior a 2 mm.

Las determinaciones que se llevaron a cabo sobre la fracción inferior a 2 mm fueron las siguientes: análisis granulométrico (mediante el método de decantación, Guitián Ojea y Carballas Fernández, 1976), pH tanto en agua como en KCl (ratio 1:2,5 peso suelo:volumen agua), concentraciones de nitrógeno, carbono orgánico, calcio, magnesio, sodio, potasio, fósforo y aluminio, capacidad de intercambio catiónico y relación C/N. Los análisis químicos fueron llevados a cabo por el laboratorio de Edafología de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Santiago de Compostela en el campus de Lugo, siguiendo los protocolos oficiales de análisis.

9. Fenología, cobertura vegetal y crecimiento vegetativo

Cada día de medida se determinó el estado fenológico de la vid bajo cada uno de los tratamientos considerados (Baggiolini, 1952).

En el caso del ensayo de cubiertas vegetales, se estimó visualmente el porcentaje de suelo cubierto por las especies que constituyen cada tratamiento. Para ello, se empleó un cuadrado de 0,5 m de lado que, de manera aleatoria, se colocó en dos zonas por repetición, es decir, en 6 zonas por tratamiento. Estas determinaciones se realizaron una vez al año, a finales de mayo o principios de junio, cuando las cubiertas vegetales se encontraban totalmente establecidas.

El crecimiento vegetativo de las cepas se describió mediante la estimación de la superficie foliar expuesta que se determinó tras el envero, una vez detenido el

crecimiento vegetativo, siguiendo el método propuesto por Sánchez de Miguel et al. (2010), consistente en medir la altura y anchura del dosel vegetal en 5 puntos por cepa. Esta medida se llevó a cabo en 3 plantas por repetición en cada uno de los ensayos; excepto en el caso del ensayo de cubiertas vegetales que fueron 2 plantas por repetición.

Asimismo, en invierno, se registró el peso de madera de poda en 6 plantas por repetición en el ensayo de riego de la DO Ribeiro, 5 plantas por repetición en los ensayos de DO Rías Baixas y DO Valdeorras y 4 plantas por repetición en el ensayo de cubiertas vegetales.

10. Monitorización del agua en el suelo

El contenido de agua en el suelo se determinó a diferentes profundidades que dependieron del ensayo considerado. Así, en las DO Rías Baixas y Valdeorras, este contenido se midió a los 5 cm de profundidad mediante una sonda W.E.T. (WET-2 Sensor, Delta-T Devices, Cambridge, UK) en la fila de cepas, próximo al tronco, en 2 puntos por repetición. Se empleó la calibración de serie para suelos arenosos. Asimismo, también en dos puntos por repetición, se midió el contenido en humedad a 15 y 60 cm de profundidad empleando la técnica de la reflectometría en el dominio temporal (TDR) mediante un equipo TDR100 (Campbell Scientific, USA - Time Domain Reflectometry), utilizando el software PCTDR y un cabezal flexible diseñado por Souto et al. (2008). En este caso, se empleó la ecuación de Topp et al. (1980) que relaciona el contenido volumétrico de agua con la medida de la constante dieléctrica, ya que es adecuada para suelos que no contienen cantidades importantes de agua retenida (Robinson et al., 2003) como los suelos arenosos de las parcelas de ensayo. Se realizaron 8 medidas por tratamiento. Los puntos de medida se situaron en la fila de cepas, a 0,6 m de los emisores y 0,3 m del tronco de las plantas.

En el caso de los ensayos en la DO Ribeiro, se empleó la misma técnica para los 5 cm más superficiales del suelo, pero se registraron medidas en 3 puntos por repetición. Además, se llevaron a cabo medidas en la calle (6 puntos por tratamiento) en el caso del ensayo de cubiertas vegetales. Asimismo, el contenido de agua a 10, 20, 30 y 40 cm se determinó mediante una sonda PR2 (Delta-T Devices, Cambridge, UK) en 1 punto por repetición (situado en la fila de cepas) en el caso del ensayo de riego y en un punto por tratamiento en el caso del ensayo de cubiertas vegetales. Estas medidas se llevaron a cabo semanalmente. Se empleó la calibración de serie para suelos arenosos.

11. *Parámetros fisiológicos*

En cuanto a la fisiología de la planta, se determinó quincenalmente el estado hídrico del viñedo mediante dos modalidades de potencial hídrico foliar: el potencial hídrico foliar y el de tallo, en ambos casos al mediodía, además de a primera hora de la mañana, en el caso del potencial hídrico foliar. Se ha seguido la metodología propuesta por Williams y Araujo (2002), empleando la técnica de la cámara de presión (Scholander et al., 1965) (modelos SoilMoisture Inc., Santa Barbara, CA, USA; Pump-Up y PMS Model 600, Albany, OR, USA) (Figura 14). Para ello se utilizaron hojas adultas, sanas, del tercio medio del pámpano, y expuestas a la radiación solar en tres plantas por repetición. Para la medida del potencial de tallo se cubrieron las hojas con bolsas plásticas envueltas en papel de aluminio al menos una hora antes de la medida (Choné et al., 2001). En el caso del ensayo de cubiertas vegetales, sólo se determinó el potencial hídrico de tallo y se emplearon dos plantas por repetición.



Figura 14. Dispositivo de medida de potencial hídrico foliar.

Sobre las mismas hojas en las que se llevaron a cabo las determinaciones de potencial hídrico foliar, y en las mismas fechas, se midió previamente la conductancia estomática empleando un porómetro modelo SC1 (Decagon Devices, WA, USA). Estas

medidas se realizaron a mediodía, entre las 11:30 y 12:30 horas, en una hoja por planta y tres plantas por repetición salvo en el caso del ensayo de cubiertas donde se determinó en dos plantas por repetición.

También, se determinaron parámetros de fluorescencia de la clorofila *a* sobre hojas totalmente desarrolladas y expuestas a la luz solar y que no presentaban signos visibles de enfermedades. Estas medidas se llevaron a cabo con un fluorómetro de pulso modulado (FMS2, Hansatech Instruments, UK) tal y como describen Moutinho-Pereira et al. (2012), sobre las mismas hojas en las que se midió la conductancia estomática. Las hojas se adaptaron a la oscuridad durante al menos 10 minutos mediante pinzas específicas para tal efecto. A partir de estas medidas se obtienen diferentes parámetros de fluorescencia (Maxwell y Johnson, 2000): F_0 (intensidad inicial de fluorescencia de la clorofila cuando todos los centros reactivos del fotosistema II se encuentran abiertos); F_s (intensidad de la fluorescencia de la clorofila en estado estacionario en una hoja expuesta a la luz solar); F_v (fluorescencia máxima de la clorofila cuando todos los procesos fotoquímicos se encuentran al mínimo); F_m (intensidad máxima de la fluorescencia de la clorofila en una hoja adaptada a la oscuridad con los centros reactivos del fotosistema II cerrados); y F_m' (intensidad máxima de la fluorescencia de la clorofila en una hoja expuesta a la luz solar con todos los centros reactivos del fotosistema II cerrados). A partir de estos parámetros se calculan los atributos siguientes (Bilger y Schreiber, 1986; Genty et al., 1989):

- a) La máxima eficiencia de un quantum del fotosistema II: $F_v/F_m = (F_m - F_0)/F_m$.
- b) La eficiencia fotoquímica del fotosistema II (Φ_{PSII}): $\Phi_{PSII} = (F_m' - F_s)/F_m'$.
- c) La tasa de transporte electrónico (ETR): $ETR = (F_m' - F_s) \times \text{PPFD} \times 0.5 \times 0.84$, donde PPFD es la densidad del flujo de fotones incidente sobre la hoja, 0.5 es el factor que asume igual distribución de energía entre los dos fotosistemas, y la absorbancia de la hoja es 0.84 porque se trata del valor más común para plantas C3 (Björkman y Demmig, 1987).
- d) Quenching fotoquímico (qP): $qP = (F_m' - F_s)/(F_m' - F_0)$.
- e) Quenching no fotoquímico (NPQ): $NPQ = (F_m - F_m')/F_m'$.

Las medidas de fluorescencia de la clorofila *a* se llevaron a cabo siempre entre las 11:30 y las 13:30 h. En 2013, no se realizaron estas determinaciones debido a una avería del equipo.

Se estimó el índice de concentración en clorofila (CCI) de manera no destructiva empleando un medidor de clorofila portátil CCM-200 (Opti-Sciences, Tyngsboro, MA, USA), que calcula un valor CCI adimensional a partir del ratio de absorbancia óptica a 655 nm y el de 940 nm, que se correlaciona con el contenido en clorofila extraíble en varias especies vegetales (Richardson et al., 2002; van den Berg y Perkins, 2004). Estas medidas se realizaron en tres hojas por planta y tres plantas por repetición (dos plantas por repetición en el caso del ensayo de cubiertas vegetales). Se evitaron nervios principales y áreas con daños o enfermedades visibles en las hojas en el momento de realizar estas medidas.

12. Parámetros productivos

La producción se determinó en el momento de la vendimia en cada una de las filas centrales de los tratamientos considerados (8 cepas por repetición en el ensayo de riego en DO Ribeiro, 7 por repetición en DO Rías Baixas y DO Valdeorras y 5 en el caso del ensayo de cubiertas vegetales en DO Ribeiro). Se registró el número de racimos por cepa, la producción por cepa y se calculó el peso medio del racimo dividiendo la producción por el número de racimos (Figura 15). En el caso de la DO Ribeiro, se determinó el peso de baya a partir de muestras de unas 200 bayas, que se recogieron a lo largo de la fila de plantas, tomándose 3-5 bayas por racimo, de diferentes partes (alas, zonas superior e inferior). Seguidamente, se realizaron 3 pesadas de 50 bayas cada una para obtener el peso de la baya, dividiendo el peso total entre 50.



Figura 15. Vendimia en parcela de ensayo DO Rías Baixas.

13. Procesos en bodega: elaboraciones de vino blanco y vino tinto

La recolección de la uva se realizó cuando ésta alcanzó la madurez tecnológica, determinada en función de los controles de maduración previos a la vendimia en el caso de los ensayos realizados en EVEGA (DO Ribeiro). En el resto de ensayos, la vendimia se llevó a cabo en función del calendario de la bodega propietaria del viñedo.

La producción llegó a la bodega experimental de la EVEGA en cajas de 20 kg y a las pocas horas de la vendimia. Se recogieron, aproximadamente, 100 kg por tratamiento. Seguidamente, se procedió a la vinificación de cada tratamiento separadamente, contando con dos repeticiones por tratamiento, unificando las mismas tras finalizar el proceso de elaboración, y haber retirado las muestras correspondientes para su análisis en laboratorio. A continuación, se describen las distintas fases del proceso de vinificación, indicando si se refiere a vino blanco o tinto.

La primera operación, en ambos casos, consiste en el despalillado y estrujado de la uva, mediante el cual se elimina el raspón del racimo y, con ello, una fuente potencial de taninos astringentes no deseados en nuestro vino. Con el estrujado conseguimos romper total o parcialmente el hollejo y liberar el mosto e incrementar la extracción de compuestos durante la maceración de la uva tinta.

Tras el estrujado-despalillado, la uva blanca se introduce en la prensa neumática, donde se procede a la extracción del mosto (Figura 16). El prensado de la uva empleado no ha sido excesivamente potente ($1,5 \text{ kg cm}^{-2}$), obteniéndose un rendimiento en mosto del 50% en volumen. En el caso de la uva tinta, esta operación se realiza tras el descube.



Figura 16. Prensado neumático.

En la elaboración del vino blanco, la siguiente operación es el desfangado. En esta fase se consigue la eliminación de fragmentos de hollejo y raspón del mosto antes de comenzar el proceso de fermentación alcohólica para evitar, de este modo, aromas herbáceos y sabores amargos. El mosto procedente de la prensa fue trasegado a un depósito de acero inoxidable de 35 litros y llevado a cámara de frío (10° C) para realizar un desfangado estático de 24 horas. Se aplicó una dosis de 1 mL L⁻¹ de sulfuroso comercial al 6% (Sulfhur, Agrovín, Alcázar de San Juan, España) y se añadió enzima (Vinozym, Lamothe-Abiet, Burdeos, Francia) a dosis de 4 g hL⁻¹ para mejorar el rendimiento en mosto y disminuir la producción de burbas.

El siguiente paso es la fermentación alcohólica, que presenta ligeras variantes entre vinos blancos y tintos (Figura 17). En el caso de los blancos, tras separar las burbas del mosto, este se trasiega a otro depósito de 35 litros donde se añade levadura comercial *Saccharomyces Cerevisae* (Excellence Fw, Lamothe-Abiet, Burdeos, Francia) a una dosis de 20 g hL⁻¹. En el caso de los tintos, la fermentación también se realizó en depósitos de acero inoxidable de 35 litros a los que se adicionó una dosis de 0,5 mL L⁻¹ de sulfuroso comercial al 6% (Sulfhur), y se inoculó con levadura comercial

Saccharomyces Cerevisiae (grand rouge XG, Lamothe-Abiet, Burdeos, Francia, 20 g hL⁻¹), los depósitos de vino tinto disponen de una rejilla que permite que el sombrero esté siempre sumergido en el mosto, lo que permite extraer el material colorante de los hollejos y el paso de estos componentes al vino.



Figura 17. Fermentación alcohólica en cámara a temperatura controlada.

En ambos casos, a los dos días tras la inoculación de la levadura se inició el proceso de fermentación alcohólica, que se monitorizó mediante un control diario de temperatura y densidad. Se consideró finalizada la fermentación alcohólica cuando el vino poseía una concentración de azúcares reductores inferior a 2 g L⁻¹. El vino blanco se deslió y se trasegó a depósitos de vidrio (Figura 18); mientras que el tinto se descubó, se prensó y se trasegó a depósitos de vidrio.

Los vinos contienen bitartrato por encima del punto de saturación y están expuestos a su precipitación cuando se conserva a bajas temperaturas y pueden crear precipitados en el fondo de la botella. Por lo tanto, los vinos se llevaron a una cámara a 4 °C donde permanecieron durante un mes para realizar la estabilización tartárica.



Figura 18. Trasiego de muestras de vino blanco.

Una vez realizada la estabilización, los vinos se filtraron a través de un filtro de placas, utilizando unas de abrillantamiento de 20 x 20 cm. En este proceso se eliminaron todas las partes sólidas que contienen los vinos.

Finalmente, los vinos se embotellaron y se utilizaron tapones sintéticos. A cada botella se le colocó una etiqueta en la que se indica tratamiento, procedencia y año de elaboración, el sulfuroso se había corregido previamente hasta llevarlo a 35 ppm de sulfuroso libre.

Las dos figuras siguientes (Figuras 19 y 20) muestran, de una manera esquemática, los procesos de elaboración de vinos blancos y tintos.

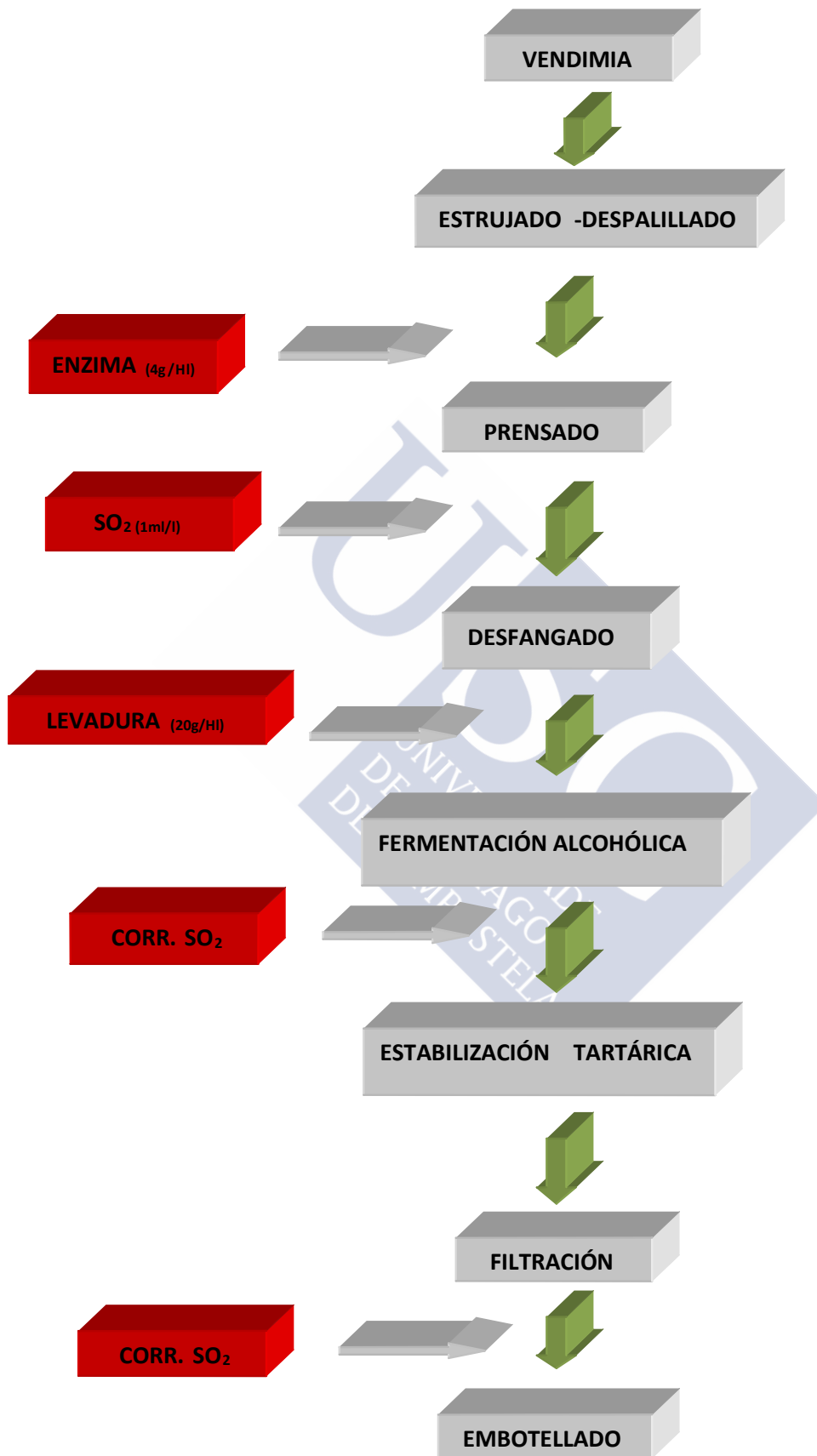


Figura 19. Esquema del proceso de elaboración de vinos blancos.

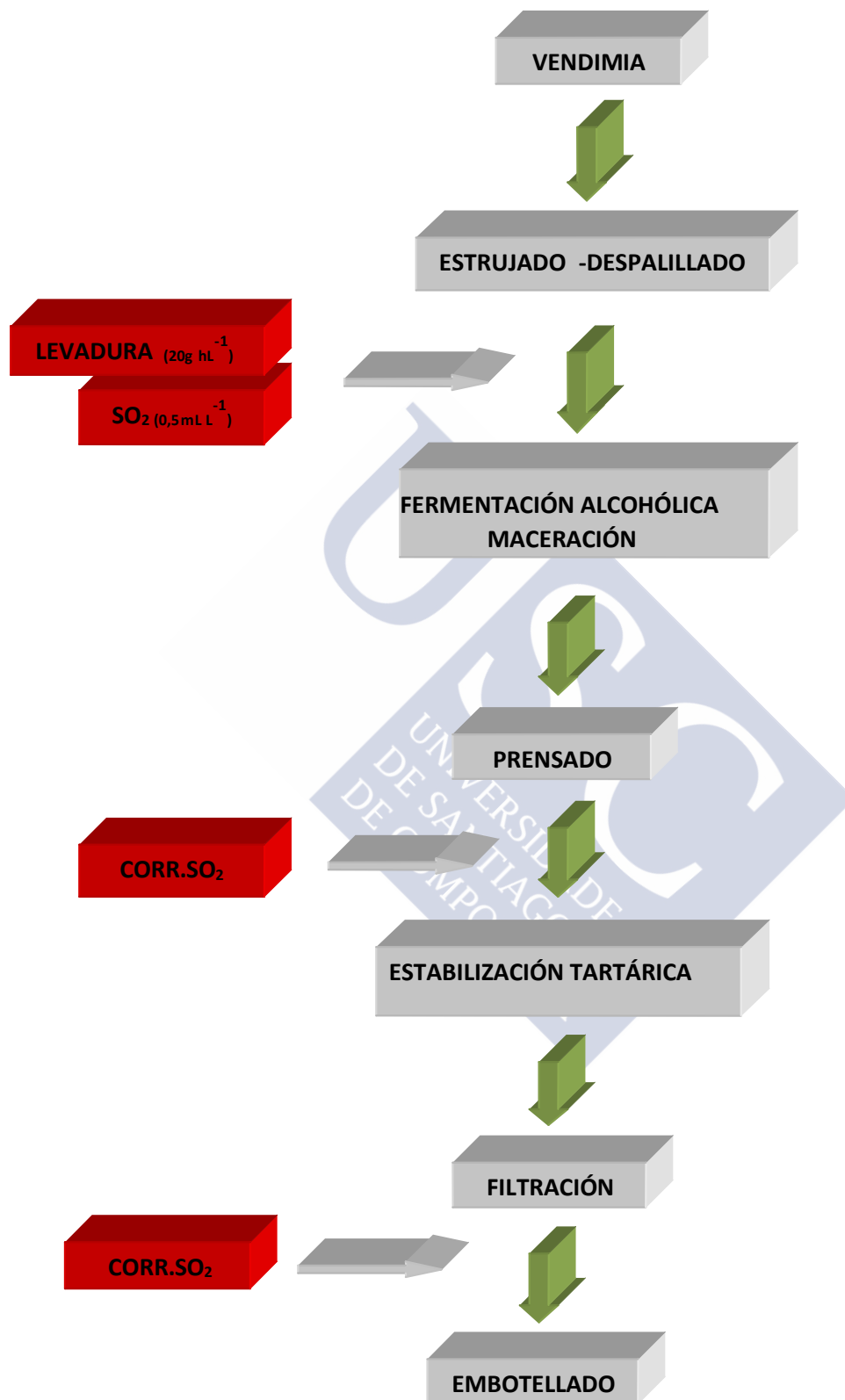


Figura 20. Esquema del proceso de elaboración de vinos tintos.

14. Análisis de laboratorio

En el caso de los ensayos realizados en Ribeiro se llevó a cabo un control de maduración mediante la recogida de muestras de 150 bayas por repetición, del mismo modo que el explicado anteriormente para la determinación del peso de baya. Estas bayas se pesaron y prensaron para determinar su contenido en sólidos solubles empleando un refractómetro manual, su acidez total mediante una valoración ácido:base con NaOH 0,1 N y su pH mediante un pH-metro.

En cuanto a la composición de los mostos, la producción de cada tratamiento se pesó y prensó por separado, como se ha explicado en los procesos de elaboración de los vinos. Se tomaron alícuotas de 250 mL y se analizó el pH, el grado alcohólico probable, la acidez total y los contenidos en ácidos málico y tartárico del mosto. Los parámetros anteriores se determinaron utilizando un multianalizador FOSS (FT120, Hilleroed, Dinamarca) calibrado según los métodos oficiales (OIV, 2009), excepto los contenidos en ácidos málico y tartárico que se determinaron usando un autoanalizador LISA 200 (Barcelona, España).

Además, se analizaron los parámetros básicos de los vinos (grado alcohólico, acidez total y volátil, pH, ácidos láctico, málico y tartárico, concentraciones de sulfuroso libre y total, glicerol, extracto seco) mediante el mismo multianalizador empleado para el análisis de los mostos, si bien calibrado para vinos según los protocolos oficiales de análisis (OIV, 2009).


15. Análisis del perfil hedónico de los vinos. Diseño de test de consumidores

Los tests de consumidores se llevaron a cabo con periodicidad anual, catándose los vinos tras unos tres meses en botella. Estas pruebas tuvieron lugar en la cafetería de la Escuela Politécnica Superior de Lugo de la Universidad de Santiago de Compostela. Las catas se realizaron en dos días diferentes, con una semana de separación entre ellos, con el fin de no presentar más de 12 vinos por día a los consumidores y así evitar su cansancio. En la primera tanda se cataron los vinos de las variedades ‘Godello’ y ‘Treixadura’, mientras que, en la segunda tanda, se evaluaron ‘Albariño’ y ‘Mencia’.

En estas catas han participado más de 50 consumidores por año, de un rango de edad comprendido entre 20 y 65 años y con diversos hábitos de consumo. Para caracterizar a un grupo tan heterogéneo se ha diseñado una encuesta individual con preguntas tipo test (Figura 21) en la que los participantes reflejan sus hábitos de

consumo de vino, así como otras cuestiones relevantes como edad, sexo, nivel de estudios o profesión.

Cofinanciado con el:



PROYECTO RTA2011-00041-C02-00
TEST CONSUMER
 Indicar una sola respuesta por pregunta

Procedencia
 Ciudad _____
 Provincia _____
 Nacionalidad _____

Sexo
 Femenino Masculino

Edad
 18-20 41-50
 21-30 51-60
 31-40 Más de 60

Estudios
 Universitarios Elementales
 Medios Sin estudios

¿A qué te dedicas?
 Autónomo Empresario
 Funcionario Pensionista
 Parado Estudiante
 Ama de casa Operario
 Agricultor Otras

¿Por qué te interesa el vino?
 Me dedico a la hostelería
 Soy productor o distribuidor
 Soy comercial / intermediario
 Por interés científico
 Porque me gusta y soy consumidor
 Por curiosidad

Conocimientos de cata
 Sí No Hice un curso
 ¿Cuál? _____

¿Qué actividad realizarías para saber más sobre el vino?
 Visitar bodegas y conocer productores
 Ir a cursos, jornadas, degustaciones
 Ninguna en particular

Para ti, ¿qué es lo más importante en un vino de calidad?
 La variedad de uva La DO
 El precio La marca
 Que me guste Vino premiado

¿A qué das más importancia en un vino?
 Color Aroma Sabor

¿Dónde compras el vino normalmente?
 En la bodega En supermercado
 En tiendas de barrio
 En tiendas especializadas o enotecas
 Por correo o internet

¿Cómo escoges el vino?
 Criterio propio Publicidad
 Tipología varietal Guías de vinos
 Marca Precio

¿Qué vino elegirías?
 Un vino con Denominación de Origen
 Un vino ecológico
 Un vino seleccionado por catadores
 Un vino de una uva determinada

El vino que sueles comprar, ¿en qué rango de precios se encuentra?
 De 1 a 5 € De 5 a 10 €
 De 10 a 20 € Más de 20 €

¿Cuántas veces a la semana bebes vino?
 Todos los días
 4-5 veces por semana
 1-3 veces por semana
 Sólo los fines de semana
 Ocasionalmente Nunca

¿Dónde bebes vino preferentemente?
 En casa Con amigos
 En el bar / restaurante En vinoteca

¿Qué es para ti el vino?
 Un placer Una tradición
 Una ocasión para estar con amigos
 Una droga Una pasión

¿Qué vino prefieres?
 Si miras: variedad región
 Prefieres: joven barrica
 Te gusta: blanco tinto rosado
 Entre: español extranjero

Entre las denominaciones de origen, ¿vino de cuál de ellas suele consumir?
 Rías Baixas Ribeira Sacra
 Ribeiro Monterrei Valdeorras

Figura 21. Formulario de la encuesta de hábitos de consumo de vino para caracterizar a los participantes en el test.



TEST CONSUMIDOR VINOS
Proyecto RTA2011-00041-C02-00

Examine las siguientes muestras y, por favor, exprese su juicio

		T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14
Color	Muy intenso							
	Intensidad media							
	Normal							
	Baja intensidad							
	No me gusta							
Aroma	Muy intenso							
	Intensidad media							
	Normal							
	Baja intensidad							
	Frutas							
	Flores							
No me gusta								
Sabor	Muy intenso							
	Intensidad media							
	Normal							
	Baja intensidad							
	Frutas							
	Ácido							
	Dulce							
	Amargo							
Aspero								
Apreciación global	Muy buena							
	Buena							
	Normal							
	Agradable							
	No me gusta							
Orden de preferencia		1*	2*	3*	4*	5*	6*	7*



Figura 22. Ficha de cata empleada en el test de consumidores.

El test de consumidores propiamente dicho se realizó en varias tandas en cada una de las cuales se presentaron al consumidor vinos de una determinada variedad y un ensayo concreto, sin que éste tuviese conocimiento exacto de cuál era cuál. Entre estos vinos, los consumidores establecieron un orden de preferencia por cada tanda. Asimismo, por cada vino, los consumidores describieron si les gustaba su color, aroma, sabor y una apreciación global del mismo (Figura 22), siguiendo una escala cualitativa.

16. Métodos estadísticos aplicados

Los datos fisiológicos, agronómicos y de calidad de mostos y vinos, procedentes de los diferentes ensayos, se analizaron independientemente, mediante ANOVA empleando el software R versión 2.11.1 (R Development Core Team, 2010). En los ensayos de DO Valdeorras y de cubiertas vegetales en la DO Ribeiro, la separación de medias se llevó a cabo mediante el test de Tukey. Los datos de los tests de consumidores se describieron mediante técnicas de análisis exploratorio. En el caso del ensayo de cubiertas vegetales, se llevó a cabo un análisis de correspondencias (Benzécri, 1992) para los datos de los tres años de catas; este análisis permite, de una manera gráfica, observar la preferencia que tienen los consumidores por el vino de un tratamiento determinado.





RESULTADOS Y DISCUSIÓN





1. VALDEORRAS

Evolución de parámetros climáticos

El primer año del ensayo (2012) fue el más seco, con 543 mm de precipitación anual, debido, básicamente, a un otoño bastante seco. Sin embargo, durante el periodo vegetativo se registraron 260 mm, con lo que no fue la campaña más seca del período de estudio.

El año 2013 fue el año más lluvioso tanto en el periodo anual, con 926 mm, como durante el período vegetativo, con 331 mm. La campaña 2014 fue la menos lluviosa durante el periodo vegetativo con 239 mm, no así durante el total del año que registró 825 mm (Tabla 2).

Las temperaturas medias anuales y durante el período vegetativo se incrementaron a lo largo de las tres campañas de ensayo (2012-2014), pasando de 16,8 °C y 12,7 °C en 2012 hasta 17,4 °C y 13,4 °C de temperatura media de campaña y anual, respectivamente (Tabla 2).

Tabla 2. Resumen de datos climáticos: precipitación, temperatura y ET_0 para las tres campañas de ensayo (2012-2014) en la parcela de Valdeorras.

Año	Precipitación en campaña (mm)	Precipitación anual (mm)	Temperatura media en campaña (°C)	Temperatura media anual (°C)	ET_0 (mm) Periodo vegetativo	ET_0 (mm) Periodo de riego
2012	259,6	543	16,8	12,7	705,8	338,6
2013	331,4	926	17,1	12,7	740,8	263,9
2014	239,4	825	17,4	13,4	697,5	148,3
Media	276,8	747	17,1	12,9	714,7	250,3

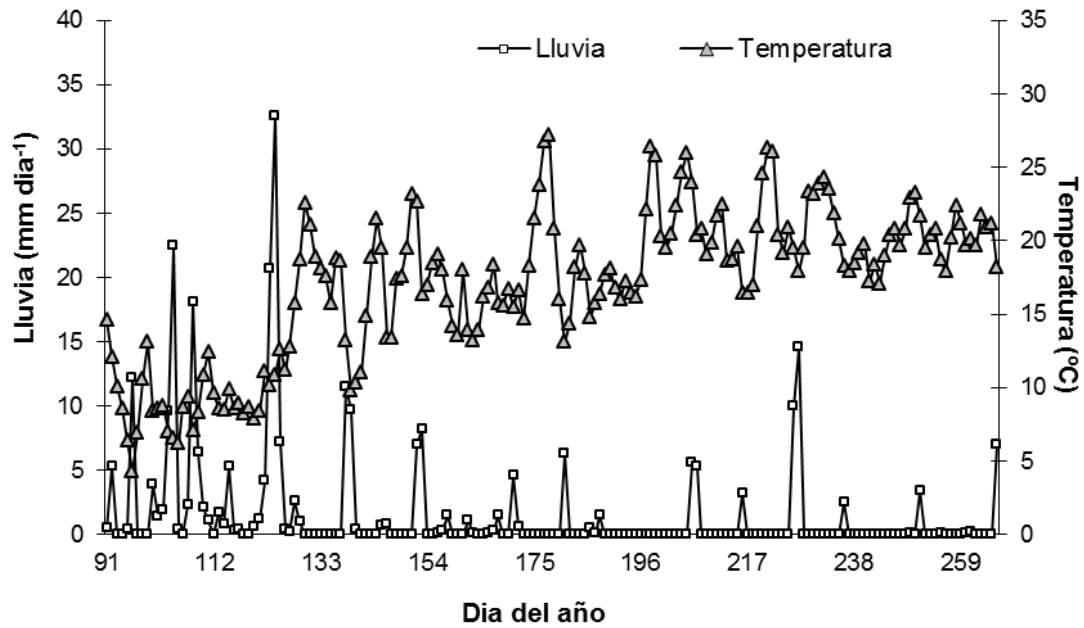


Figura 23. Evolución de la precipitación y temperatura media diaria durante la campaña de 2012 en la parcela de Valdeorras.

En la figura 23, se puede observar que, durante la campaña de 2012, las precipitaciones se concentraron básicamente en invierno y primavera, se han registrado algunos eventos esporádicos en verano y muy pocos durante los meses de otoño. Las temperaturas no fueron excesivamente elevadas, superándose los 30 °C de temperatura máxima en períodos puntuales de los meses de junio a septiembre.

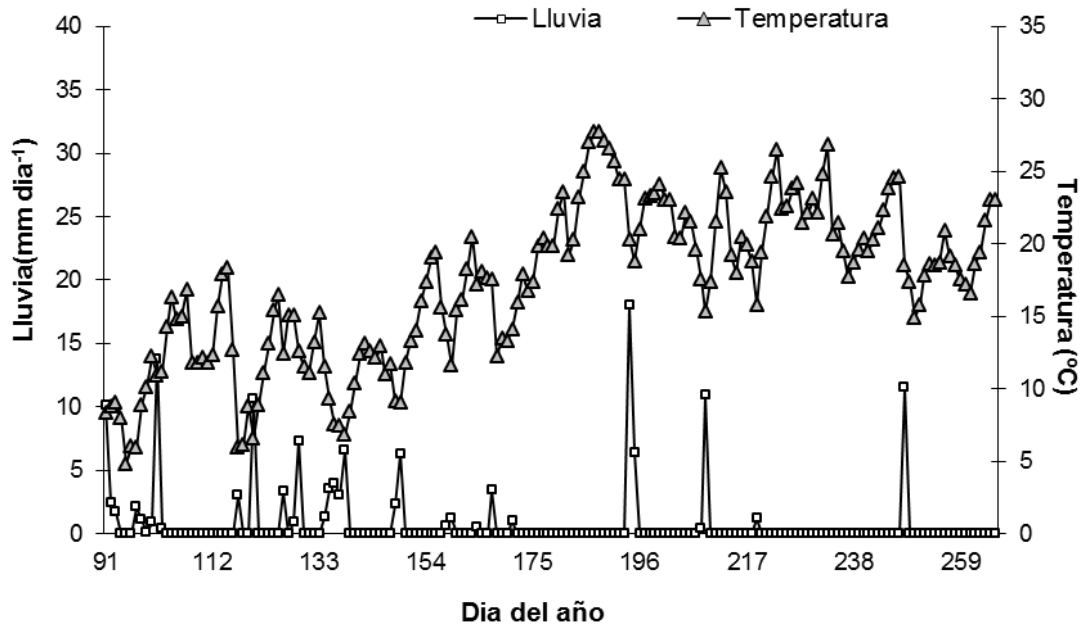


Figura 24. Evolución de la precipitación y temperatura media diaria durante la campaña de 2013 en la parcela de Valdeorras.

El año 2013 se caracterizó por elevadas temperaturas en verano, con valores por encima de 30 °C de temperatura máxima durante los meses de julio y agosto, de forma casi continuada, con algunas tormentas en verano, concentrándose las lluvias en invierno y primavera y registrándose pocas precipitaciones en otoño (Figura 24).

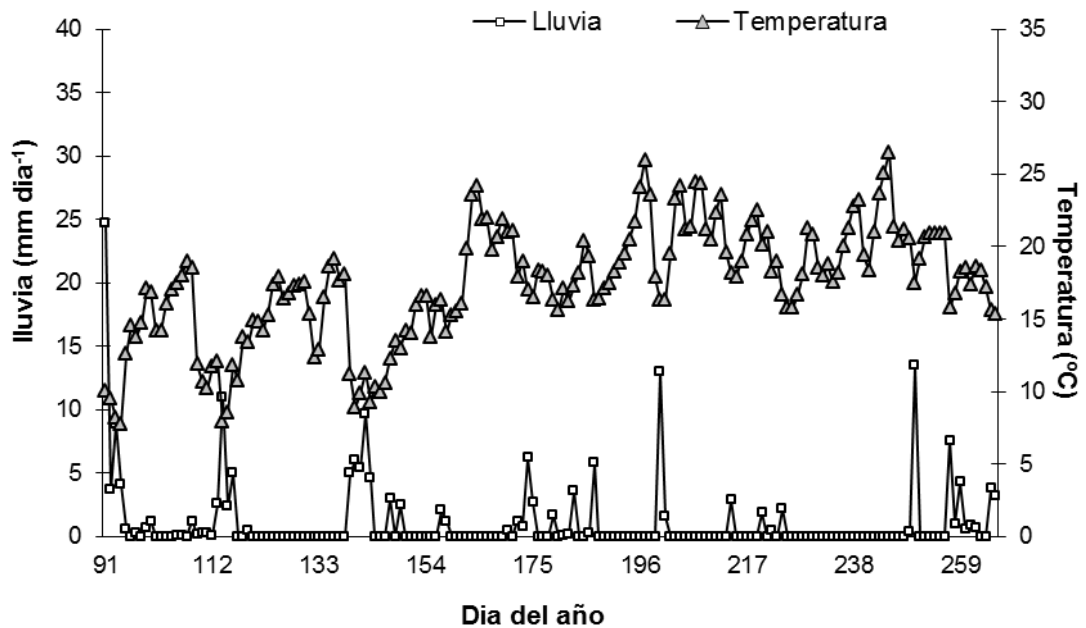


Figura 25. Evolución de la precipitación y temperatura media diaria durante la campaña de 2014 en la parcela de Valdeorras.

El año 2014 fue un año relativamente suave en cuanto a temperaturas, aunque se sobrepasaron los 30 °C de temperatura máxima a mediados de junio, julio y finales de agosto. Las precipitaciones se han repartido de una manera relativamente homogénea a lo largo del año (Figura 25).

Tabla 3. Índices bioclimáticos calculados para cada uno de los años estudiados.

Año	HI (°C)	DrI (mm)	CI (°C)	Clasificación*
2012	1069,6	54,6	11,7	HI-1, CI+2, DI-1 TEMPLADO, NOCHES MUY FRIAS, MODERADAMENTE SECO
2013	2090,9	-8,2	12,7	HI-1, CI+1, DI+1 TEMPLADO, NOCHES FRIAS, MODERADAMENTE SECO
2014	2124,3	10,0	13,4	HI+1, CI+1, DI+1 TEMPLADO CALIDO, NOCHES FRIAS, MODERADAMENTE SECO
Media	2061.6	18.8	12.6	HI-1, CI+1, DI+1 TEMPLADO, NOCHES FRIAS, MODERADAMENTE SECO

* Según Tonnetto y Carbonneau (2004).

Los valores de los índices bioclimáticos (Tabla 3) mostraron ligeras diferencias entre las tres campañas estudiadas. El índice heliotérmico (HI) se clasificó, según Tonietto y Carbonneau (2004), como HI-1 para 2012 y 2013 y HI+1 para 2014, con clasificación de templado a templado cálido. El índice de sequía (DrI) entró en la categoría de moderadamente seco para los tres años. Por su parte, el índice de noches frías (CI) fue CI+2 para 2012 y CI+1 para 2013 y 2014. Los años 2013 y 2014 se clasificaron igual, como de noches frías, y el 2012 fue diferente, noches muy frías. Por término medio, los índices bioclimáticos describen una viticultura con noches frías, moderadamente seca y templada. Estos valores no concuerdan con los expuestos por Fraga et al. (2014) para la DO Valdeorras, pues estos autores la sitúan como una viticultura fría en clima húmedo.

Caracterización del suelo. Análisis de fertilidad

Los análisis realizados durante las tres campañas, tomando 4 muestras por tratamiento y año, han permitido caracterizar las principales propiedades físicas y químicas de los suelos de la parcela de ensayo (Tabla 4).

Tabla 4. Parámetros medios de los suelos en Valdeorras para los años 2012-2014 en los diferentes tratamientos de riego considerados.

Secano				
Parámetro	Unidades	2012*	2013*	2014*
Arena	%	44,05±2,89	42,00±5,09	43,65±0,08
Limo		32,63±2,18	35,23±4,15	32,33±3,18
Arcilla		23,32±1,53	22,78±0,94	24,02±3,26
pH H₂O	-	5,20±0,39	5,15±0,15	4,81±0,10
pH KCl		4,20±0,29	4,08±0,09	3,73±0,02
Ca	cmol kg ⁻¹	1,58±0,59	0,89±0,21	0,40±0,11
Mg		0,44±0,19	0,22±0,09	0,16±0,01
Na		0,45±0,09	0,07±0,01	0,08±0,01
K		0,53±0,10	0,59±0,03	0,51±0,02
Al		0,82±0,51	1,17±0,24	1,84±0,17
CIC		3,83±0,34	2,93±0,11	2,99±0,16
P		mg kg ⁻¹	17,21±7,22	17,91±1,60
M.O.	%	2,14±0,37	2,26±0,14	1,80±0,05
Riego aéreo				
Parámetro	Unidades	2012*	2013*	2014*
Arena	%	44,62±2,96	44,50±0,02	42,78±4,52
Limo		33,87±3,94	30,62±5,35	34,11±8,05
Arcilla		21,51±3,02	24,88±5,33	23,11±3,53
pH H₂O	-	4,71±0,40	5,30±0,02	4,75±0,33
pH KCl		3,97±0,29	4,21±0,05	3,74±0,09
Ca	cmol kg ⁻¹	0,96±0,66	1,26±0,11	0,48±0,18
Mg		0,19±0,19	0,31±0,05	0,15±0,13
Na		0,46±0,09	0,09±0,01	0,10±0,02
K		0,59±0,09	0,69±0,16	0,53±0,01
Al		1,22±0,57	0,92±0,13	1,85±0,41
CIC		3,42±0,34	3,25±0,19	3,12±0,10
P		mg kg ⁻¹	26,37±6,30	20,01±5,83
M.O.	%	2,19±0,38	2,40±0,10	1,99±0,11
Riego subsuperficial				
Parámetro	Unidades	2012*	2013*	2014*
Arena	%	45,91±3,92	42,10±0,75	43,24±4,94
Limo		31,05±3,78	34,37±0,51	31,06±8,60
Arcilla		23,04±0,97	23,52±1,26	25,70±3,66
pH H₂O	-	4,71±0,37	5,14±0,12	4,75±0,09
pH KCl		3,80±0,28	4,10±0,06	3,73±0,03
Ca	cmol kg ⁻¹	1,20±0,63	0,96±0,12	0,39±0,13
Mg		0,18±0,19	0,24±0,06	0,16±0,03
Na		0,43±0,09	0,07±0,02	0,08±0,01
K		0,52±0,09	0,63±0,09	0,51±0,04
Al		1,20±0,50	1,20±0,09	1,63±0,16
CIC		3,54±0,34	3,10±0,10	2,76±0,10
P		mg kg ⁻¹	22,17±6,59	18,52±5,36
M.O.	%	2,18±0,37	2,42±0,12	1,97±0,05

* Valores medios y desviación estándar de cada parámetro

Los componentes del suelo: arena, limo y arcilla se mantienen constantes durante los tres años de ensayo, para los diferentes tratamientos de riego (Secano, Aéreo y Subsuperficial) (Tabla 4).

De igual modo, los parámetros químicos han sido muy similares los tres años, aunque se puede apreciar un ligero descenso de la materia orgánica en el último año 2014 (Tabla 4) con respecto a 2012 y 2013. La fertilización de esta parcela se realizó siguiendo el criterio del propietario, empleando abonos minerales, siendo idéntica en todos los tratamientos, por lo que no ha sido objeto de análisis. Los valores obtenidos se encuentran dentro de los habituales en los viñedos gallegos (Lovelie, 1996).

Fenología

No se han observado diferencias entre los tratamientos en cuanto a la fenología del cultivo para los tres años estudiados, siendo la duración de los diferentes períodos fenológicos igual en los tres tratamientos considerados en esta tesis. En el año 2013 el ciclo del viñedo tuvo una mayor duración (166 días) debido a que la fase entre floración y envero fue más larga que en las otras dos campañas estudiadas (Figura 25). Cabe mencionar que la duración del ciclo vegetativo en la DO Valdeorras, fue inferior a la observada por González et al. (2012) para la misma variedad en la DO Ribeiro en el año 2010.

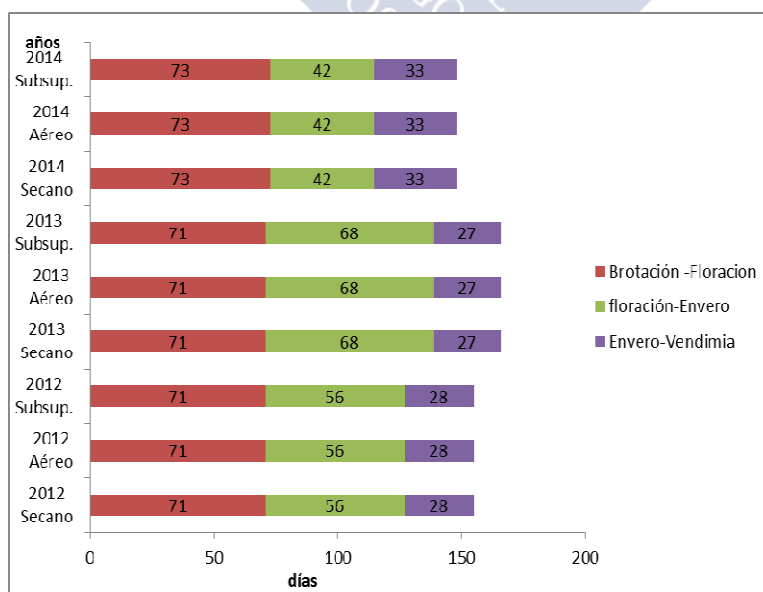


Figura 26. Evolución de la fenología de la variedad Godello a lo largo de las tres campañas estudiadas (2012-2014) en la DO Valdeorras.

Dosis de riego

Las aplicaciones de agua de riego se resumen en la tabla 4, el mayor número de eventos de riego y de agua aplicada correspondió al año 2012 con 59 días de riego y 80 mm de media aplicados en los tratamientos de riego por goteo aéreo y subsuperficial, se trató también del año más seco (Tabla 2). Las diferencias entre los tratamientos de riego, son debidas a la cantidad de emisores por planta, con dosis medias de riego de 1,14 mm y 1,54 mm en los tratamientos aéreo y enterrado, respectivamente, tal y como se expone en el apartado de Material y Métodos.

Durante la campaña 2013 se aplicaron a la parcela 46 eventos de riego, con una cantidad media de agua aportada de 63 mm. El año 2014 fue el de menor número de riegos y dosis de riego aplicada al ensayo, debido a problemas con el equipo de bombeo de la instalación (Tabla 5).

Tabla 5. Resumen de las aplicaciones de riego en la parcela de Valdeorras para las tres campañas estudiadas (2012-2014).

Campaña	Nº Riegos	Tratamiento	Dosis Riego (mm)
2012	59	Aéreo	67,6
		Subsuperficial	91,9
2013	46	Aéreo	54,0
		Subsuperficial	72,9
2014	34	Aéreo	38,8
		Subsuperficial	52,4

Contenido hídrico del suelo

A continuación se exponen los resultados de la dinámica del contenido de agua en el suelo, para las profundidades de 5 cm (Figura 27) y 60 cm (Figura 28), en los diferentes tratamientos.

El contenido volumétrico de agua en el suelo a 5 cm de profundidad ha sido muy similar entre los tres tratamientos considerados, presentando una tendencia descendente con el avance de la campaña, salvo algún aumento coincidente con algún evento de

precipitación en verano (Figura 26). Así, la variabilidad en estas medidas ha sido importante en determinadas fechas, llegando incluso a existir diferencias significativas entre tratamientos en algún momento de las campañas de riego de 2012 y 2013.

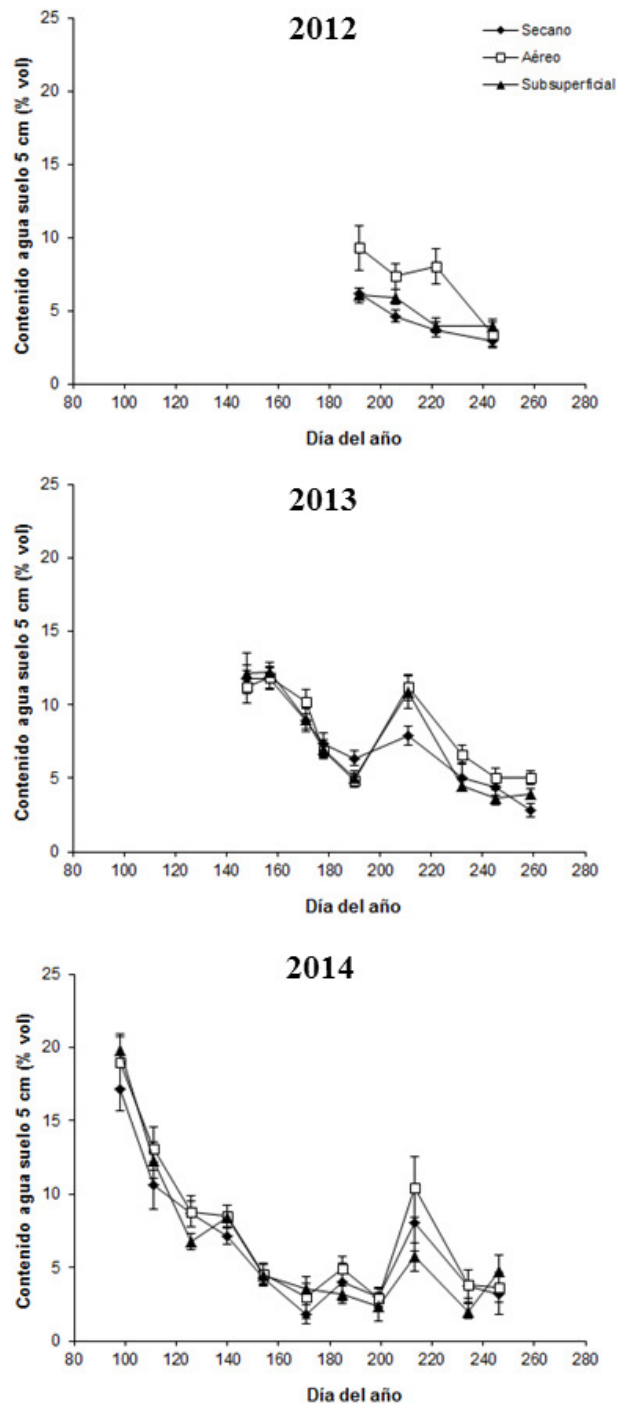


Figura 27. Evolución del contenido volumétrico de agua en el suelo a 5 cm de profundidad en función del tratamiento (2012-2014). Barras de error: representan la desviación estándar de los datos.

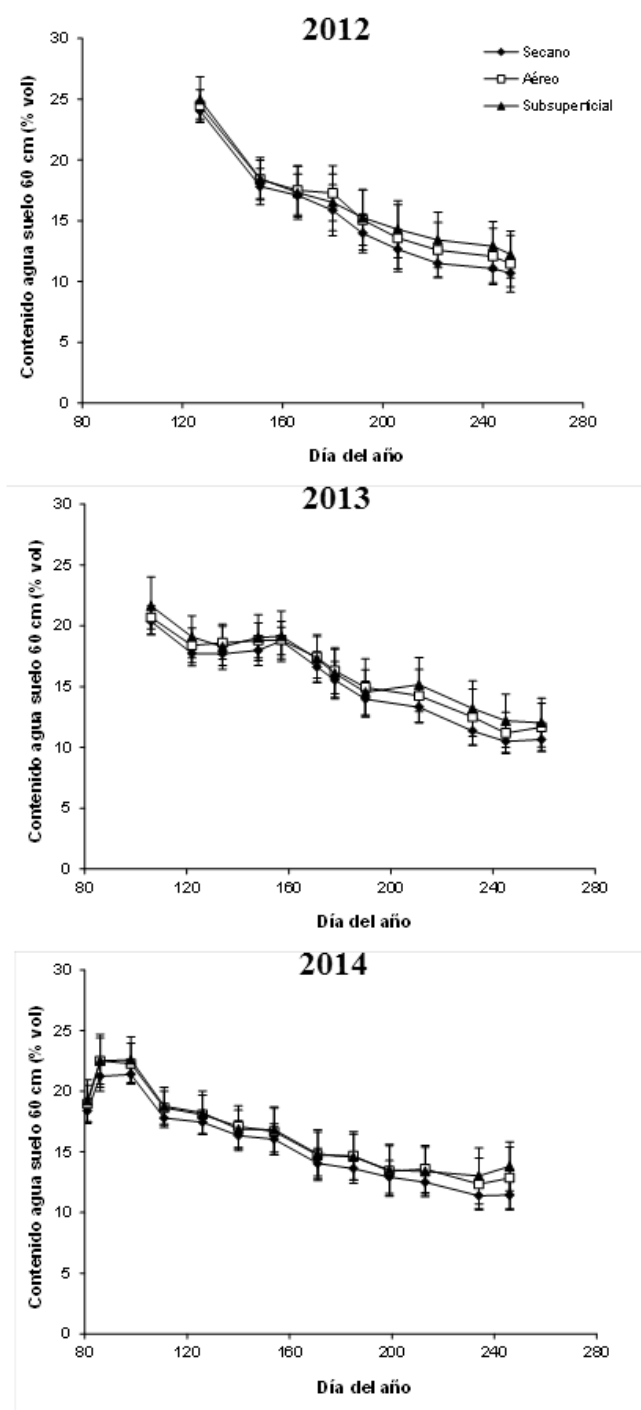


Figura 28. Evolución del contenido volumétrico de agua en el suelo a 60 cm de profundidad en función del tratamiento (2012-2014). Barras de error: representan la desviación estándar de los datos.

El contenido volumétrico de agua en el suelo a 60 cm de profundidad ha sido prácticamente idéntico entre los tratamientos estudiados (Figura 28) a lo largo de las tres campañas. Se ha observado una tendencia a la disminución del contenido en agua del suelo a lo largo de la campaña, siendo los valores inferiores para el tratamiento

secano, en particular desde el inicio de los riegos. Los contenidos medios de agua iniciales, para los diferentes años varían, con valores entorno al 25% en 2012, frente a valores ligeramente inferiores en 2013 y 2014; si bien en vendimia, última lectura disponible, los contenidos de agua en el suelo son similares para las tres campañas.

La dinámica del contenido de agua en suelo en los 60 cm superficiales, ha sido modelizada por Cancela et al. (2015) para los años 2012 y 2013, empleando el Modelo SimDualKc (Rosa et al., 2012) con buenos resultados. Estas mediciones han permitido realizar un seguimiento del estado hídrico en el viñedo, en base a mediciones con TDR, al igual que las realizadas en la presente tesis.

Evolución del potencial hídrico

Como consecuencia de las condiciones climáticas y el contenido de agua en el suelo, los valores más negativos de potenciales hídricos de hoja y tallo se registraron en 2012 y 2013 (Figuras 29-31). En el caso del potencial hídrico foliar medido a primera hora de la mañana (Figura 29), el valor mínimo alcanzado en 2012 fue de aproximadamente -0,75 MPa, mientras que en 2013 fue de -0,45 MPa y en 2014 no alcanzó en ninguna fecha los -0,4 MPa. Sin embargo, se detectaron diferencias significativas entre tratamientos para este parámetro en determinadas fechas de las tres campañas estudiadas. Destaca que los valores inferiores de potencial se observaron en el tratamiento Secano, en los tres años estudiados.

En el caso del potencial hídrico foliar medido a mediodía (Figura 30), se observaron diferencias significativas entre tratamientos en determinadas fechas de las tres campañas consideradas. Sin embargo, la gran variabilidad en estas medidas sugiere que no es el mejor indicador del estado hídrico del viñedo para las condiciones edafoclimáticas de Galicia (Mirás-Avalos et al., 2014). Al igual que para el potencial hídrico foliar de mañana, los valores más negativos se obtuvieron para el tratamiento seco.

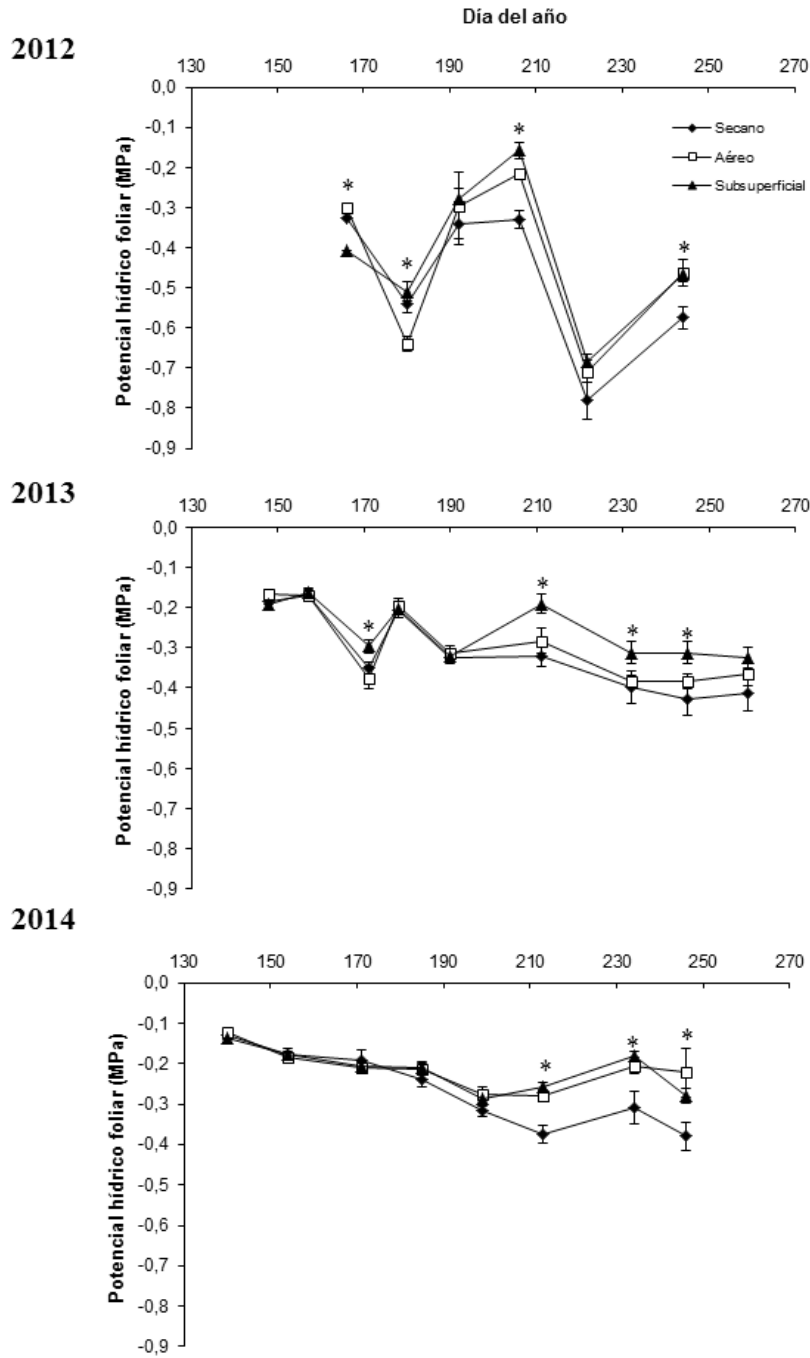


Figura 29. Evolución del potencial hídrico de mañana para la variedad Godello bajo condiciones de secano y riego (aéreo y subsuperficial) en la DO Valdeorras. Los valores son medias \pm errores típicos. Los asteriscos indican diferencias significativas entre tratamientos a $p < 0,05$.

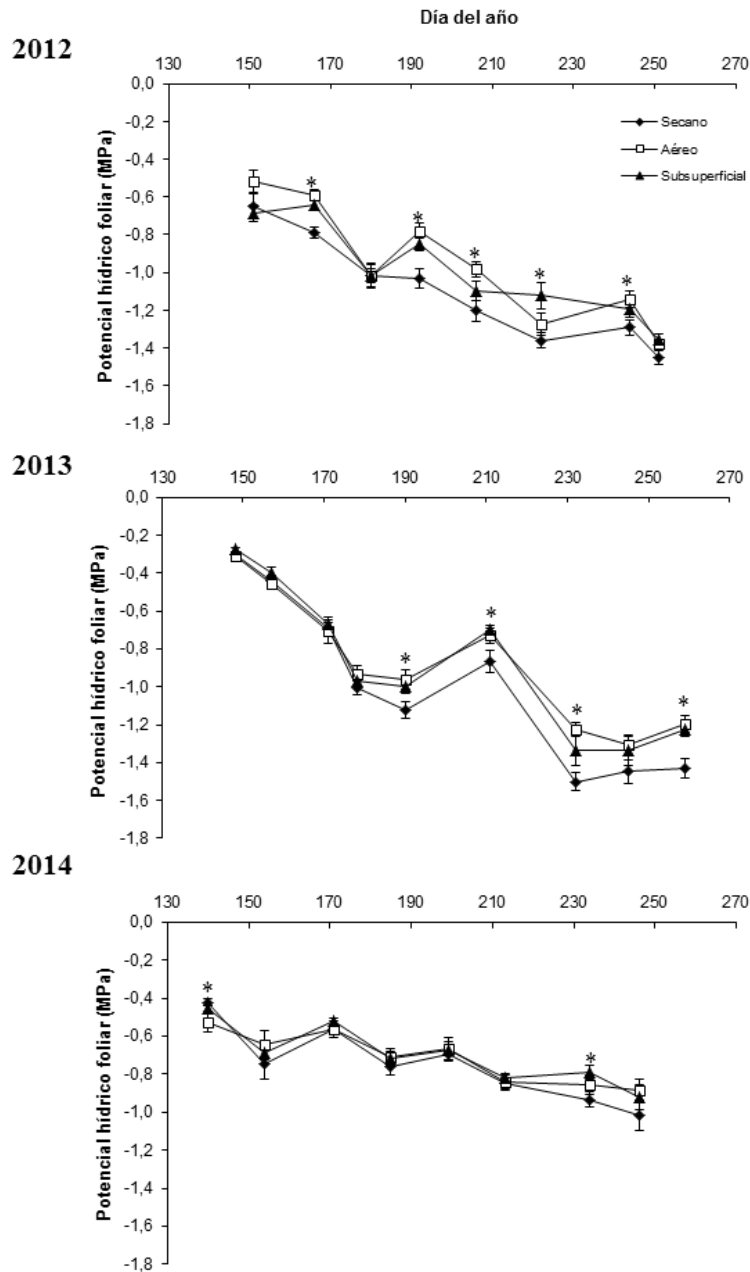


Figura 30. Evolución del potencial hídrico foliar a mediodía para la variedad Godello bajo condiciones de secano y riego (aéreo y subsuperficial) en la DO Valdeorras. Los valores son medias \pm errores típicos.

Los asteriscos indican diferencias significativas entre tratamientos a $p < 0,05$.

Se observó, igualmente, un descenso paulatino en los valores de potencial hídrico de tallo a medida que avanza la campaña. Las plantas bajo condiciones de secano presentaron valores más negativos de este parámetro que las plantas regadas (Figura 31). Apenas se apreciaron diferencias en el estado hídrico de las plantas sometidas a los tratamientos de riego aéreo y subsuperficial.

A finales de agosto, las plantas de Godello en secano alcanzaron valores próximos a -1,1 MPa de potencial hídrico de tallo para los años 2012 y 2013, lo que indicaría un estrés hídrico moderado. Por el contrario, en el año 2014 los valores de este parámetro no alcanzaron valores más negativos que -0,8 MPa, lo que indica un estrés ligero (van Leeuwen et al., 2009).

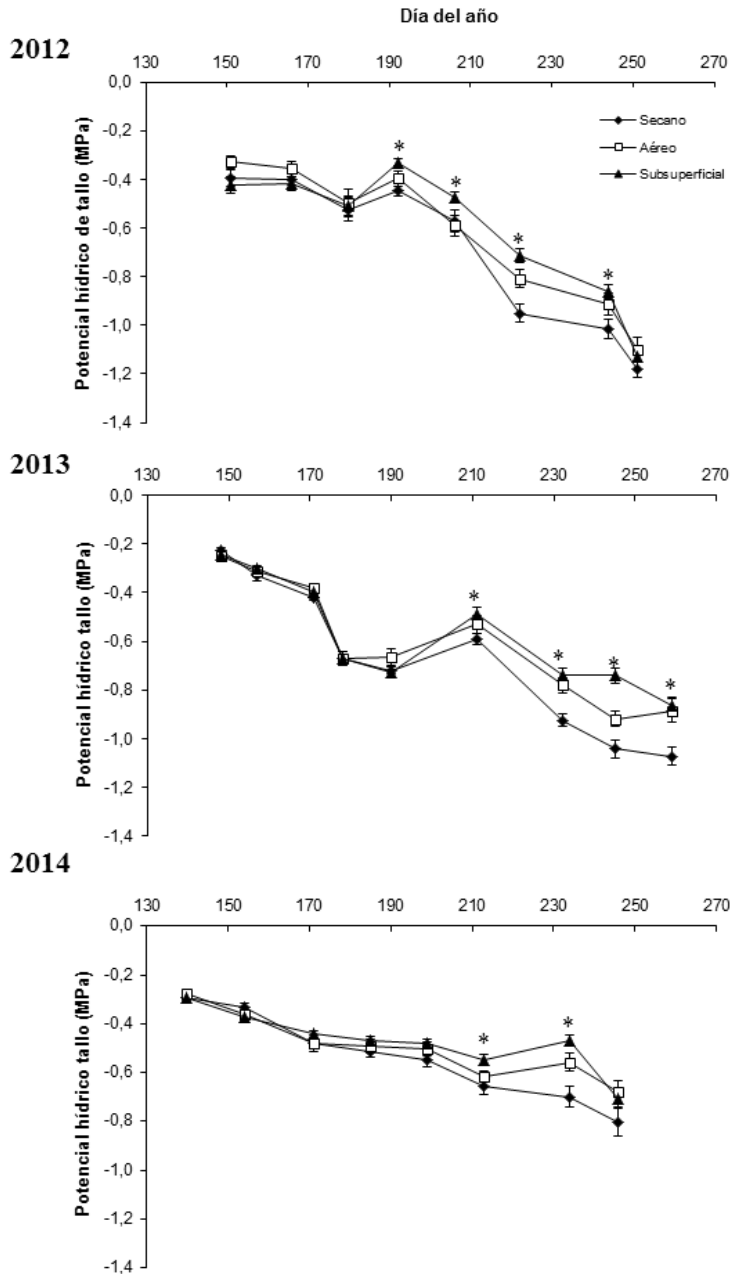


Figura 31. Evolución del potencial hídrico de tallo para la variedad Godello bajo condiciones de secano y riego (aéreo y subsuperficial) en la DO Valdeorras. Los valores son medias \pm errores típicos. Los asteriscos indican diferencias significativas entre tratamientos a $p < 0,05$.

Evolución de la conductancia estomática

Para todos los años y tratamientos estudiados los valores de conductancia estomática observados fueron elevados; si bien en 2013 y 2014 los valores fueron menores que en 2012 (Figura 32). Estos resultados indican que los tratamientos impuestos no afectaron a la actividad fisiológica de la vid, lo que se refrendará más adelante con otros parámetros agronómicos medidos a lo largo de estas tres campañas.

Según indica la Figura 32, los valores de conductancia estomática medidos en la variedad Godello en la DO Valdeorras han sido siempre superiores a $0,15 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, lo que indica que las plantas no han sufrido estrés hídrico (Medrano et al., 2002).



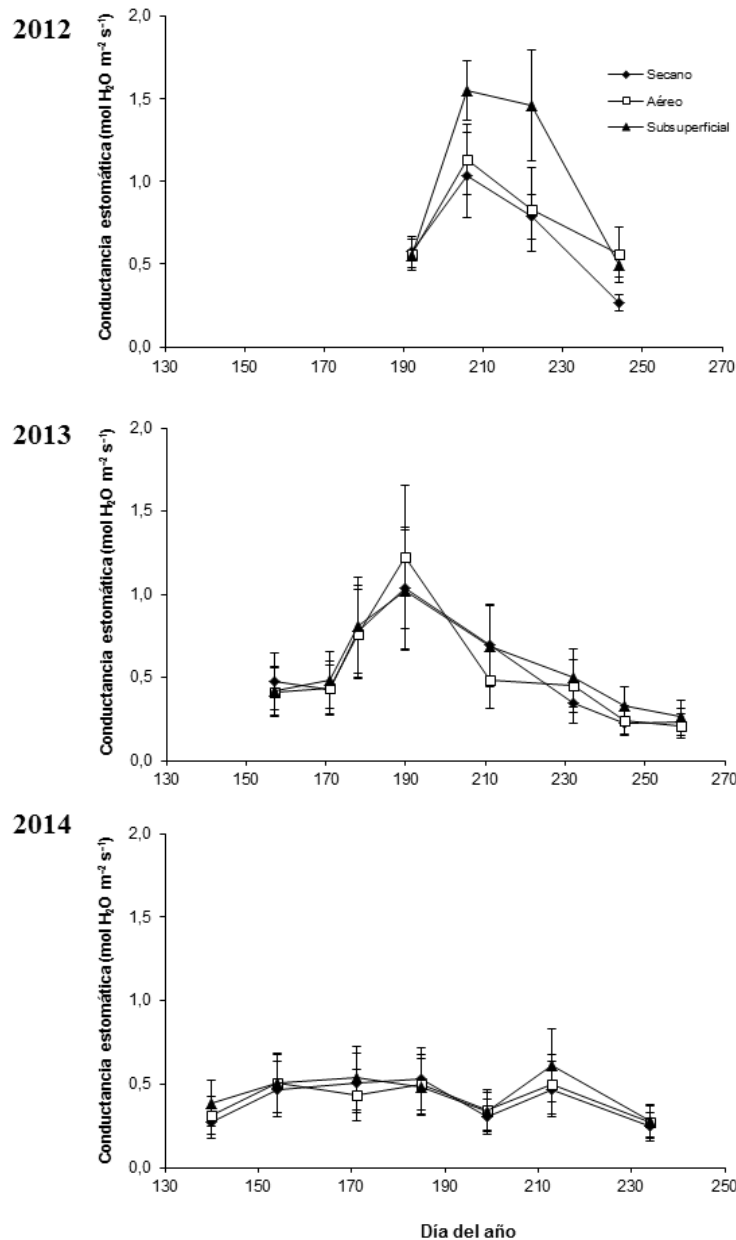


Figura 32. Evolución de la conductancia estomática para la variedad Godello bajo condiciones de secano, riego aéreo y subsuperficial en la DO Valdeorras. Los valores son medias \pm errores típicos. Los asteriscos indican diferencias significativas entre tratamientos a $p < 0,05$.

Evolución de fluorescencia de la clorofila

Los parámetros de fluorescencia de la clorofila *a* no reflejan diferencias significativas entre tratamientos (Figura 33). A nivel fotoquímico, el parámetro F_v/F_m no se ha visto afectado por los tratamientos de riego y se mantuvo cerca de 0,8, el umbral considerado para una planta terrestre sana (Cavender-Bares y Bazzaz, 2004). Este hecho

indica que no se ha producido fotoinhibición, como han observado otros autores en otras variedades y condiciones climáticas (de Souza et al., 2003), lo que demuestra la alta tolerancia del aparato fotoquímico de la vid bajo estrés ambiental (Flexas et al., 1999; Moutinho-Pereira et al., 2012). Además, no se detectaron diferencias entre tratamientos para los demás parámetros de la fluorescencia de la clorofila, salvo en el caso de la actividad del fotosistema II (PS_{II}) al final de la campaña de 2012 (Figura 33) y la tasa de transporte electrónico (ETR) a comienzos de esa misma campaña.

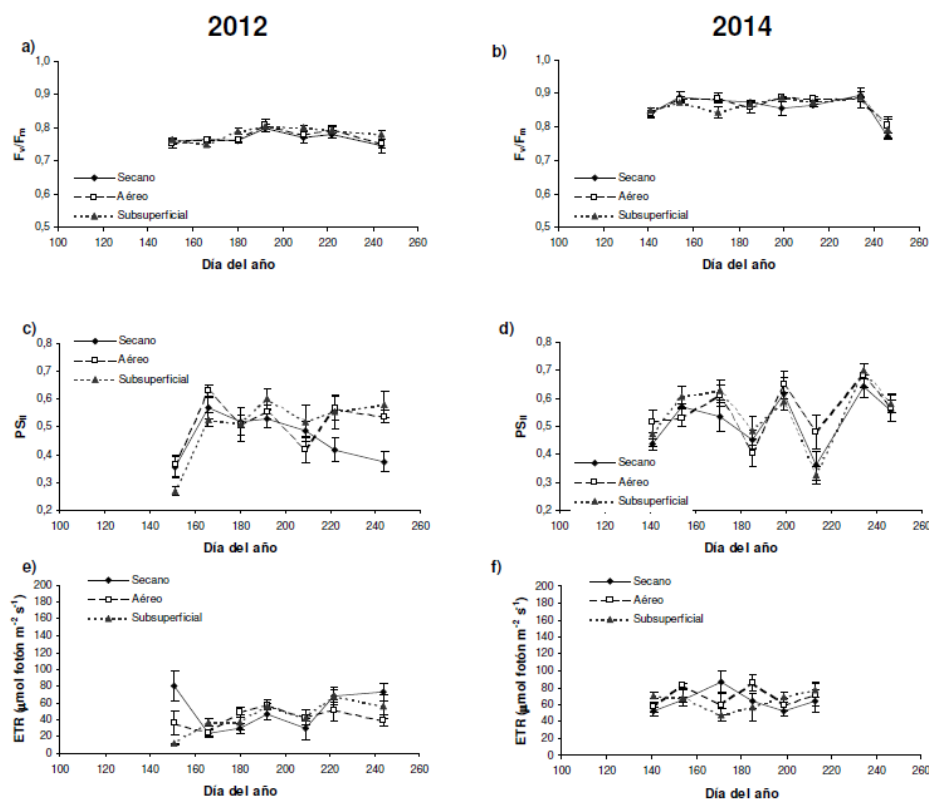


Figura 33. Evolución de los parámetros de fluorescencia de la clorofila (F_v/F_m , PS_{II} y ETR) para la variedad Godello sometida a condiciones de secano, riego aéreo y riego subsuperficial en la DO Valdeorras (2012 y 2014).

Contenido relativo en clorofila

Los valores de CCI durante las campañas de medida 2013 y 2014 (Figura 34) no reflejaron diferencias entre los tratamientos impuestos en campo. En el año 2013, se observa una tendencia a valores superiores para los tratamientos regados en todas las mediciones realizadas; si bien esta dinámica ha sido invertida para el año 2014.

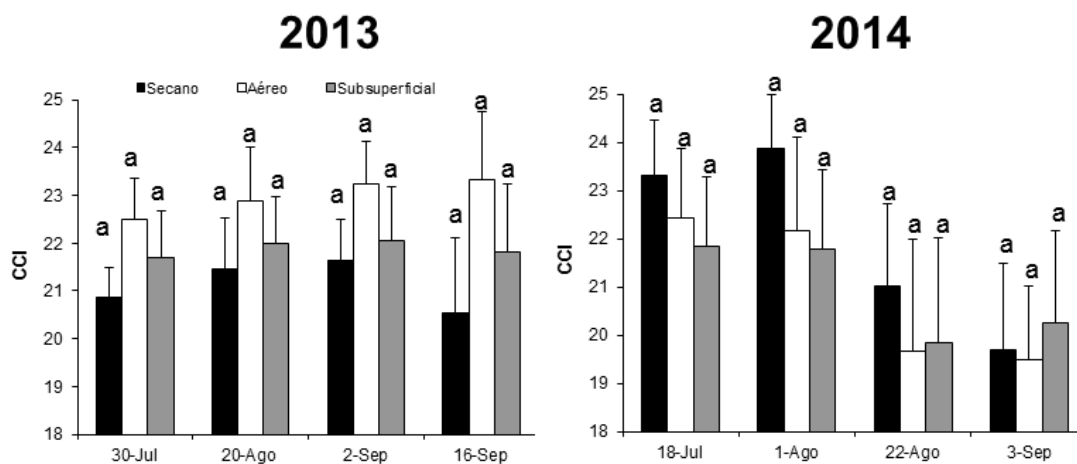


Figura 34. Índice de contenido en clorofila (CCI) en hojas de la variedad Godello sometida a condiciones de secano y riego (aéreo y subsuperficial) en la DO Valdeorras (2013-2014).

Crecimiento vegetativo y producción

La mayoría de los parámetros de crecimiento vegetativo y producción no han mostrado diferencias significativas, según los tratamientos establecidos (Tabla 6).

La única diferencia significativa se observó en el año 2013 para el número de racimos por planta; donde en el tratamiento de riego subsuperficial se obtuvieron 26,68 racimos por 21,32 y 20,79 en secano y riego aéreo, respectivamente.

En el tratamiento de secano se observa una mayor área foliar expuesta aunque esta diferencia no es significativa, lo que nos da una idea del escaso impacto del tratamiento de riego en las plantas de vid. Por el contrario en los años 2012 y 2013, se observó una tendencia a mayores producciones por planta, y mayor peso de racimo, en los tratamientos de riego que en el secano, aunque igualmente sin observarse diferencias significativas. La heterogeneidad intrínseca de la parcela ha provocado la obtención de elevadas desviaciones estándar en la mayoría de los parámetros.

Tabla 6. Parámetros de crecimiento vegetativo y rendimiento de la variedad Godello sometida a tratamientos de secano, riego aéreo y subsuperficial en la DO Valdeorras (2012-2014).

Parámetro	Año	Tratamientos		
		Secano	Riego aéreo	Riego subsuperficial
Superficie foliar expuesta (m ² m ⁻²)	2013	1,23 a	1,19 a	1,15 a
	2014	1,45 a	1,32 a	1,39 a
Producción (kg planta ⁻¹)	2012	2,80 a	2,94 a	3,50 a
	2013	3,20 a	3,69 a	4,18 a
	2014	2,87 a	2,72 a	2,42 a
Racimos por planta	2012	22,18 a	19,44 a	21,57 a
	2013	21,32 a	20,79 a	26,68 b
	2014	22,86 a	21,36 a	19,32 a
Peso racimo (g)	2012	130,31 a	144,97 a	152,47 a
	2013	142,73 a	170,98 a	152,77 a
	2014	122,10 a	125,02 a	117,70 a
Madera poda (kg planta ⁻¹)	2012	0,69 a	0,86 a	0,67 a
	2013	0,68 a	0,77 a	0,73 a
	2014	0,90 a	1,11 a	0,95 a

Letras diferentes para cada año indican diferencias significativas entre tratamientos a $p < 0,05$.

Parámetros de calidad de los mostos

Ningún parámetro de calidad del mosto se ha visto afectado por los tratamientos de riego en ninguna de las tres campañas consideradas. Se puede observar una tendencia a una menor concentración de azúcares y mayor acidez en los tratamientos de riego en comparación con el tratamiento control de secano (Tabla 7).

Tabla 7. Parámetros de calidad de los mostos de la variedad Godello bajo condiciones de secano, riego aéreo y subsuperficial en la DO Valdeorras (2012-2014).

Parámetro	Año	Tratamientos		
		Secano	Riego aéreo	Riego subsuperficial
Sólidos solubles (°Brix)	2012	24,7 a	24,0 a	23,2 a
	2013	26,0 a	25,6 a	25,4 a
	2014	23,0 a	22,7 a	22,7 a
Acidez total (g L ⁻¹ ácido tartárico)	2012	6,5 a	7,0 a	7,9 a
	2013	6,2 a	6,1 a	6,9 a
	2014	7,1 a	7,4 a	7,9 a
pH	2012	3,20 a	3,18 a	3,14 a
	2013	3,33 a	3,33 a	3,26 a
	2014	3,17 a	3,13 a	3,06 a
Ácido tartárico (g L ⁻¹)	2012	5,7 a	4,7 a	6,3 a
	2013	6,6 a	6,3 a	6,8 a
	2014	8,2 a	8,2 a	8,6 a
Ácido málico (g L ⁻¹)	2012	4,0 a	3,4 a	4,1 a
	2013	2,8 a	2,9 a	3,1 a
	2014	3,0 a	3,1 a	3,2 a

Letras diferentes para cada año indican diferencias significativas entre tratamientos a $p < 0,05$.

Resultados similares fueron obtenidos por Chaves et al. (2007) en relación a la acidez total, para las variedades Moscatel y Castelão, si bien, en sólidos solubles, la dinámica no fue la misma que la obtenida para Godello, según el año considerado. Santesteban et al. (2011) para la variedad Tempranillo obtuvieron la misma reducción de acidez total en los tratamientos con riegos deficitarios, frente a un riego convencional.

Control de fermentaciones

Durante los tres años de ensayo las fermentaciones se desarrollaron sin problemas, siguiendo las cinéticas habituales para mostos de Godello fermentados con *Saccharomyces cerevisiae* (Blanco et al., 2013), y se consumieron todos los azúcares, dando por concluidas las fermentaciones alcohólicas con una concentración de azúcar residual inferior a 2 g L^{-1} .

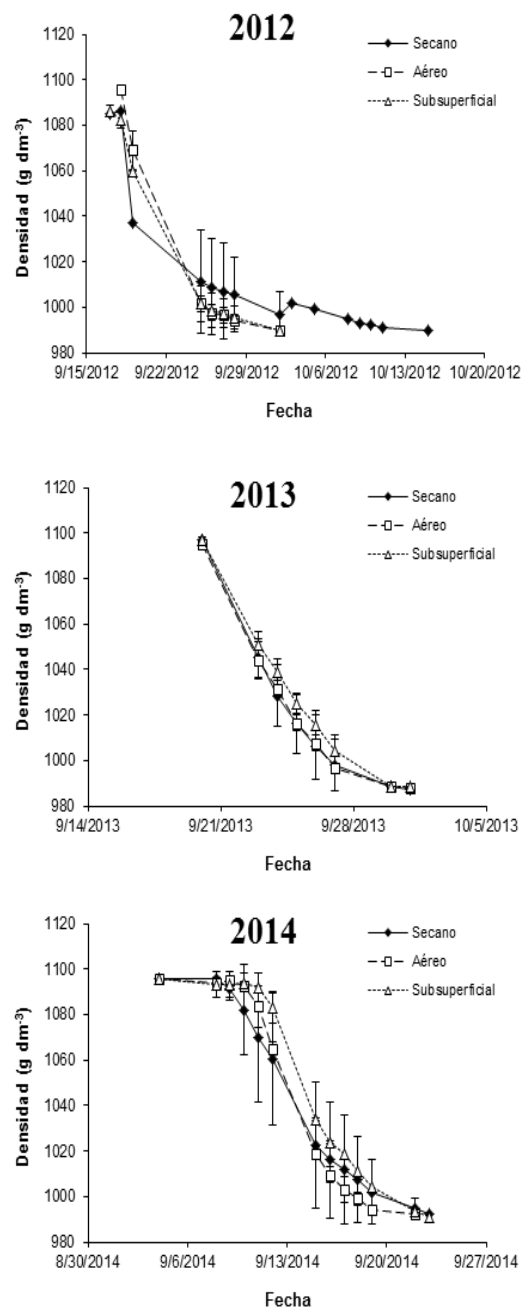


Figura 35. Cinética de las fermentaciones de mostos de la variedad Godello sometida a tratamientos de secano, riego aéreo y subsuperficial en la DO Valdeorras (2012-2014).

Parámetros de calidad de los vinos

No se han observado diferencias significativas entre tratamientos para los parámetros de los vinos (Tabla 8), a excepción de la acidez total en la campaña de 2012 cuando el tratamiento de riego subsuperficial presentó valores mayores que el secano y el riego aéreo.

Tabla 8. Parámetros de calidad de los vinos de la variedad Godello bajo condiciones de secano, riego aéreo y subsuperficial en la DO Valdeorras (2012-2014).

Parámetro	Año	Tratamientos		
		Secano	Riego aéreo	Riego subsuperficial
Grado alcohólico (% vol.)	2012	14,20 a	13,90 a	13,40 a
	2013	14,00 a	14,20 a	14,10 a
	2014	14,25 a	14,25 a	14,00 a
Acidez total (g L ⁻¹ ácido tartárico)	2012	7,45 b	7,10 a	7,90 c
	2013	7,05 a	7,45 a	7,95 a
	2014	7,88 a	8,12 a	8,72 a
pH	2012	3,22 a	3,24 a	3,13 a
	2013	3,37 a	3,39 a	3,26 a
	2014	3,18 a	3,09 a	2,89 a
Ácido tartárico (g L ⁻¹)	2012	2,88 a	2,78 a	3,23 a
	2013	2,85 a	2,65 a	3,25 a
	2014	4,15 a	4,25 a	5,55 a
Ácido málico (g L ⁻¹)	2012	2,46 a	2,46 a	2,78 a
	2013	2,50 a	2,85 a	2,65 a
	2014	2,25 a	2,35 a	2,2 a
Potasio (g L ⁻¹)	2012	0,70 a	0,78 a	0,71 a
	2013	0,77 a	0,81 a	0,70 a
	2014	0,70 a	0,66 a	0,59 a

Letras diferentes para cada año indican diferencias significativas entre tratamientos a $p < 0,05$.

Se mantienen las tendencias observadas en los mostos, los vinos procedentes del tratamiento de riego subsuperficial presentan acideces más elevadas y valores más bajos de pH, siendo los valores de grado alcohólico y concentraciones de ácidos málico y tartárico muy similares entre tratamientos.

Las tendencias para el pH y la acidez total, en el caso de los tratamientos regados y el secano del presente ensayo, contrastan con los resultados para la variedad Tempranillo obtenidos por Intrigliolo y Castel (2010), que observaron tendencias similares en cuanto a acidez, con valores superiores en los tratamientos regados frente al tratamiento control. Mientras que el pH, muestra una tendencia a ser estable entre los diferentes tratamientos de riego ensayados.

Catas de consumidores

Los resultados obtenidos en las catas de consumidores presentaron una gran heterogeneidad, debida a los hábitos de consumo de vino de los participantes en las mismas. En este apartado nos referiremos, a dos parámetros de respuesta: la apreciación global de los vinos de cada tratamiento y el orden de preferencia de vinos presentado por los participantes.

En los vinos de la campaña 2012, solo para los vinos de secano un 4% de los consumidores emplearon la categoría de “muy bueno”, en los vinos de los otros dos tratamientos ningún consumidor optó por esta categoría. El 37% de los consumidores catalogó al vino procedente del secano como bueno, por un 30% y 22% a los vinos de riego aéreo y subsuperficial respectivamente (Figura 35). El porcentaje de consumidores que indicaron que no les gustaba el vino fue muy similar entre tratamientos, variando entre el 19% y el 22%.

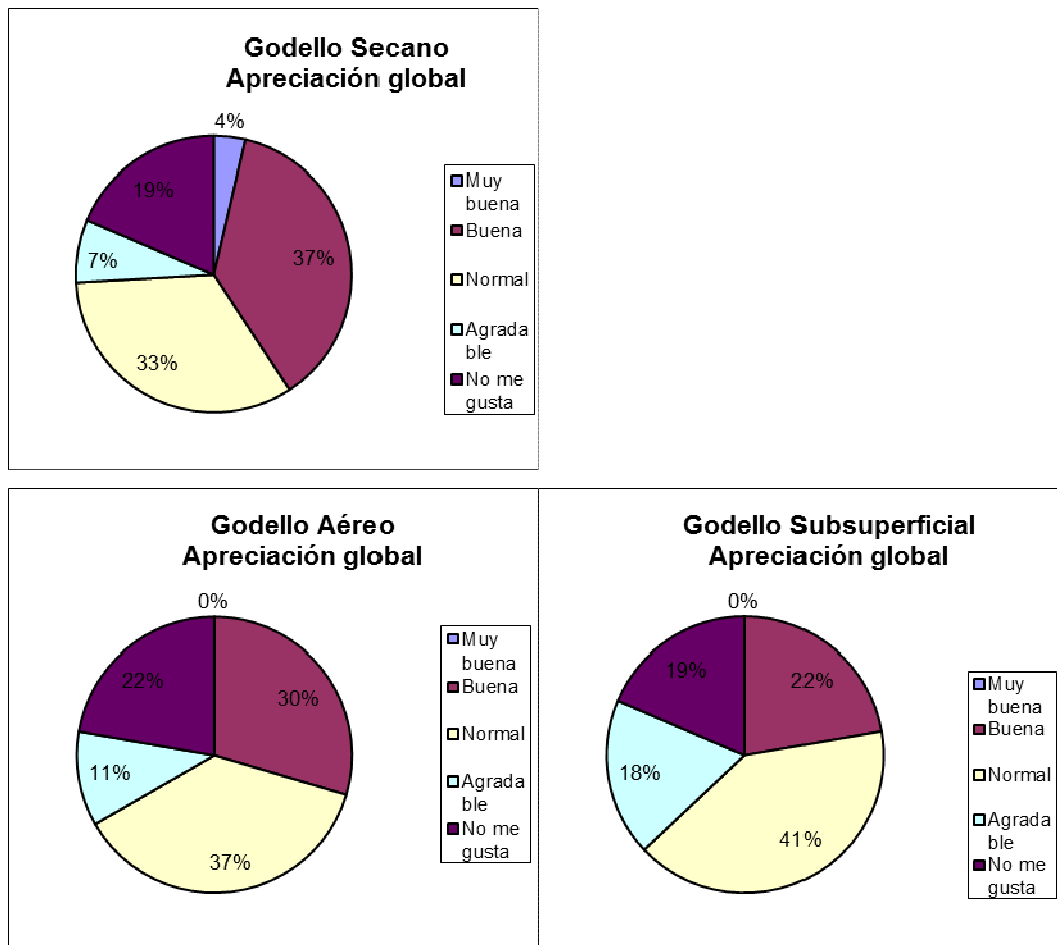


Figura 36. Resultados de apreciación global por parte de los consumidores de los vinos de Godello de la campaña 2012 según el tratamiento impuesto en campo.

En cuanto a los vinos de la campaña 2013, entre un 2% y un 4% consideraron como “muy buenos” estos vinos, independientemente del tratamiento. En el caso de la categoría “bueno”, los vinos de los tratamientos de secano y riego subsuperficial presentaron porcentajes similares de respuesta (23-25%), mientras que el vino del tratamiento de riego aéreo obtuvo un menor porcentaje (14%). El porcentaje de consumidores a los que no gustaron los vinos fue similar en los tres tratamientos: 22% en secano y 24% para los ensayos de riego (Figura 36).

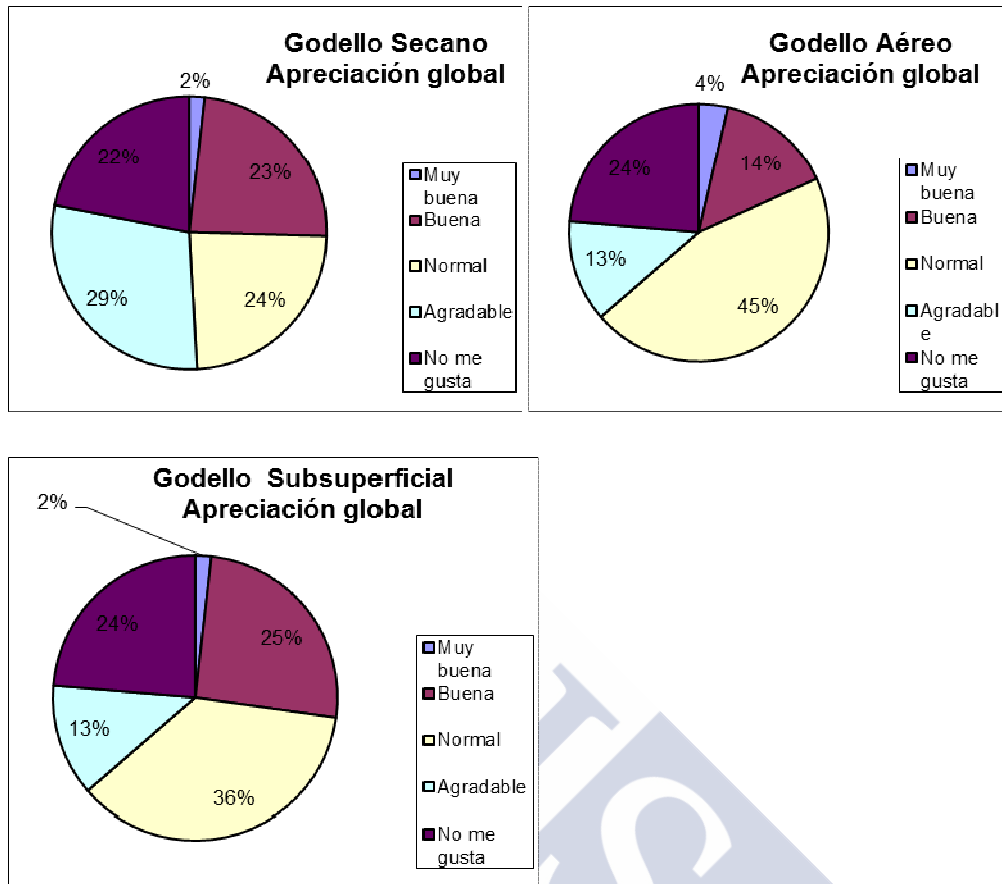


Figura 37. Resultados de apreciación global por parte de los consumidores de los vinos de Godello de la campaña 2013 según el tratamiento impuesto en campo.

El vino que más gustó en el año 2014 fue el procedente del tratamiento de seco, con un 2% de consumidores que lo valoraron como muy bueno y un 29 % como bueno, siendo también el que menos disgustó con un 16% (Figura 37). Los vinos de los tratamientos de riego fueron peor valorados, en especial el procedente del tratamiento de riego aéreo.

En cuanto a los órdenes de preferencia (Tabla 9), en las tres campañas estudiadas, el vino que los consumidores han tendido a colocar en primer lugar fue el procedente del tratamiento de seco (49%, 51% y 45% de consumidores lo han colocado en primera posición en 2012, 2013 y 2014, respectivamente). Por el contrario, el vino procedente del tratamiento de riego aéreo ha sido colocado mayoritariamente en último lugar (36-39% dependiendo del año). En el caso de Tempranillo Blanco y clima cálido no se encontraron claras diferencias entre vinos (Baroja et al, 2014).

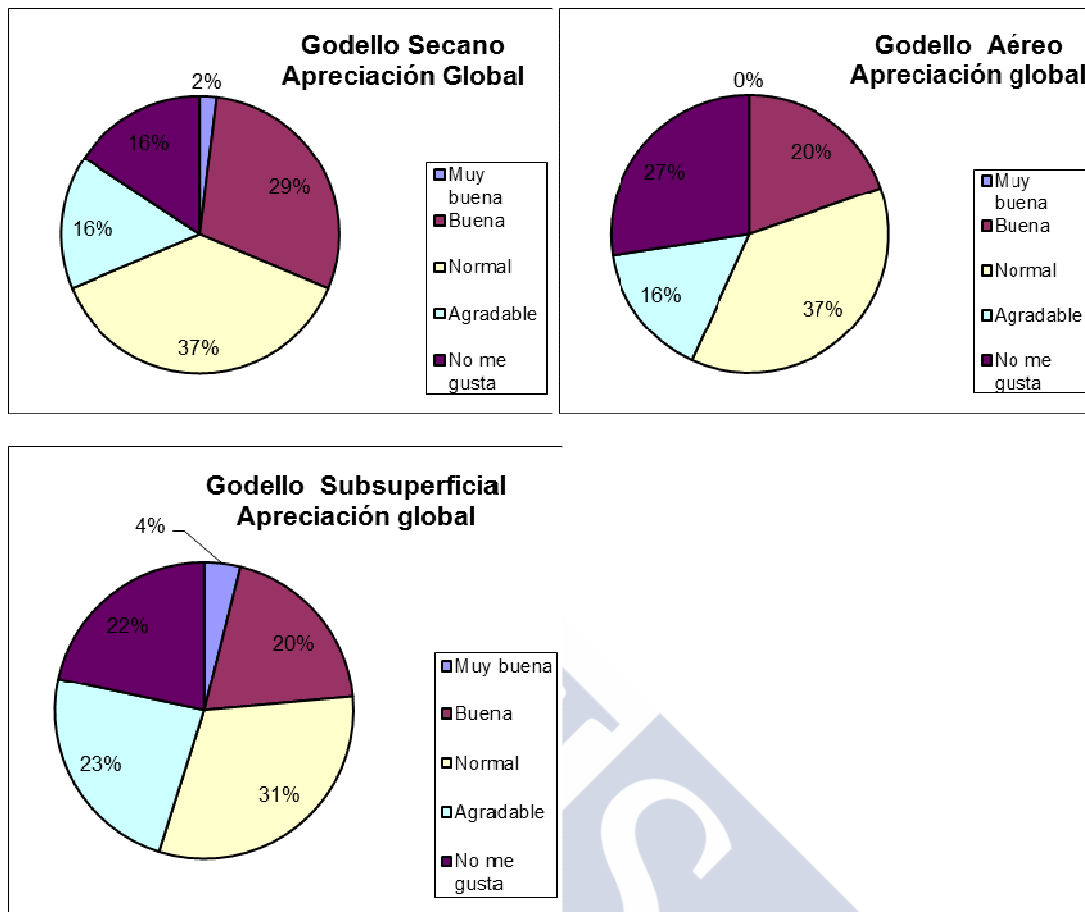


Figura 38. Resultados de apreciación global por parte de los consumidores de los vinos de Godello de la campaña 2014 según el tratamiento impuesto en campo.

Tabla 9. Órdenes de preferencia por parte de los consumidores de los vinos de Godello de las campañas 2012 a 2014 en la DO Valdeorras según tratamiento.

AÑO 2012			
Muestra	1°	2°	3°
Godello Secano	20	11	10
Godello Aéreo	9	15	16
Godello Subsuperficial	12	12	13
AÑO 2013			
Muestra	1°	2°	3°
Godello Secano	28	11	16
Godello Aéreo	13	22	20
Godello Subsuperficial	14	22	19
AÑO 2014			
Muestra	1°	2°	3°
Godello Secano	23	17	11
Godello Aéreo	11	20	20
Godello Subsuperficial	17	14	20

2. RIAS BAIXAS

Evolución de parámetros climáticos. Índices Bioclimáticos

En los tres años de estudio la precipitación anual fue superior a la evapotranspiración de referencia anual. Sin embargo la ET_0 durante el período vegetativo fue superior a la precipitación en campaña.

Al igual que la precipitación, la temperatura anual y la temperatura media en la campaña fueron en aumento a lo largo de los tres años de estudio (2012-2014).

Tabla 10. Resumen de datos climáticos: precipitación, temperatura y ET_0 para las tres campañas de ensayo (2012-2014).

Año	Precipitación en campaña (mm)	Precipitación anual (mm)	Temperatura media en campaña (°C)	Temperatura media anual (°C)	ET_0 (mm) Periodo vegetativo	ET_0 (mm) anual
2012	564	1377	17,0	14,0	737	1067
2013	409	1836	17,9	14,6	853	1120
2014	724	2143	17,7	14,9	783	1055
Media	566	1785	17,6	14,5	791	1080

El año 2012 presentó unas precipitaciones anuales algo inferiores a la media de la zona, distribuidas en su mayor parte durante otoño, invierno y primavera, aunque también se produjeron precipitaciones en verano, cubriendo las necesidades hídricas de la vid (Figura 39).

El verano fue suave en cuanto a las temperaturas, con un par de episodios próximos a temperaturas medias de 30 °C; las temperaturas no suelen ser muy elevadas en verano en esta zona debido a su proximidad a la costa. La temperatura máxima superó los 30 °C durante trece días, mayoritariamente a inicios del mes de septiembre.

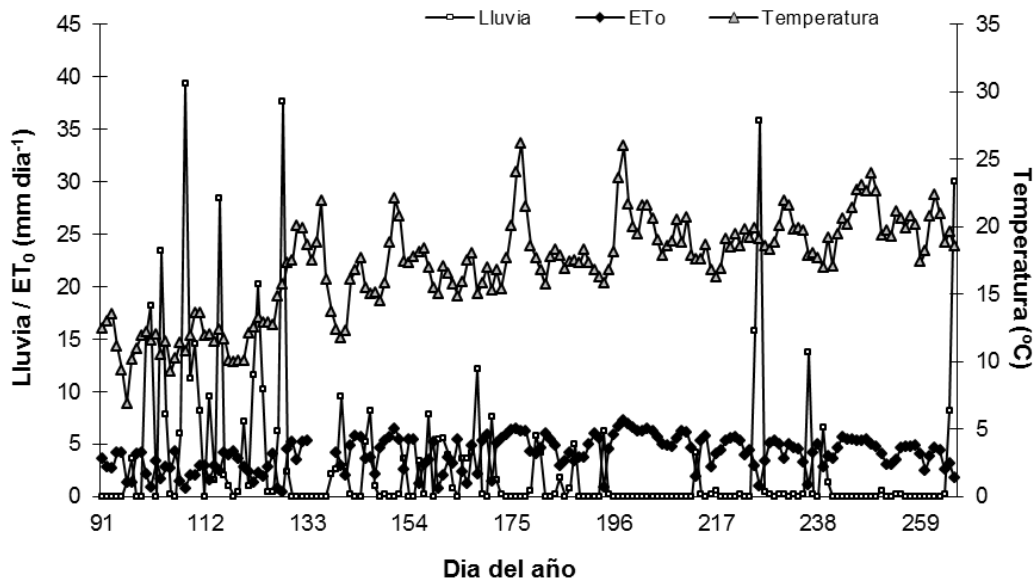


Figura 39. Evolución de la precipitación, temperatura media diaria y la evapotranspiración de referencia durante la campaña de 2012 en la parcela de la DO Rías Baixas.

El año 2013 presentó una precipitación similar a la media de la zona. A pesar de ello, fue el año con menor precipitación durante el ciclo vegetativo de la vid (Figura 40) y en verano se produjeron temperaturas algo más elevadas que en el año 2012, con treinta y seis días con temperatura máxima superior a 30 °C. Destacar que a principios de julio se sucedieron cuatro días consecutivos alcanzando temperaturas máximas por encima de 35 °C.

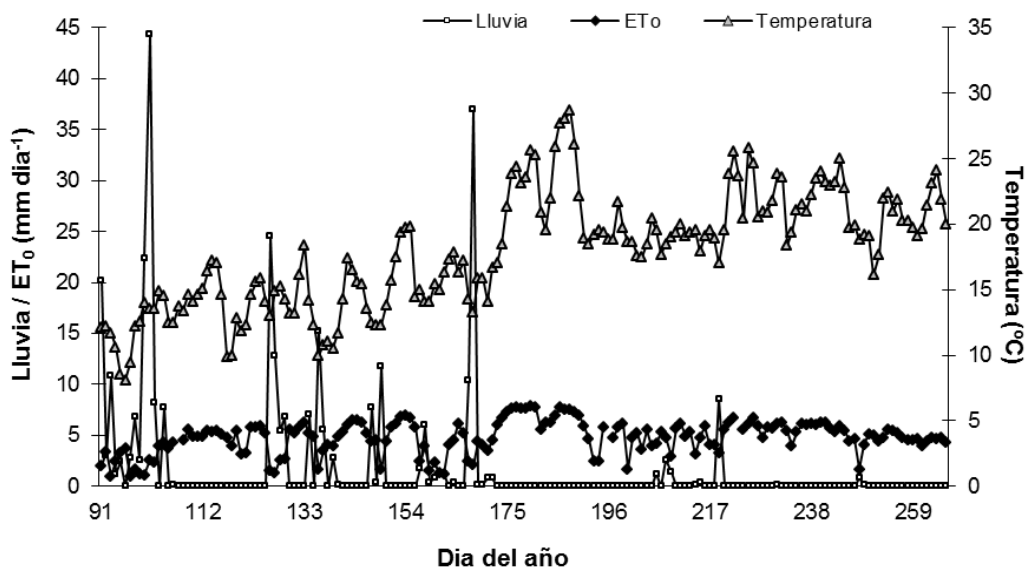


Figura 40. Evolución de la precipitación, temperatura media diaria y la evapotranspiración de referencia durante la campaña de 2013 en la parcela de la DO Rías Baixas.

En el último año del ensayo, se registraron unas precipitaciones muy abundantes durante todo el año, superiores a la media de la zona de estudio, también durante el verano. La temperatura media anual fue la más elevada de los tres años de estudio. (Figura 41). En relación a eventos extremos de temperatura, se ha situado en una situación intermedia entre 2012 y 2013, con nueve días con temperaturas por encima de 30 °C.

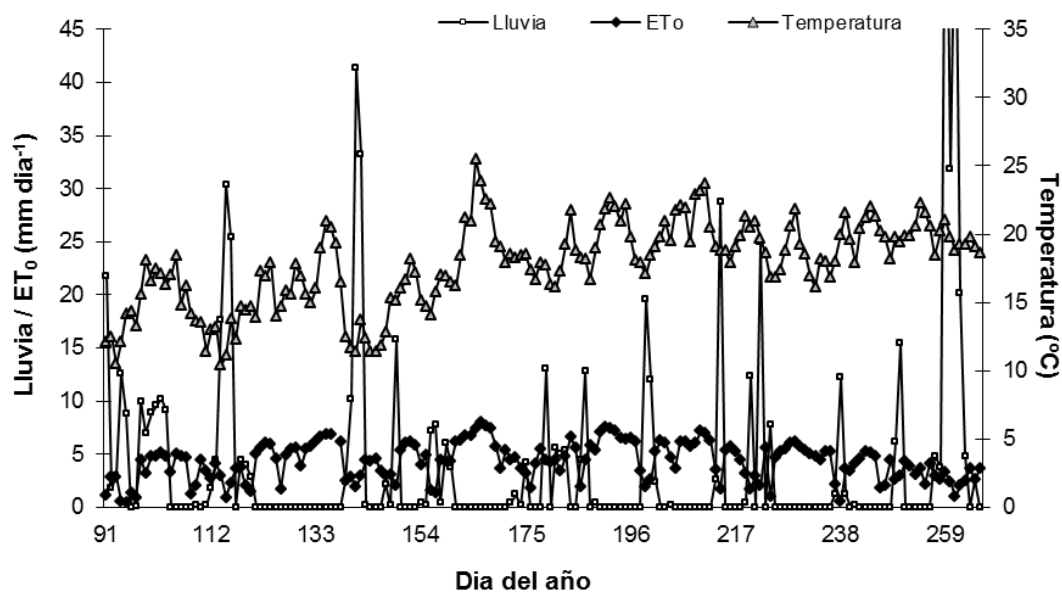


Figura 41. Evolución de la precipitación, temperatura media diaria y la evapotranspiración de referencia durante la campaña de 2014 en la parcela de la DO Rías Baixas.

Los índices bioclimáticos (Tabla 11) se calcularon según Tonietto y Carbonneau (2004). Los tres años de ensayo se obtuvo la misma clasificación. El índice heliotérmico (HI) se clasificó como HI-1, templado, con valores que variaron entre 1830 y 2059° C según el año. El índice de sequía (DrI) entró en la categoría DI-2 (húmedo) y el índice de noches frías se catalogó como noches templadas, con valores comprendidos entre 14,3 y 15,2 °C.

Tabla 11. Índices bioclimáticos calculados para cada uno de los años estudiados.

Año	HI (°C)	DrI (mm)	CI (°C)	Clasificación
2012	1830,4	304,9	14,3	HI-1,CI-1,DI-2 TEMPLADO,NOCHES TEMPLADAS, HÚMEDO
2013	2059,5	168,1	14,6	HI-1,CI-1,DI-2 TEMPLADO,NOCHES TEMPLADAS, HÚMEDO
2014	1977,3	379,1	15,2	HI-1,CI-1,DI-2 TEMPLADO,NOCHES TEMPLADAS, HÚMEDO
Media	1955,7	284,0	14,7	HI-1,CI-1,DI-2 TEMPLADO,NOCHES TEMPLADAS, HÚMEDO

Los índices bioclimáticos concuerdan con los expuestos por Fraga et al. (2014) para la DO Rías Baixas, excepto en la clasificación del CI, pues estos autores clasifican la región como de noches frías. Cabe mencionar que estos autores emplean la serie temporal de 1989 a 2012. Para el caso del DrI, Blanco-Ward et al. (2007) clasifican la zona de estudio con un DI-1, equivalente a Sub-Húmedo, con valores entre 50 y 150 mm, según la clasificación de Tonietto y Carbonneau (2004). Estos valores no concuerdan con los obtenidos en la zona.

Caracterización del suelo. Análisis de fertilidad

Los análisis realizados durante las tres campañas, tomando 4 muestras por tratamiento y año, han permitido caracterizar las principales propiedades físicas y químicas de los suelos de la parcela de ensayo (Tabla 12).

Los componentes texturales del suelo: arena, limo y arcilla se mantienen casi constantes durante los tres años de ensayo, para los diferentes tratamientos (Tabla 12).

Los atributos químicos de los suelos muestran valores de fertilidad muy similares entre todos los años, si bien se puede observar que se realizó un abonado orgánico (estiércol) a principios de 2013, lo que ha generado un ligero aumento de los elementos en el complejo de cambio. Destacar que en el 2014, se produjo un descenso

relevante del contenido en M.O., de compleja explicación, si bien los contenidos en 2014 se ajustan a los recomendados por Gesto (1998). Los valores determinados en las analíticas de suelo, se encuentran dentro de los habituales en los viñedos gallegos (Gesto, 1998).

Tabla 12. Parámetros químicos del suelo en la parcela de ensayo de riego en Rías Baixas (2012-2014).

Secano				
Parámetro	Unidades	2012	2013	2014
Arena	%	65,30±4,53	67,17±2,25	65,61±4,20
Limo		19,29±2,58	15,04±3,09	16,54±2,39
Arcilla		15,40±4,31	18,22±0,78	18,08±3,04
pH H₂O	-	6,20±0,08	6,67±0,12	6,20±0,04
pH KCl		5,30±0,12	5,88±0,12	5,30±0,03
Ca	cmol kg ⁻¹	4,68±0,89	7,91±0,12	4,20±0,75
Mg		1,50±0,45	1,93±0,14	1,41±0,18
Na		0,50±0,08	0,15±0,04	0,17±0,02
K		0,70±0,09	0,91±0,17	0,64±0,06
Al		0,05±0,04	0,01±0,04	0,35±0,09
CIC		7,43±1,19	10,92±0,30	6,77±1,08
P		mg kg ⁻¹	17,78±15,45	29,06±7,18
M.O.	%	7,80±1,43	8,34±1,43	4,20±0,97
Riego Aéreo				
Parámetro	Unidades	2012	2013	2014
Arena	%	64,71±2,12	53,87±4,42	52,64±1,70
Limo		18,99±4,20	13,71±3,62	15,13±0,91
Arcilla		16,31±4,20	19,00±3,61	18,92±2,73
pH H₂O	-	6,23±0,19	6,62±0,09	6,22±0,09
pH KCl		5,31±0,16	5,83±0,02	5,39±0,14
Ca	cmol kg ⁻¹	4,82±0,51	6,70±0,97	4,24±0,18
Mg		1,54±0,29	1,69±0,25	1,34±0,03
Na		0,45±0,09	0,14±0,02	0,19±0,02
K		0,62±0,13	0,75±0,16	0,63±0,06
Al		0,05±0,04	0,02±0,00	0,24±0,21
CIC		7,47±0,71	9,72±1,34	8,33±3,75
P		mg kg ⁻¹	22,34±19,36	24,89±1,22
M.O.	%	7,30±2,45	6,56±1,11	3,58±0,45

* Valores medios y desviación estándar de cada parámetro

Fenología

No se obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos en la evolución de la fenología, para los diferentes años en estudio. La duración del ciclo fue similar en 2012 (187 días) y 2014 (191 días), mientras que fue más corta en 2013 (161 días), probablemente a causa de una menor precipitación (Tabla 10) y mayores temperaturas durante el ciclo del cultivo (Figura 42). Las mayores diferencias interanuales se observaron en el período Brotación-Floración (39-75 días).

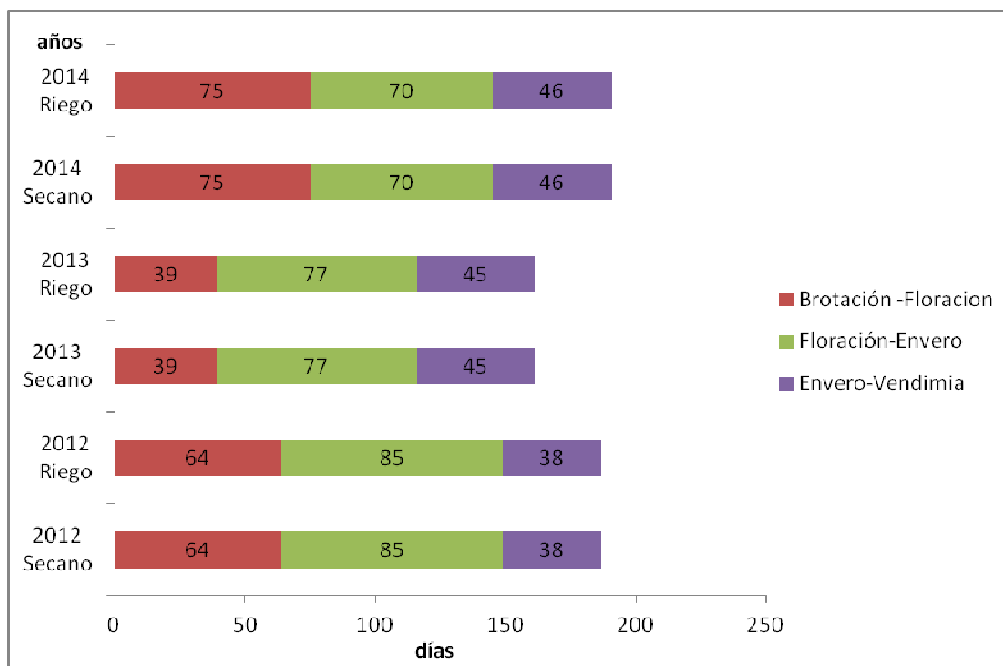


Figura 42. Evolución de la fenología de la variedad Albariño a lo largo de las tres campañas estudiadas bajo condiciones de secano y riego en la DO Rías Baixas.

Dosis de riego

En la Tabla 13 se muestra el resumen de los riegos y cantidad de agua aplicada por campaña. El número de riegos y de agua aplicada se ha ido doblando cada año, según el criterio establecido por la bodega propietaria del viñedo, sin presentar una coherencia con las condiciones climáticas del año en curso.

La duración media de los riegos fue de 4 horas, donde los dos emisores por planta (4 L h^{-1}) suponen un total de 16 L por riego y planta, que llevan a una dosis media por riego de 5,33 mm. Desde el momento de inicio de los riegos, ha sido aplicado un riego cada tres días, para los años 2012 y 2013, mientras que en el 2014 se aplicaron 2,5 riegos semanales de media, provocando una dosis de riego final mayor, unido a un mayor periodo de riego en esta campaña.

Tabla 13. Resumen de las aplicaciones de riego en la parcela de Rías Baixas para las tres campañas estudiadas (2012-2014).

Campaña	Nº Riegos	Dosis riego (mm)
2012	3	16
2013	6	32
2014	13	66

Contenido hídrico del suelo

A continuación se exponen los resultados de la dinámica del contenido de agua en el suelo, para las profundidades de 5 cm (Figura 43) y 60 cm (Figura 44), en los diferentes tratamientos.

A 5 cm de profundidad, el contenido de agua fue inicialmente similar entre tratamientos, pero, cuando se activó el riego, los mayores contenidos de agua en el suelo a esta profundidad se observaron bajo el tratamiento de riego (Figura 43). Si bien estas diferencias entre tratamientos solo han sido significativas en determinadas fechas.



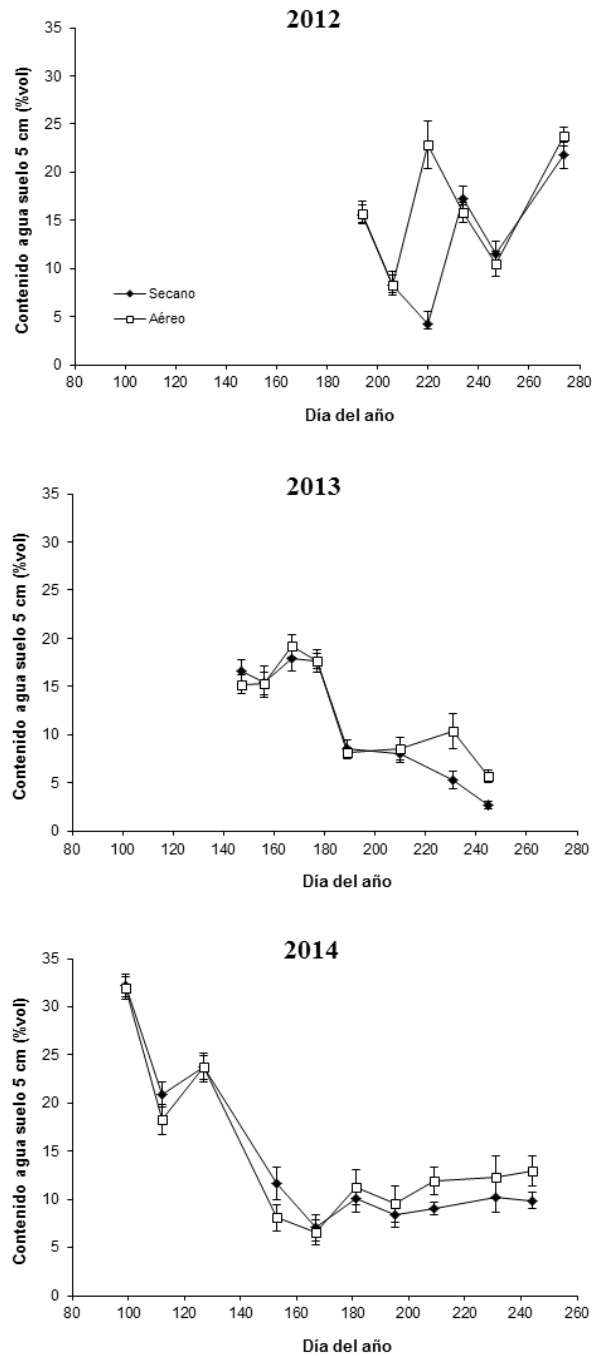


Figura 43. Evolución del contenido volumétrico de agua en el suelo a 5 cm de profundidad medido en las proximidades del tronco de las viñas, bajo condiciones de secano y riego en la DO Rías Baixas (2012-2014). Las barras indican los errores estándar.

El contenido de agua en el suelo a 60 cm, fue muy similar para ambos tratamientos en 2012 y 2013 (Figura 44). Durante el verano de 2012, el contenido de agua en el suelo descendió hasta mediados de agosto, recuperándose el mismo por importantes precipitaciones a partir de esta fecha. En 2013, el comportamiento de la dinámica de agua en el suelo siguió una tendencia descendente a lo largo de todo el

ciclo. En el año 2014 se diferenciaron los tratamientos desde finales de julio, a pesar de que en verano el contenido de agua en el suelo fue prácticamente constante para el tratamiento seco, debido a las precipitaciones caídas. En el tratamiento de riego el contenido de agua en el suelo alcanzó a finales de agosto valores cercanos a la capacidad de campo, lo que nos indica una elevada dosis de riego durante la campaña 2014.

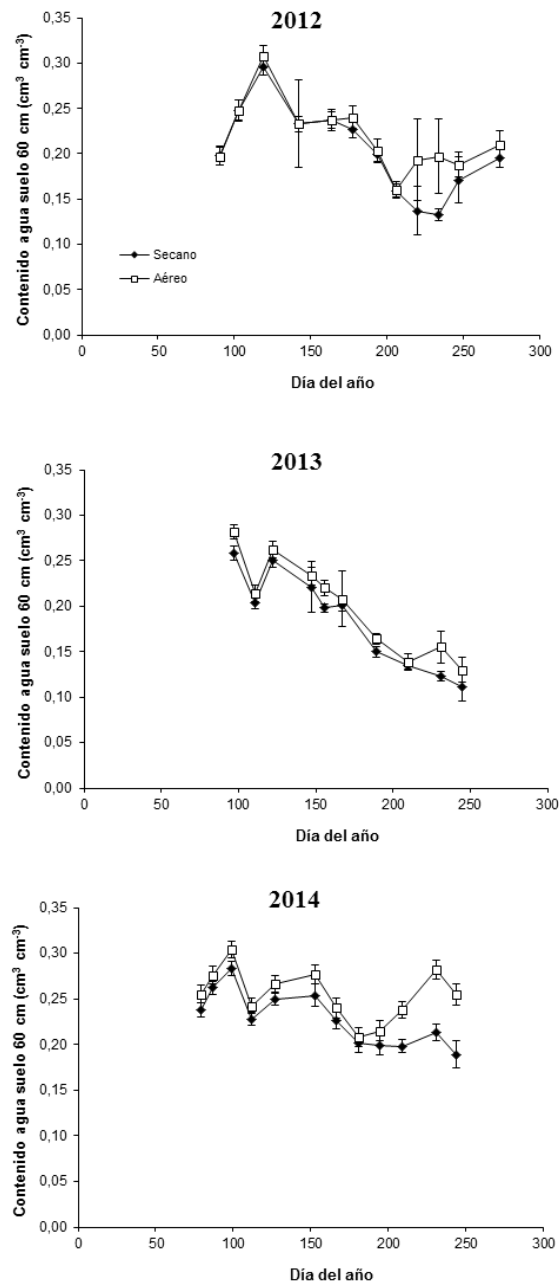


Figura 44. Evolución del contenido volumétrico de agua en el suelo a 60 cm de profundidad bajo condiciones de secano y riego en la DO Rías Baixas (2012 – 2014). Las barras indican los errores estándar.

Evolución del potencial hídrico

Los potenciales hídricos nos indican que no se han producido situaciones de estrés por falta de agua, excepto en mediciones puntuales (Figura 45). En una fecha aislada de todo el periodo de estudio se detectaron diferencias significativas entre tratamientos para el potencial hídrico foliar medido por la mañana (2013). Si bien es en el 2012 cuando se han medido valores inferiores a $-0,2$ MPa, lo que significaría según van Leeuwen et al. (2009) un déficit de agua débil.

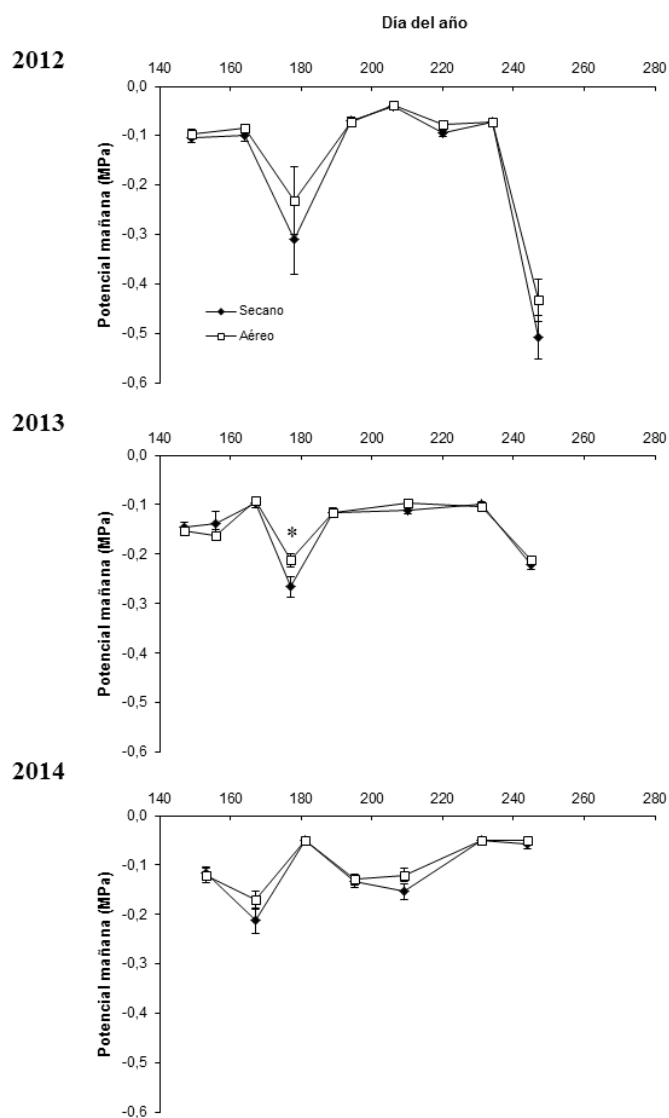


Figura 45. Evolución del potencial hídrico foliar medido por la mañana para la variedad Albariño bajo condiciones de secano y riego en la DO Rías Baixas (2012-2014). Los valores son medias \pm errores típicos. Los asteriscos indican diferencias significativas entre tratamientos a $p < 0,05$.

En el caso del potencial hídrico foliar al mediodía (Figura 45) no se han obtenido diferencias significativas entre tratamientos, para ninguna las fechas de medida, con excepción de la medición realizada a finales de agosto en el año 2013. Sin embargo, llama la atención el valor tan negativo de potencial hídrico foliar a mediodía medido a finales de junio de 2012 (-1,4 MPa), que se corresponde con el registro de potencial hídrico de tallo en la misma fecha de -0,3 MPa (Figura 46). Al igual que para el potencial hídrico foliar de mañana, en el año 2012, se observan valores comprendidos entre -0,9 y -1,1 MPa, por lo que según van Leeuwen et al. (2009) se trataría de un déficit de agua débil.

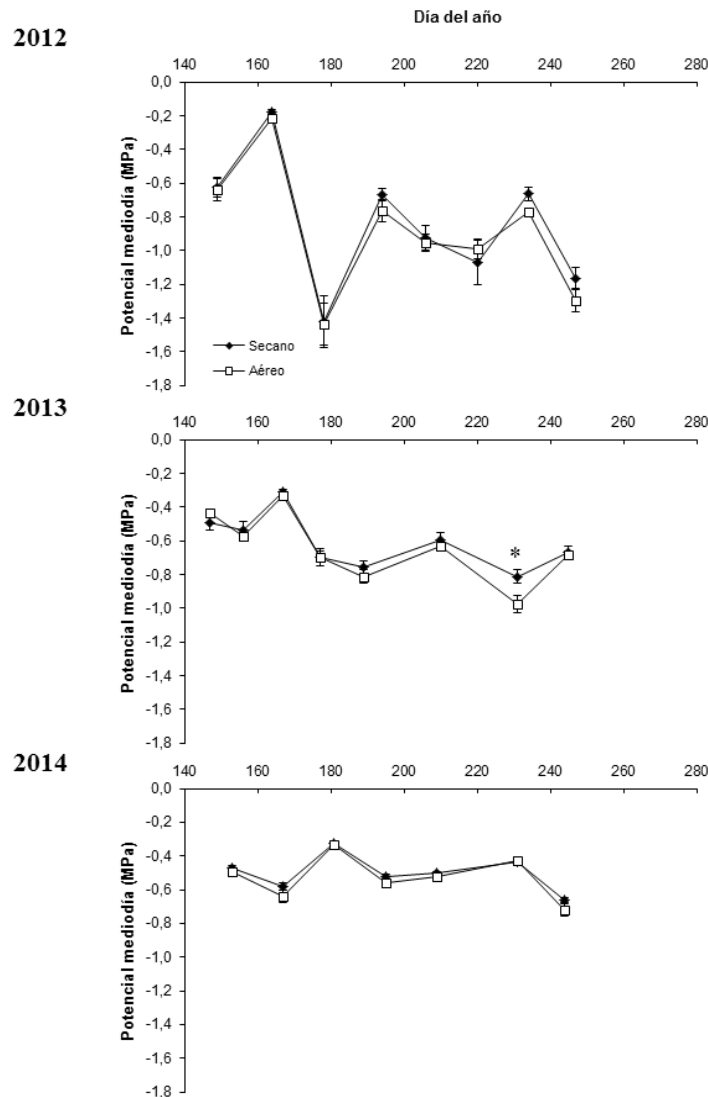


Figura 46. Evolución del potencial hídrico foliar medido al mediodía para la variedad Albariño bajo condiciones de secano y riego en la DO Rías Baixas (2012-2014). Los valores son medias \pm errores típicos. Los asteriscos indican diferencias significativas entre tratamientos a $p < 0,05$.

En cuanto al potencial de tallo a mediodía, únicamente rondó los $-0,6$ MPa en dos días de medida, para el año 2013. Tal y como establece van Leeuwen et al. (2009) se corresponde con la no existencia de déficit hídrico, lo que se corresponde con los valores medidos en contenido de agua en el suelo para las tres campañas, debido a la relación existente entre potencial foliar y los contenidos de agua en el suelo como establecen Williams y Araujo (2002), Williams y Trout (2005) y Cancela et al. (2015). El potencial de tallo ha sido propuesto por Mirás-Avalos et al. (2014) como el indicador de estado hídrico en viñedo más significativo para su empleo bajo las condiciones climáticas de Galicia, por lo que se deduce que en ninguna de las tres campañas se observa déficit hídrico para ninguno de los tratamientos estudiados.

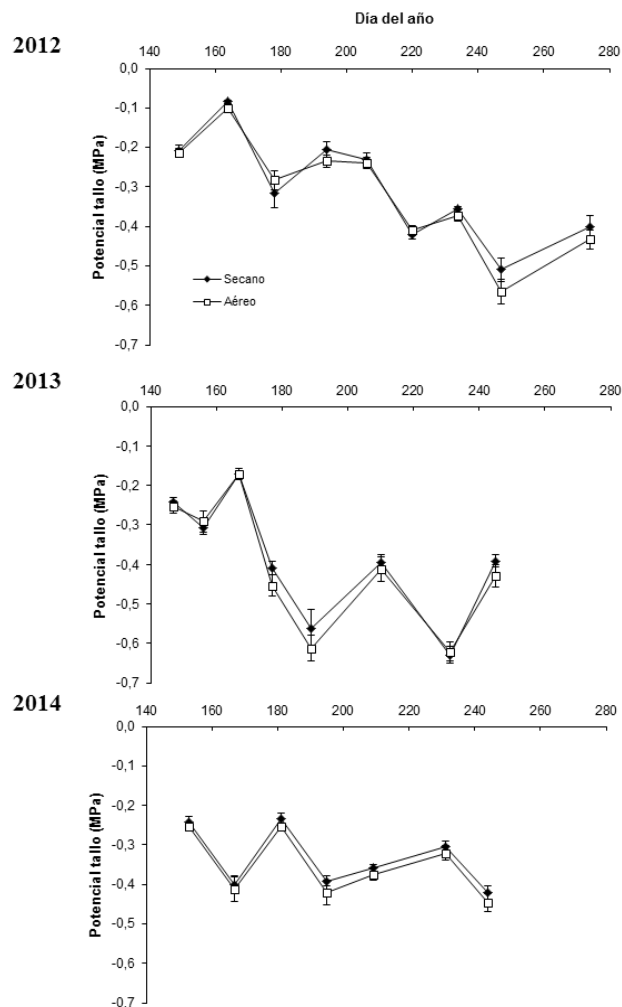


Figura 47. Evolución del potencial hídrico de tallo para la variedad Albariño bajo condiciones de secano y riego en la DO Rías Baixas (2012-2014). Los valores son medias \pm errores típicos. Los asteriscos indican diferencias significativas entre tratamientos a $p < 0,05$.

Evolución de la conductancia estomática

Las conductancias estomáticas resultaron muy elevadas, especialmente en 2012 y 2013, sin que existieran diferencias significativas entre tratamientos, a excepción de dos fechas en 2013 y una en 2014, siendo ligeramente superiores en secano en estas fechas (Figura 48), aunque a finales de agosto de 2013, los valores superiores se midieron en el riego aéreo. Según se observa en la Figura 48, los valores de conductancia estomática medidos han sido siempre superiores a $0,15 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ indicando que las plantas no han sufrido estrés hídrico (Medrano et al., 2002). Cabe mencionar que la dinámica de mediciones ha sido similar a la obtenida para la variedad Godello, en la DO Valdeorras, en las tres campañas de estudio.

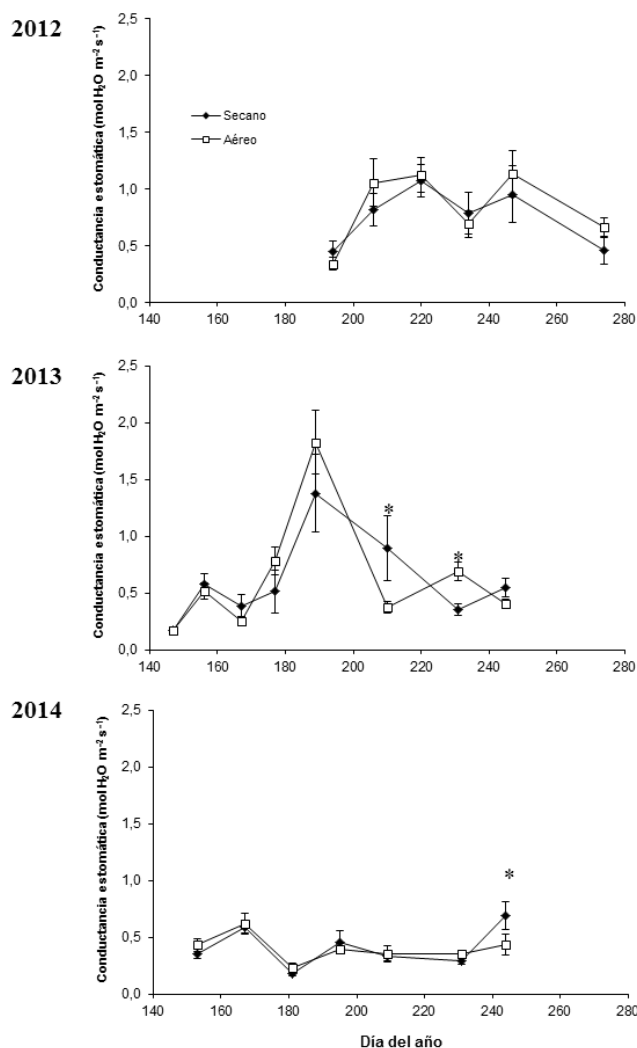


Figura 48. Evolución de la conductancia estomática para la variedad Albariño bajo condiciones de secano y riego en la DO Rías Baixas (2012-2014).

Evolución de fluorescencia de la clorofila

En cuanto a los parámetros de fluorescencia de la clorofila *a* (Figura 49), no se han detectado diferencias significativas entre tratamientos para el parámetro F_v/F_m en ninguna de las fechas de medida. Los valores de F_v/F_m se mantuvieron cerca de 0,8, el umbral considerado para una planta terrestre sana (Cavender-Bares y Bazzaz, 2004), aunque en el año 2014, los valores se situaron sobre 0,9.

En el caso de los parámetros PS_{II} y ETR, se observaron diferencias significativas entre tratamientos en fechas determinadas. En el caso del PS_{II} , las plantas del tratamiento de secano presentaron un valor de este parámetro mayor que el de las plantas regadas hacia mitad de la campaña. Por el contrario, las plantas regadas mostraron valores de ETR superiores a los de las plantas en secano hacia final de la campaña.

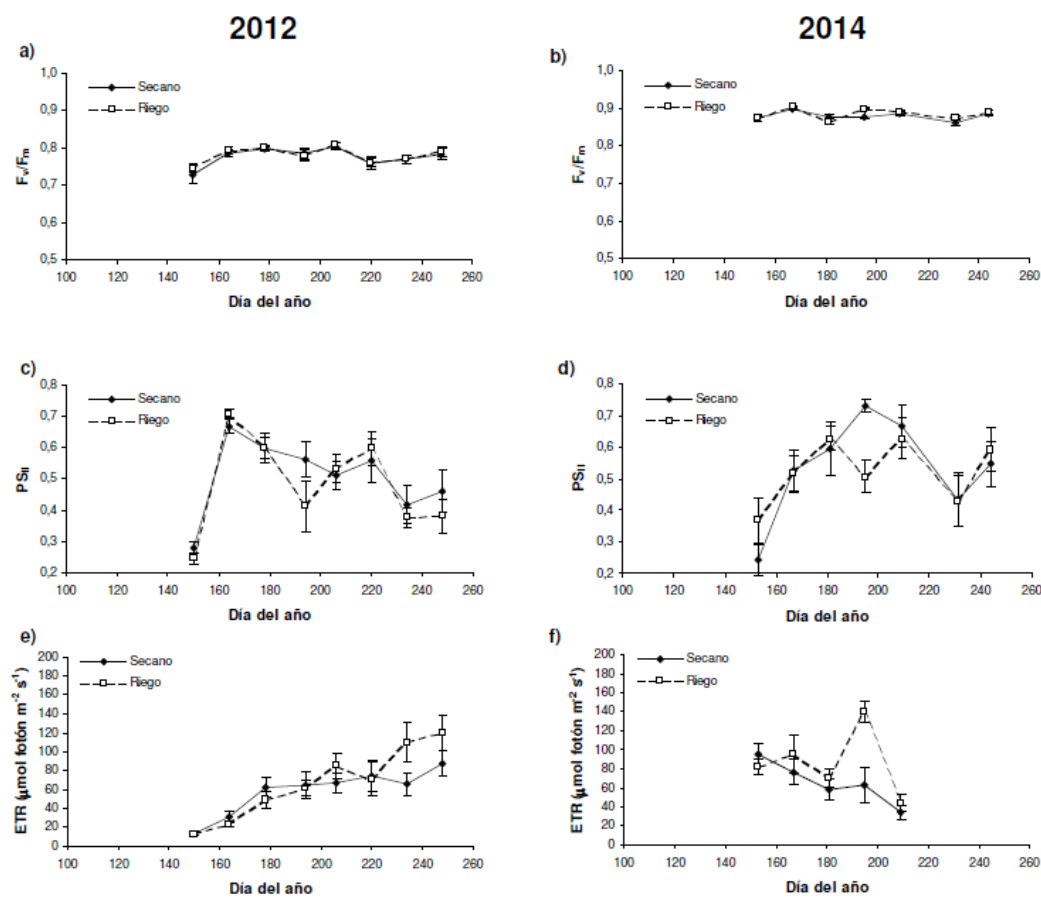


Figura 49. Evolución de los parámetros de fluorescencia de la clorofila (F_v/F_m , PS_{II} y ETR) para la variedad Albariño en condiciones de secano y riego en la DO Rías Baixas (2012 y 2014).

Contenido relativo en clorofila

El contenido relativo en clorofila (CCI) fue similar entre tratamientos, tan solo a mediados de julio de 2014 se observaron diferencias significativas entre tratamientos (Figura 50). No se ha observado un patrón definido para los valores de CCI entre los diferentes tratamientos según el día y año de medición, en la misma línea expuesta por Trigo-Córdoba et al. (2015) para el cultivar Godello en la DO Ribeiro.

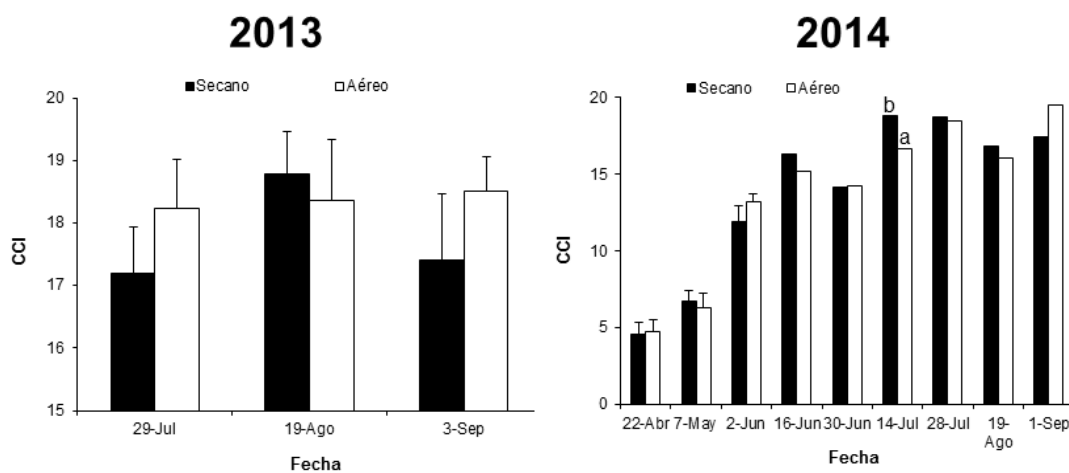


Figura 50. Evolución del valor de índice de contenido en clorofila (CCI) para la variedad Albariño sometida a tratamientos de secano y riego en la DO Rías Baixas (2013-2014). Barras de error, indican error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

Crecimiento vegetativo y producción

Ningún parámetro de crecimiento vegetativo y de producción se ha visto afectado significativamente por los tratamientos realizados (Tabla 14).

Los parámetros vegetativos son similares para ambos tratamientos, no observándose ninguna tendencia, excepto para la madera de poda en el año 2012 la cual fue superior para el tratamiento riego, no pudiéndose comparar este valor con la superficie foliar expuesta, pues no fue medida en este año.

En relación a las producciones, los años de menor dosis de riego (Tabla 13), coincidentes con los de menor precipitación durante la campaña (Tabla 10), se obtuvieron mayores producciones en el tratamiento riego, aunque no significativas. Esta tendencia no se mantiene en 2014, cuando el valor medio de producción en secano fue

superior, aún a pesar de aplicar mayores dosis de riego que en años previos. Similares tendencias a la producción, fueron observadas para el número y peso medio de los racimos.

Tabla 14. Parámetros de crecimiento vegetativo y rendimiento de la variedad Albariño sometida a tratamientos de secano y riego en la DO Rías Baixas (2012-2014).

Parámetro	Año	Tratamientos	
		Secano	Riego
Superficie foliar expuesta (m ² m ⁻²)	2013	0,78	0,77
	2014	1,07	1,08
Producción (kg planta ⁻¹)	2012	3,54	3,98
	2013	6,45	6,57
	2014	5,57	5,37
Racimos por planta	2012	52,11	55,32
	2013	67,96	74,14
	2014	47,75	45,46
Peso racimo (g)	2012	62,45	69,99
	2013	97,48	103,09
	2014	117,92	116,99
Madera poda (kg planta ⁻¹)	2012	2,18	2,55
	2013	1,92	1,87
	2014	3,45	3,49

Parámetros de calidad de los mostos

En cuanto a los parámetros de calidad de los mostos, estos no presentaron diferencias entre tratamientos en ninguno de los años de estudio, en contenido en sólidos solubles y ácido tartárico, siendo los valores muy similares entre tratamientos. Por el contrario, la acidez total y el pH en el año 2013, resultaron significativamente diferentes entre tratamientos, con valores de acidez total de 7,8 g L⁻¹ para el secano y 8,4 g L⁻¹ para el riego aéreo y de 3,18 para el secano por 3,11 para el riego en cuanto al pH. La concentración de ácido málico también fue mayor en secano para el año 2014 (Tabla 15).

Tabla 15. Parámetros de calidad de los mostos de la variedad Albariño bajo condiciones de secano y riego durante cada campaña estudiada (2012-2014) en la DO Rías Baixas.

Parámetro	Año	Tratamientos	
		Secano	Riego
Sólidos solubles (°Brix)	2012	24,1 a	24,0 a
	2013	22,9 a	22,9 a
	2014	18,7 a	18,8 a
Acidez total (g L ⁻¹ ácido tartárico)	2012	9,8 a	10,1 a
	2013	7,8 a	8,4 b
	2014	12,6 a	12,7 a
pH	2012	3,03 a	2,96 a
	2013	3,18 b	3,11 a
	2014	3,01 a	3,01 a
Ácido Tartárico (g L ⁻¹)	2012	7,4 a	7,5 a
	2013	5,8 a	6,1 a
	2014	6,0 a	6,3 a
Ácido Málico (g L ⁻¹)	2012	5,6 a	5,8 a
	2013	4,3 a	4,5 a
	2014	8,6 b	8,3 a

Letras diferentes para cada año indican diferencias significativas entre tratamientos a $p < 0,05$.

Resultados similares fueron obtenidos por Chaves et al. (2007), en relación a los sólidos solubles y a la acidez total, para las variedades Moscatel y Castelão. Fandiño et al. (2012b) observaron igualmente mayores valores de acidez total para los tratamientos regados, para el cultivar Albariño en los años 2008 y 2009. Santesteban et al. (2011), trabajando con Tempranillo, encontraron la misma reducción de la acidez total en los tratamientos con riegos deficitarios, frente a un riego convencional, al igual que para el experimento desarrollado en la DO Valdeorras para la variedad Godello.

Control de fermentaciones

La densidad del mosto durante el proceso de fermentación siguió una evolución adecuada (Blanco et al., 2013), sin observarse problemas de fermentación en ninguna de las campañas consideradas en la presente tesis (Figura 51).

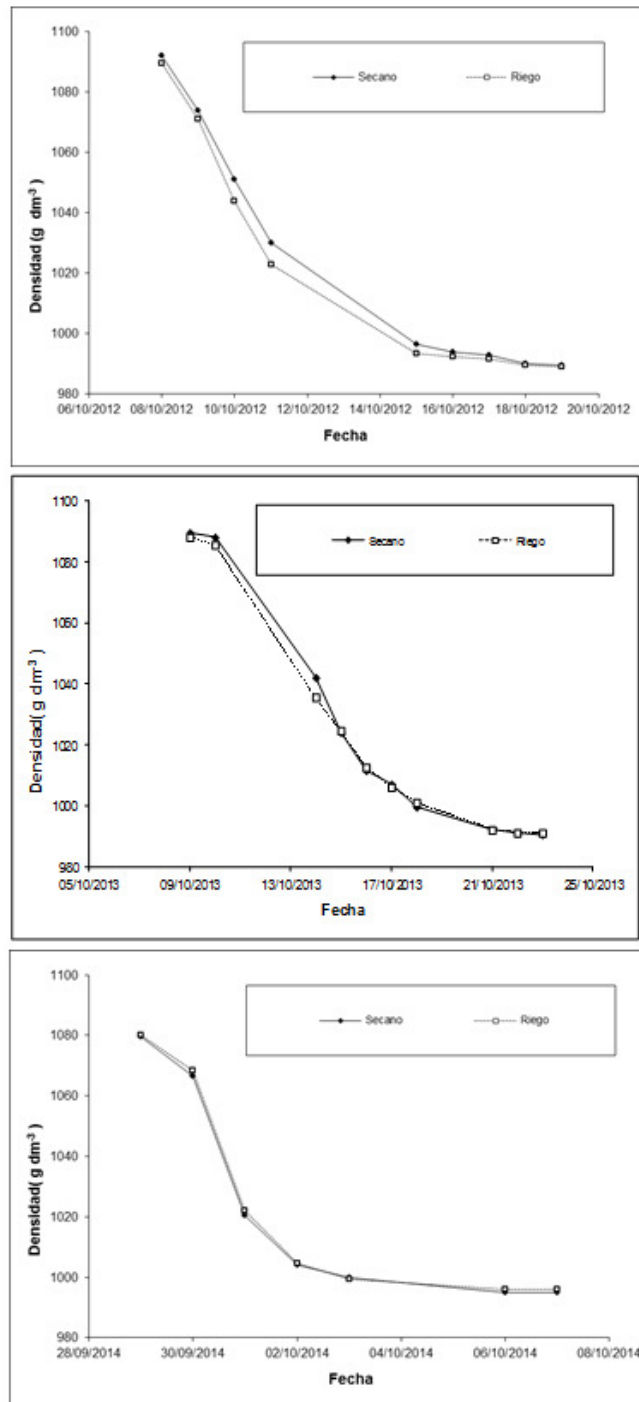


Figura 51. Cinética de las fermentaciones de mostos de la variedad Albariño sometida a tratamientos de secano y riego (2012-2014).

Parámetros de calidad de los vinos

No se han observado diferencias significativas entre tratamientos para los parámetros de los vinos (Tabla 16), a excepción de la concentración de potasio en la campaña de 2013 cuando el tratamiento de riego mostró valores menores que el secano.

En general, los parámetros de calidad de los vinos muestran la misma tendencia que en los mostos, sin diferencias significativas entre tratamientos, para los parámetros analizados, con la excepción comentada previamente.

Tabla 16. Parámetros de calidad de los vinos de la variedad Albariño bajo condiciones de secano y riego durante cada campaña estudiada (2012-2014) en la DO Rías Baixas.

Parámetro	Año	Albariño	
		Secano	Riego
Grado alcohólico (% Vol)	2012	13,5 a	13,6 a
	2013	12,5 a	11,8 a
	2014	10,9 a	11,0 a
Acidez total (g L ⁻¹ ácido Tartárico)	2012	10,3 a	10,6 a
	2013	9,1 a	9,8 a
	2014	12,5 a	12,5 a
pH	2012	2,99 a	2,97 a
	2013	3,22 a	3,11 a
	2014	3,08 a	3,07 a
Acido tartárico (g L ⁻¹)	2012	4,91 a	5,07 a
	2013	3,90 a	4,2 a
	2014	5,8 a	6,3 a
Acido málico (g L ⁻¹)	2012	3,5 a	3,5 a
	2013	3,7 a	3,7 a
	2014	5,5 a	5,2 a
Potasio (g L ⁻¹)	2013	0,903 a	0,755 b
	2014	0,983 a	0,960 a

Letras diferentes para cada año indican diferencias significativas entre tratamientos a $p < 0,05$.

Las tendencias para la acidez total y el ácido tartárico, en el presente ensayo, se corresponden con los resultados para la variedad Tempranillo obtenidos por Intrigiolo y

Castel (2010), quienes observaron tendencias similares en cuanto a acidez, con valores ligeramente superiores en los tratamientos regados frente al tratamiento control. En el caso del año 2014, en el ensayo planteado se obtiene la misma acidez total, en ambos tratamientos. Por el contrario, Intrigiolo y Castel (2010) obtienen valores de pH mayores en los tratamientos regados, dinámica contraria a la observada para la variedad Albariño en la DO Rías Baixas (Tabla 16).

Catas de consumidores

Los resultados obtenidos en las catas de consumidores presentaron una gran heterogeneidad, debida a los hábitos de consumo de vino de los participantes en las mismas. En este apartado nos referiremos a dos parámetros de respuesta: la apreciación global de los vinos de cada tratamiento y el orden de preferencia de vinos presentado por los participantes.

El año 2012 mostró claras diferencias entre las respuestas de los consumidores a los vinos de ambos tratamientos. El 46% de los consumidores consideraron el vino procedente del secano como muy bueno (10%) y bueno (36%), frente a un 13% del total, en el caso del vino procedente del tratamiento de riego, con muy bueno (3%) y bueno (10%). Además al 17% de los consumidores no les gustó el vino de secano por un 27% del vino procedente del tratamiento de riego (Figura 52).

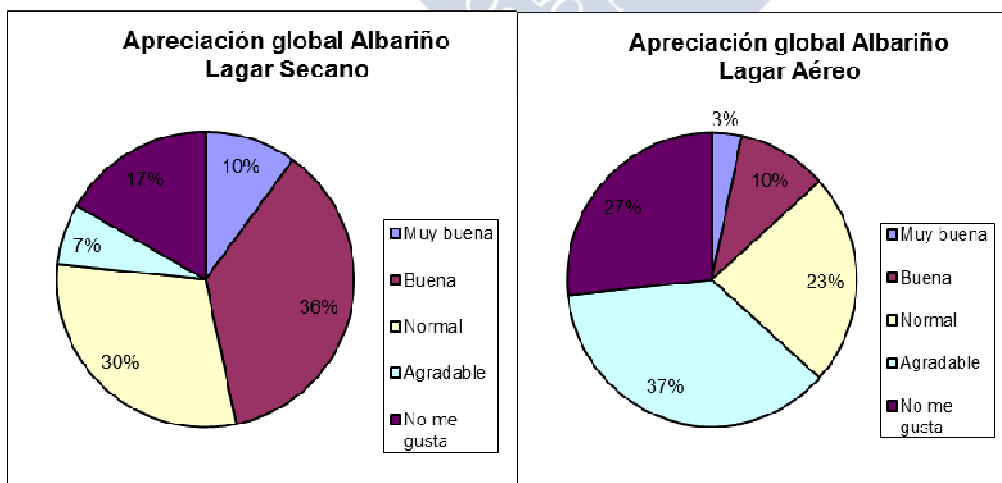


Figura 52 . Resultados de apreciación global por parte de los consumidores de los vinos de Albariño de la DO Rías Baixas de la campaña 2012.

El porcentaje de consumidores a los que les gustó el vino en 2013, incluyendo las categorías muy bueno y bueno, fue el mismo para ambos vinos (muy bueno - 6%; bueno - 25%). Cabe mencionar que los vinos procedentes del tratamiento secano, gustaron menos, que los procedentes del tratamiento riego, representando un 24% de los catadores frente a un 18%, respectivamente (Figura 53).

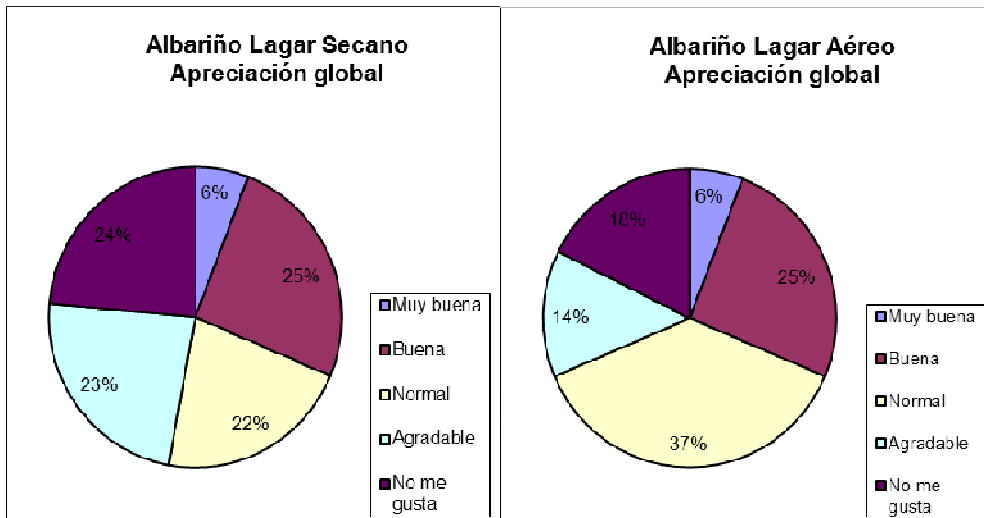


Figura 53. Resultados de apreciación global por parte de los consumidores de los vinos de Albariño de la DO Rías Baixas de la campaña 2013.

En 2014, la distribución de los gustos de los consumidores fue parecida entre ambos tratamientos, con una ligera preferencia por el secano, un 2% valoraron el secano como muy bueno por 0% el riego, un 18% consideró bueno el secano por un 14% el riego. Los vinos no gustaron, prácticamente, en la misma proporción: 33% en secano por 35% en riego (Figura 54).

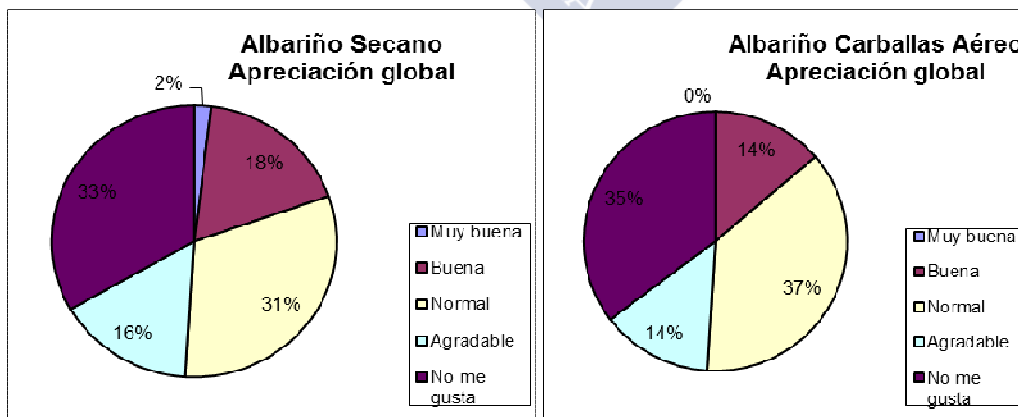


Figura 54. Resultados de apreciación global por parte de los consumidores de los vinos de Albariño de la DO Rías Baixas de la campaña 2014.

En cuanto al orden de preferencia de los vinos, salvo en el año 2012 cuando los consumidores se decantaron claramente por el tratamiento de seco, en los años 2013 y 2014 la preferencia entre tratamientos se repartió prácticamente en partes iguales (Tabla 17). En el caso de tempranillo blanco y clima cálido no se encontraron claras diferencias entre vinos (Baroja et al, 2014).

Tabla 17. Órdenes de preferencia por parte de los consumidores de los vinos de Albariño de la DO Rías Baixas (2012-2014).

2012		2013		2014	
Muestra	1º	Muestra	1º	Muestra	1º
Secano	32	Secano	29	Secano	25
Aéreo	12	Aéreo	32	Aéreo	26



3. RIBEIRO

En la finca experimental, situada dentro de las instalaciones de la EVEGA, en la DO Ribeiro se han llevado a cabo dos ensayos en el marco de esta tesis doctoral: uno sobre el estudio del efecto del riego sobre las variedades Godello y Treixadura; y otro sobre los efectos de las cubiertas vegetales en la variedad Mencía. Los resultados y discusión de ambos se describen a continuación del apartado de parámetros climáticos, comenzando por el ensayo de riego, y finalizando por el ensayo de cubiertas.

Evolución de parámetros climáticos. Índices Bioclimáticos

A continuación se comentan los datos climáticos recogidos en la estación agrometeorológica situada en la propia finca experimental y que, por tanto, son coincidentes para ambos ensayos.

El primer año de ensayo (2012) fue el más seco con 841,2 mm de precipitación anual, cerca de la media de 900 mm para la región. Este hecho se debió a un invierno seco; sin embargo, durante el periodo vegetativo fue el año más húmedo con 313 mm desde brotación hasta cosecha. Por el contrario, 2013 y 2014 fueron años húmedos con alrededor de 1300 mm de precipitación; sin embargo, las precipitaciones durante el periodo de desarrollo vegetativo hasta vendimia para estos años fueron menores que en 2012, con sólo 163 y 185 mm, respectivamente. Además, las temperaturas medias anuales y durante el periodo vegetativo aumentaron de 2012 a 2014, lo que provocó una ET_0 mayor en 2013 y 2014, en comparación con la de 2012. En consecuencia, la cantidad de riego fue mayor en 2013 que en 2012 y 2014 (Tabla 18).

Tabla 18. Resumen de datos climáticos: precipitación, temperatura media y ET_0 para las tres campañas de ensayo (2012-2014).

Año	Precipitación en campaña (mm)	Precipitación anual (mm)	Temperatura media en campaña (°C)	Temperatura media anual (°C)	ET_0 (mm) Periodo vegetativo	ET_0 (mm) Periodo de riego
2012	313,0	841,2	17,2	13,1	697,8	327,5
2013	163,0	1282,6	17,8	13,5	745,2	347,9
2014	185,4	1301,0	18,0	14,2	739,2	330,0
Media	220,5	1141,6	17,7	13,6	727,4	335,1

En la Figura 55, se puede observar que el inicio de la primavera de 2012 presentó una gran cantidad de precipitaciones que fueron disminuyendo a lo largo del verano aunque con eventos que superaron los 10 mm en determinadas fechas. La evapotranspiración de referencia diaria fue relativamente baja a lo largo de esta campaña con escasos días en los que se superaron los 5 mm. Por otra parte, las temperaturas medias comenzaron siendo relativamente bajas en primavera pero superaron los 30 °C en determinados días del verano.

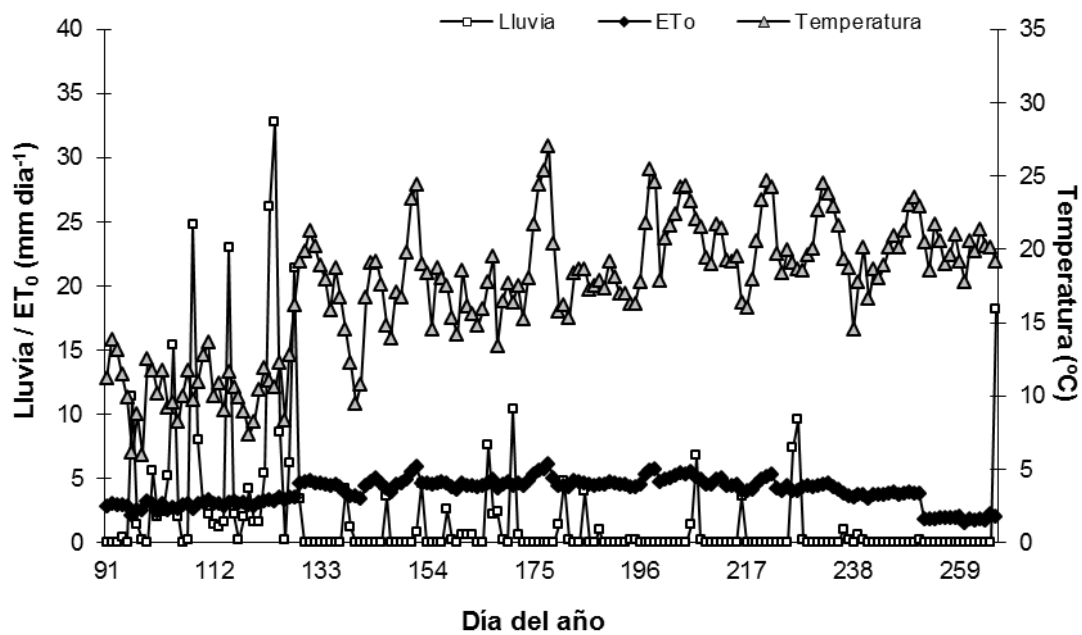


Figura 55. Evolución de la precipitación, temperatura media diaria y la evapotranspiración de referencia durante la campaña de 2012 en la parcela de la DO Ribeiro.

A pesar de un evento de precipitación superior a los 35 mm al comienzo de la primavera de 2013 (Figura 56), esta campaña se caracterizó por una escasa cantidad de precipitaciones (163 mm, Tabla 18). Los valores de temperatura y ET_0 fueron ligeramente superiores a los de la campaña anterior, si bien su evolución a lo largo de la campaña resultó muy similar.

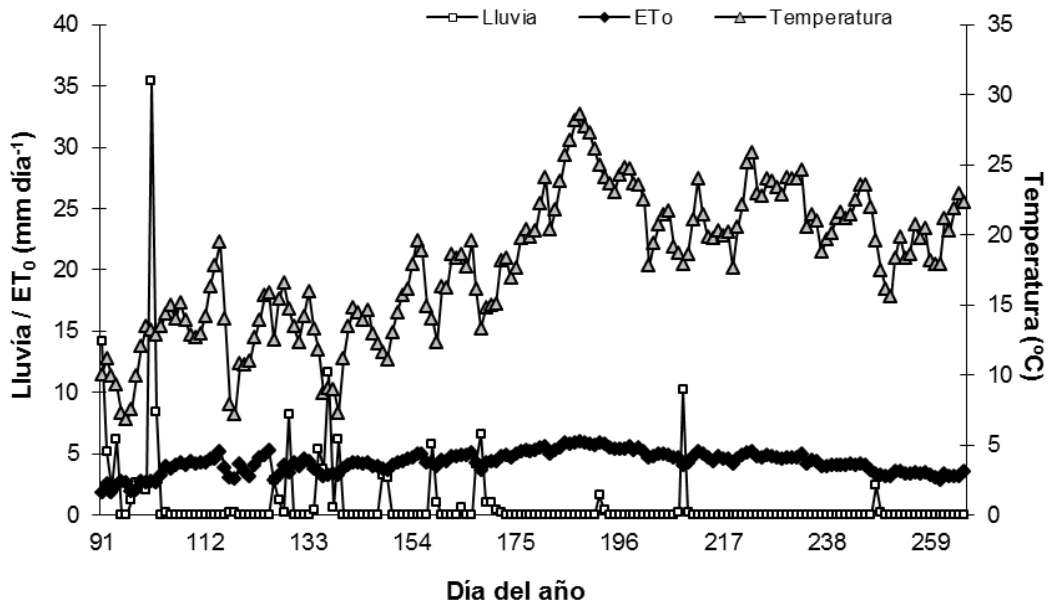


Figura 56. Evolución de la precipitación, temperatura media diaria y la evapotranspiración de referencia durante la campaña de 2013 en la parcela de la DO Ribeiro.

En la campaña 2014 (Figura 57), las precipitaciones primaverales fueron menores que en años anteriores, si bien durante el verano se produjeron eventos con lluvias superiores a 15 mm al día y, al final de la campaña, se registraron dos eventos de precipitación diaria de 30 y 25 mm. Las temperaturas presentaron registros más bajos que en el año 2013 e, incluso, estuvieron próximas a 10 °C de media en buena parte de mayo. Los valores de ET_0 fueron similares a los de las campañas anteriores.

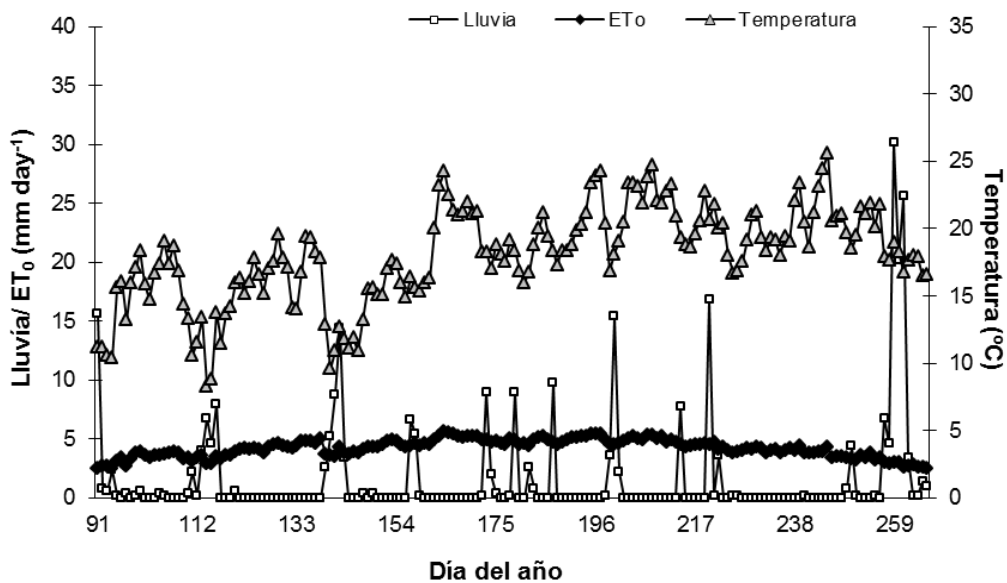


Figura 57. Evolución de la precipitación, temperatura media diaria y la evapotranspiración de referencia durante la campaña de 2014 en la parcela de la DO Ribeiro.

A partir de los datos climáticos recogidos en la estación situada dentro de la finca experimental se calcularon tres índices climáticos (Tonietto y Carbonneau, 2004), mediante los cuales se describió el clima de las parcelas para cada año de estudio.

Tabla 19. Índices bioclimáticos calculados para cada uno de los años estudiados.

Año	HI (°C)	DrI (mm)	CI (°C)	Clasificación*
2012	2109,5	91,2	11,4	HI+1, CI+2, DI-1 Templado cálido, subhúmedo, noches muy frías
2013	2313,6	42,1	12,1	HI+1, CI+1, DI+1 Templado cálido, moderadamente seco, noches frías
2014	2277,7	56,9	13,4	HI+1, CI+1, DI-1 Templado cálido, subhúmedo, noches frías
Media	2233,6	63,4	12,3	HI+1, CI+1, DI-1 Templado cálido, subhúmedo, noches frías

* Según Tonietto y Carbonneau (2004).

Los valores de los índices bioclimáticos (Tabla 2) mostraron ligeras diferencias entre las tres campañas estudiadas. El índice heliotérmico (HI) se clasificó, según Tonietto y Carbonneau (2004), como HI+1, es decir, clima templado cálido, si bien los valores de este índice variaron entre 2110 y 2314 °C. Por el contrario, el índice de sequía (DrI) entró en la categoría DI-1 (subhúmedo) en 2012 y 2014 y en DI+1 (moderadamente seco) en 2013, demostrando la variabilidad temporal de las precipitaciones en esta región. Finalmente, el índice de noches frías (CI) se clasificó como CI+1 (noches frías) en 2013 y 2014 y como CI+2 (noches muy frías) en 2012, si bien este último año el valor del índice estuvo muy próximo al límite con la categoría observada en los dos años posteriores.

Fraga et al. (2014) clasifican a toda la DO Ribeiro como clima templado, cuando en la Tabla 19, se ha concluido que la zona de ensayo se caracteriza por tratarse de un clima templado cálido. Por el contrario Blanco-Ward et al. (2007) obtienen los mismos índices que los determinados en el presente trabajo, si bien con noches muy frías (CI+2), al igual que para el año 2012.

3.1. Ensayo Riego

Caracterización del suelo. Análisis de fertilidad

No se ha realizado ningún abonado en la finca durante los tres años de realización del ensayo. Como se puede observar en la Tabla 20, todos los parámetros químicos han descendido de una campaña a la siguiente. Se aprecia un mayor descenso en los valores de materia orgánica en la parcela de riego respecto a la de secano.

Tabla 20. Parámetros químicos del suelo en la parcela de ensayo de riego en el Ribeiro para dos fechas, una anterior al comienzo del ensayo (febrero de 2012) y otra próxima a la finalización del mismo (diciembre de 2013).

Parámetro	Unidades	Febrero 2012		Diciembre 2013	
		Secano	Riego	Secano	Riego
Arena	%	61,95±2,74	66,00±1,94	63,60±2,05	65,76±3,09
Limo		18,67±3,73	14,19±3,98	17,03±2,73	19,25±3,95
Arcilla		19,38±1,01	19,81±5,77	19,37±3,65	15,00±5,70
pH H ₂ O	-	6,30±0,40	6,23±0,32	6,26±0,12	6,43±0,09
pH KCl		5,33±0,50	5,20±0,53	4,88±0,11	4,84±0,17
Ca	cmol kg ⁻¹	5,23±1,80	4,37±1,63	3,59±0,63	3,13±0,56
Mg		1,86±0,31	1,69±0,34	1,34±0,11	1,39±0,11
Na		0,09±0,01	0,10±0,01	0,10±0,02	0,10±0,02
K		0,81±0,20	0,76±0,19	0,79±0,10	0,76±0,09
Al		0,23±0,15	0,20±0,10	0,15±0,08	0,15±0,05
CIC		8,22±2,00	7,12±1,74	5,97±0,54	5,52±0,57
P		mg kg ⁻¹	47,33±11,02	43,67±13,32	37,55±8,21
M.O.	%	2,80±0,52	2,67±0,23	2,08±0,19	1,69±0,23

Se presentan valores medios ± desviaciones típicas.

Cabe destacar que no existen grandes diferencias en los valores de textura y pH para los dos tratamientos y fechas consideradas. Sin embargo, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) fue superior (en torno a un 25%) a inicios de 2012 que a finales de 2013 en ambos tratamientos (Tabla 20). Asimismo, la reducción en fósforo de una fecha a la siguiente fue ligeramente más importante en el caso del riego que en el secano, la cual ya presentaba valores iniciales más bajos. Los valores determinados en las analíticas de suelo, se encuentran dentro de los habituales en los viñedos gallegos (Gesto, 1998), presentando valores más bajos en M.O.

Fenología

No se han observado diferencias significativas entre tratamientos para la evolución de la fenología de las dos variedades estudiadas en ninguna de las campañas

experimentales (Figuras 58 y 59). Se puede observar que el período transcurrido entre floración y envero fue más largo en la campaña de 2014 (176 días) que en 2012 (161 días) y 2013 (165 días) para la variedad Godello (Figura 58). La duración del ciclo del cultivo para la variedad Godello fue similar a los determinados en el ensayo de la DO Valdeorras, si bien en el año 2014, la duración en DO Ribeiro fue 28 días más corta.

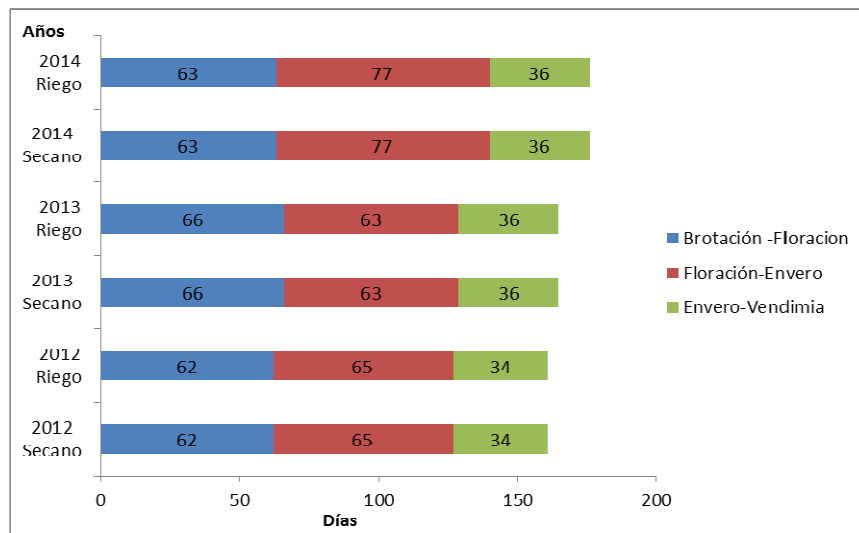


Figura 58. Evolución de la fenología de la variedad Godello a lo largo de las tres campañas estudiadas bajo condiciones de secano y riego.

Al igual que para la variedad Godello, el período transcurrido entre floración y envero fue más largo en la campaña de 2014 (168 días) que en 2012 (164 días) y 2013 (161 días) para la variedad Treixadura (Figura 59), aunque la duración del ciclo fue similar para los tres años de estudio.

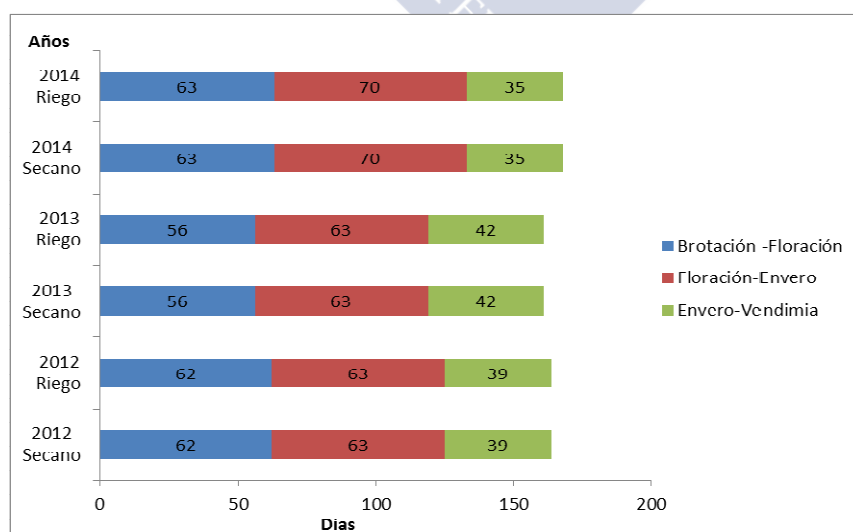


Figura 59. Evolución de la fenología de la variedad Treixadura a lo largo de las tres campañas estudiadas bajo condiciones de secano y riego.

Dosis de riego

Se monitorizó la respuesta de dos variedades blancas de vid de cultivo tradicional en Galicia (cv. "Godello" y "Treixadura ") al riego durante tres años consecutivos 2012-2014, con el fin de evaluar esta práctica para mitigar los posibles efectos negativos del cambio climático (Cruz et al., 2009).

En esta parcela, las aplicaciones de riego fueron las mismas para las dos variedades estudiadas y se resumen en la Tabla 21.

Tabla 21. Resumen de las aplicaciones de riego en la parcela de Ribeiro para las tres campañas estudiadas (2012-2014).

CAMPAÑA		Nº RIEGOS	DOSIS MENSUAL (mm)	DOSIS TOTALES (mm)
2012	JULIO	7	19,33	50,00
	AGOSTO	12	30,66	
2013	JULIO	15	45,33	79,33
	AGOSTO	13	34,00	
2014	JULIO	10	30,66	50,00
	AGOSTO	7	19,33	

Como se puede apreciar en la Tabla 21, el número de eventos de riego fue muy variable entre las tres campañas estudiadas, siendo mayor en 2013 con 28 aplicaciones y menor en 2014 con 17 aplicaciones. Esto es debido al criterio de riego empleado y que se basaba en los valores de ET_0 determinados para la semana anterior a las aplicaciones de riego, considerando un K_c de 0,8, tal y como se recoge en el apartado de Material y Métodos. Sin embargo, el volumen total de agua aplicado al tratamiento regado fue el mismo en 2012 y 2014, y un 60% superior en 2013, debido a una campaña más calurosa y menos lluviosa (ver datos climáticos en Tabla 18). La mayor cantidad de agua aplicada se produjo en agosto durante 2012 y en julio en las otras dos campañas experimentales.

Contenido hídrico del suelo

Durante las diferentes campañas, el contenido de agua del suelo a 5 cm de profundidad fue inicialmente similar entre tratamientos, pero, cuando se activó el riego, los mayores contenidos de agua en el suelo a esta profundidad se observaron bajo el tratamiento de riego para ambas variedades. Si bien, en ambos tratamientos, la

tendencia de este contenido ha sido descendente. Al final de la campaña, el contenido de agua del suelo fue similar entre los tratamientos (Figura 59). Los incrementos del contenido de agua en el suelo a esta profundidad se han debido principalmente a la distribución de las precipitaciones a lo largo de la campaña.

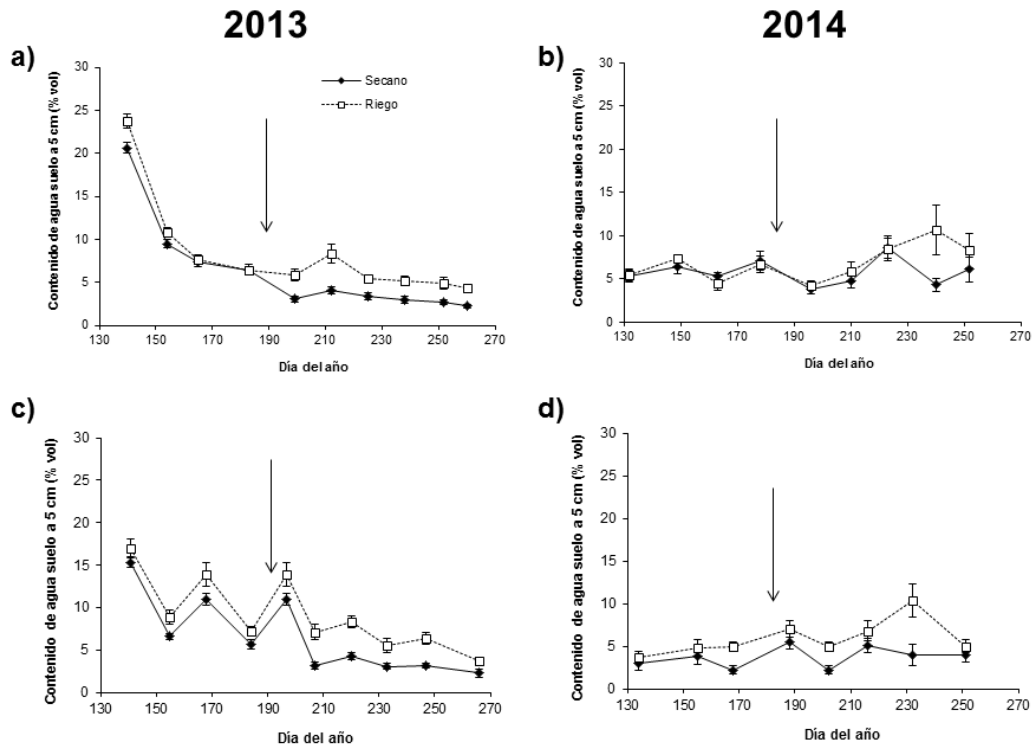


Figura 59. Evolución del contenido volumétrico de agua en el suelo a 5 cm de profundidad medido en las proximidades del tronco de las viñas de las variedades Godello (a y b) y Treixadura (c y d) bajo condiciones de secano y riego (2013 y 2014). Los valores mostrados son medias diarias para cada tratamiento. Barras de error: representan \pm errores típicos. Las flechas indican el momento de inicio del riego.

En la figura 60 se puede observar el efecto del riego sobre el contenido de agua en el suelo durante cuatro momentos del ciclo del cultivo (brotación, floración, envero y maduración). Este contenido aumenta debido al riego, sobre todo a 10 y 20 cm de profundidad, en las fases de floración y envero; sin embargo, a mayores profundidades del perfil del suelo también son visibles diferencias, principalmente en el año 2013.

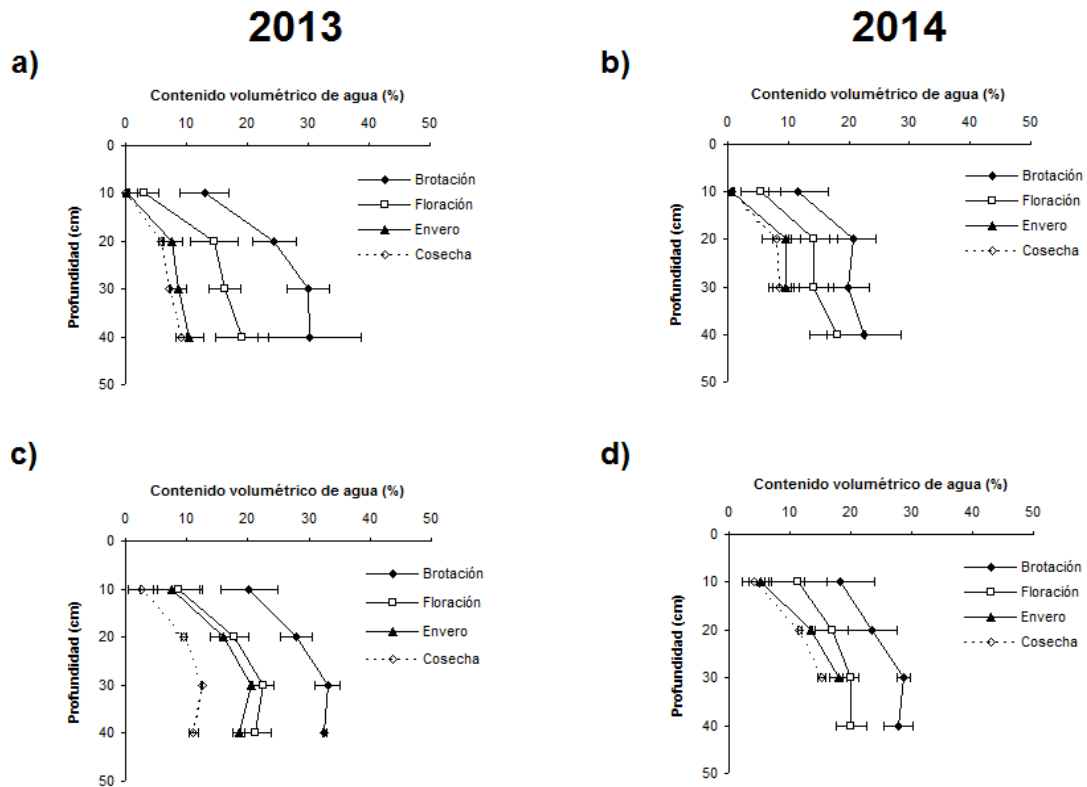


Figura 60. Evolución del contenido volumétrico de agua en el suelo a 10, 20, 30 y 40 cm de profundidad bajo condiciones de secano (a y b) y riego (c y d) durante las fases de brotación, floración, envero y cosecha en las campañas 2013 y 2014. Los valores mostrados son medias ($n = 3$).

Evolución del potencial hídrico

Como consecuencia de las condiciones climáticas y el contenido de agua en el suelo, los valores más negativos de potencial hídrico foliar a mediodía se registraron en 2013 y 2014 para Godello, con valores mínimos de $-1,2$ y $-1,0$ MPa, respectivamente, para el tratamiento secano. Durante 2012, los valores alcanzados por el tratamiento de secano fueron de alrededor de $-1,0$ y $-0,7$ MPa para potenciales hídricos de hoja y tallo, respectivamente (Figura 62).

Treixadura presentó la misma tendencia que se observó para Godello. Sin embargo, los valores de potencial hídrico fueron más negativos. En 2013 y 2014, el valor mínimo de potencial hídrico foliar observado fue de alrededor de $-1,4$ MPa, mientras que el potencial hídrico de tallo alcanzó $-1,2$ MPa. Sin embargo, en 2012, las viñas de secano alcanzaron $-1,3$ MPa de potencial hídrico foliar y $-0,9$ MPa de potencial hídrico de tallo como valor mínimo (Figura 63).

Durante las tres campañas estudiadas, las cepas bajo riego mostraron potenciales hídricos de hoja y tallo menos negativos que las de secano, aunque se produjo una disminución progresiva en los valores de estos parámetros para ambos tratamientos en las dos variedades a lo largo del ciclo de cultivo. A finales de agosto, las plantas de Godello en secano alcanzaron -0,8 MPa de potencial hídrico de tallo en promedio para las tres campañas, lo que indica un déficit hídrico ligero (Deloire et al., 2004; van Leeuwen et al., 2009), aunque en 2013 llegaron a -1,0 MPa. Por el contrario, las vides de Godello bajo riego únicamente alcanzaron -0.57 MPa, como valor medio indicando que no sufrieron estrés hídrico.

A finales de agosto, las cepas de Treixadura en secano alcanzaron -1 MPa de potencial hídrico de tallo a mediodía, lo que parece indicar un déficit hídrico moderado; en 2013, llegaron a -1,2 MPa, valores inferiores a los observados para Godello y que indican unas situaciones de déficit hídrico de moderado a severo (van Leeuwen et al., 2009). Las plantas de Treixadura bajo riego alcanzaron -0,8 MPa de potencial hídrico de tallo en promedio, lo que supone un estrés hídrico moderado (van Leeuwen et al., 2009), frente a valores de -1,2 MPa en secano para el año 2013 y 2014, lo que supondría un déficit hídrico de moderado a severo según el criterio propuesto por van Leeuwen et al. (2009).

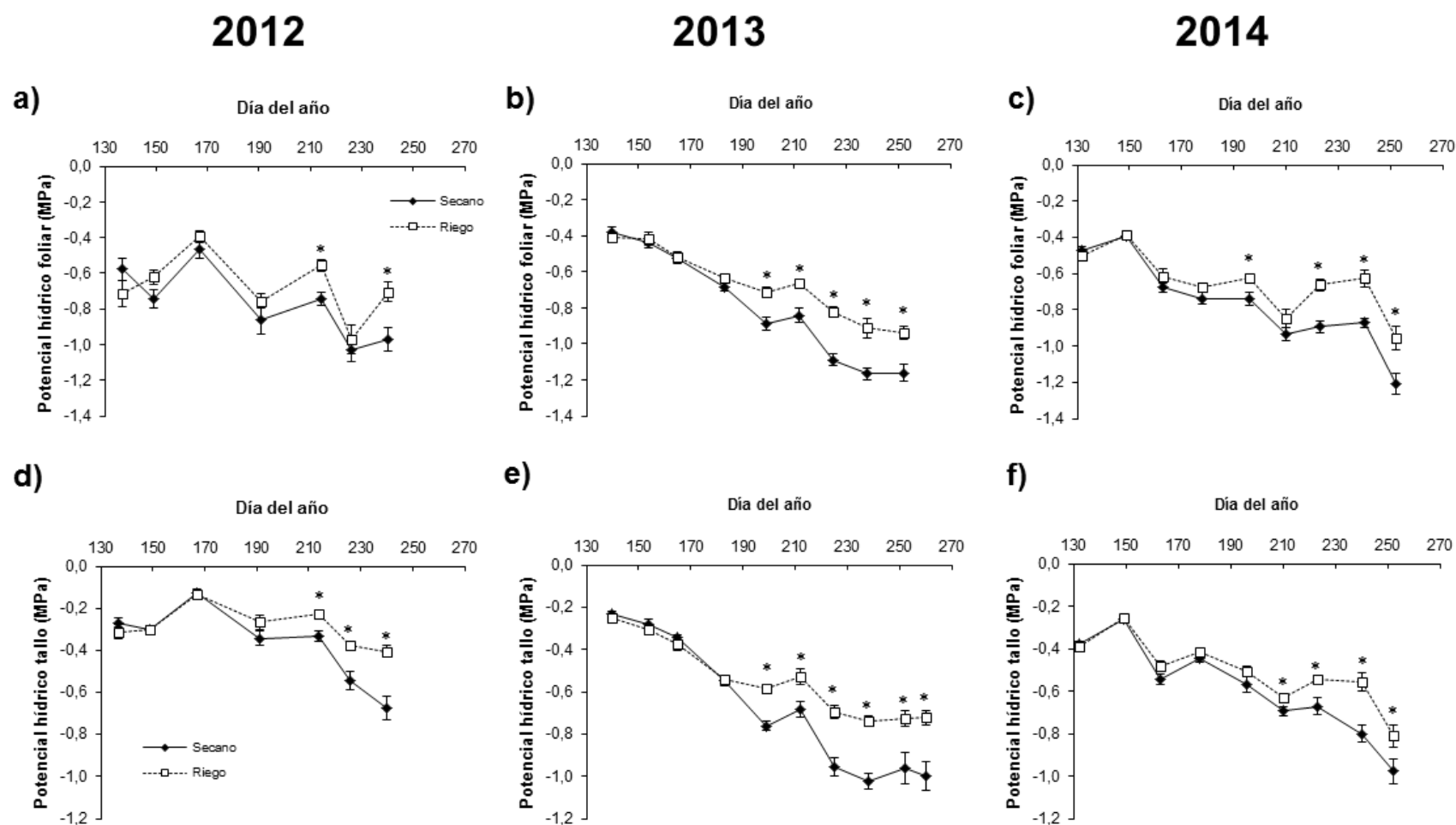


Figura 62. Evolución del potencial hídrico foliar (a, b y c) y de tallo (d, e y f) al mediodía, a lo largo de la campaña (2012 – 2014) para la variedad Godello bajo condiciones de secano y riego. Los valores son medias \pm errores típicos. Los asteriscos indican diferencias significativas entre tratamientos a $p < 0,05$.

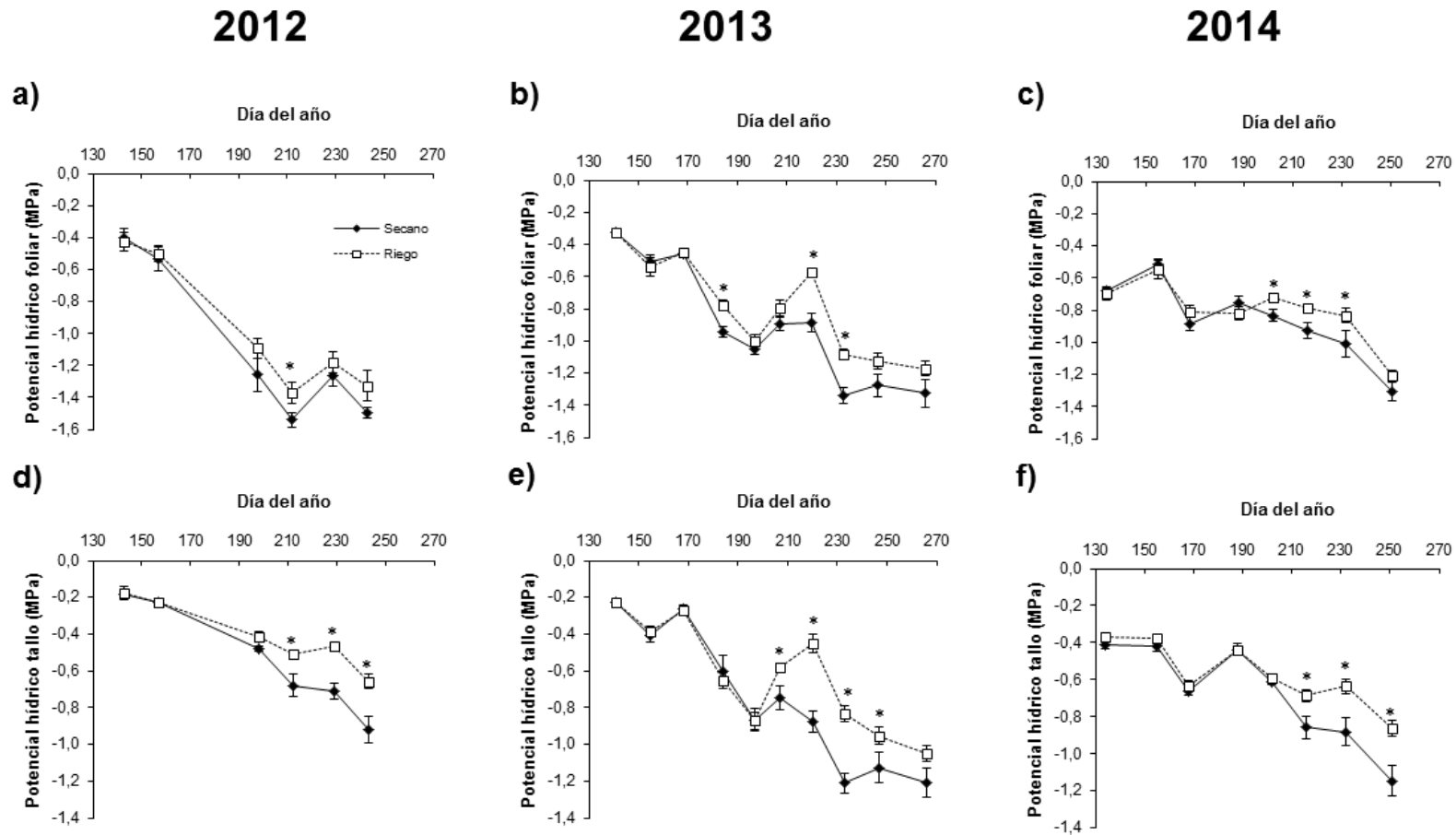


Figura 63. Evolución del potencial hídrico foliar (a, b y c) y de tallo (d, e y f) al mediodía, a lo largo de la campaña (2012 – 2014) para la variedad Treixadura bajo condiciones de secano y riego. Los valores son medias \pm errores típicos. Los asteriscos indican diferencias significativas entre tratamientos a $p < 0,05$.

Estos resultados indican que Godello y Treixadura presentan un comportamiento diferente en lo que respecta a su estado hídrico y sugieren que este tipo de estudios debe realizarse para cada variedad con el fin de gestionar adecuadamente el riego, según lo indicado por otros autores (Basile et al., 2012). En el caso de Godello, los valores medidos de potencial hídrico foliar han sido superiores para el ensayo de la DO Valdeorras, excepto en el año 2014; por el contrario los valores de potencial de tallo fueron superiores en la DO Ribeiro, excepto para el año 2012. Además, el potencial hídrico de tallo se correlacionó negativamente con la cantidad de agua recibida, lo que puede sugerir que es un mejor indicador del estado hídrico que el potencial hídrico foliar a mediodía (Choné et al., 2001), y refuerza la idea de que esta modalidad de potencial hídrico foliar es el mejor indicador del estado hídrico de la vid para las condiciones de Galicia, en concreto de la DO Ribeiro (Mirás-Avalos et al., 2014).

Evolución de la conductancia estomática

Ambas variedades mostraron valores muy elevados de conductancia estomática en 2012. En 2013 y 2014 estos valores fueron menores, aunque siguieron siendo altos. En determinadas fechas, las cepas en secano presentaron conductancias estomáticas más bajas que las regadas, con diferencias significativas entre tratamientos (Figura 64). En el caso de Godello, el comportamiento de esta variable fue similar al determinado en la DO Valdeorras para la misma variedad. Las diferencias entre tratamientos fueron más claras para la variedad Treixadura (Figura 64), con un mayor número de días de medición con diferencias significativas, particularmente en los años 2013 y 2014, en los que las cepas regadas presentaron valores superiores que las de secano.

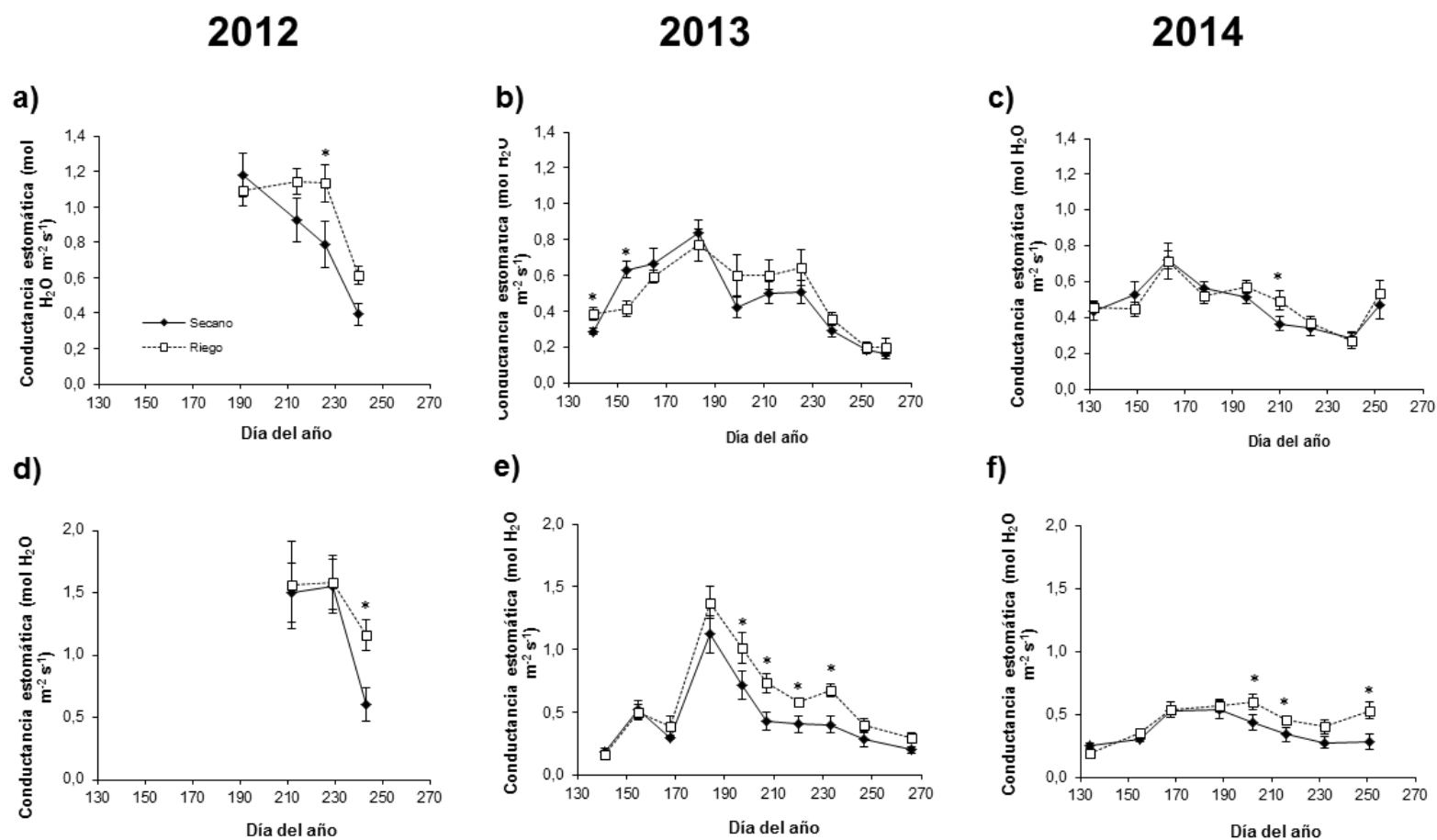


Figura 64. Evolución de la conductancia estomática a lo largo de la campaña (2012 – 2014) para las variedades Godello (a, b y c) y Treixadura (d, e y f) bajo condiciones de secano y riego. Los valores son medias ± errores típicos. Los asteriscos indican diferencias significativas entre tratamientos a $p < 0,05$.

A pesar de las diferencias significativas observadas en el estado hídrico de la vid, la conductancia estomática no se ha visto afectada por el tratamiento de riego en ambas variedades durante las tres campañas estudiadas. Este hecho indica que la actividad fisiológica de la vid no se ha visto afectada por el tratamiento de riego. Sin embargo, en 2013, las cepas de Treixadura bajo riego mostraron conductancias estomáticas significativamente más elevadas que las plantas en secano, lo que sugiere una mayor transpiración en las vides regadas. La gran variabilidad observada en este parámetro impide su uso como un indicador fiable del estado hídrico de la vid (Intrigliolo y Castel, 2006). Además, no se encontraron correlaciones significativas entre potenciales hídricos foliares o de tallo y la conductancia estomática, en contraste con estudios anteriores en otras variedades (Intrigliolo y Castel, 2009; Williams y Araujo, 2002). Este desacuerdo puede haber sido causado por la cantidad de precipitación más alta registrada en nuestro estudio, en comparación con los descritos en la literatura.

Por otra parte, las conductancias estomáticas medidas en el presente trabajo fueron mucho mayores que las observadas por otros autores (Intrigliolo y Castel, 2009; Williams y Araujo, 2002). Estos resultados pueden haber sido causados porque la disponibilidad de agua en el suelo ha sido suficiente y la humedad ambiental elevada (nunca inferior a 45% durante el período de estudio), por lo tanto, las cepas de nuestro estudio no experimentaron restricciones hídricas y desarrollaron amplios doseles vegetales, lo que implica una gran actividad vegetativa y transpirativa, que podría estar próxima a alcanzar el valor óptimo de conductancia estomática (Buckley et al., 2014). Además, las condiciones climáticas durante el período de ensayo no impusieron una elevada demanda evaporativa a las viñas, exceptuando fechas concretas. Asimismo, la mayoría de los valores de conductancia estomática encontrados en la bibliografía provienen de estudios desarrollados en regiones semi-áridas o mediterráneas (e.g. de Souza et al., 2003; Intrigliolo y Castel, 2009), en donde la vid está sometida a restricciones hídricas más severas que las observadas en nuestro estudio y, por consiguiente, en nuestro caso se esperaban conductancias estomáticas más elevadas. Además, la densidad de estomas en las hojas de vid depende de la variedad (Rogiers et al., 2009), lo que podría haber ejercido un efecto cuando se consideran los elevados valores de conductancia observados en el presente trabajo.

Sin embargo, Williams y Trout (2005) y Teszlák et al. (2013) encontraron valores máximos de la conductancia estomática superiores a $0,8 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, en las variedades ‘Thompson Seedless’ y ‘Riesling’ respectivamente, similares a los observados para Godello y Treixadura en el presente experimento. Un estudio reciente llevado a cabo en Italia encontró valores de conductancia estomática superiores a $1 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para cuatro variedades sicilianas de vid (Inzerillo et al., 2014). Además, las conductancias estomáticas medidas en esta tesis han sido superiores al óptimo ($0,12\text{-}0,15 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) sugerido por Romero et al. (2010) para la variedad Monastrell en condiciones semi-áridas.

Evolución de fluorescencia de la clorofila

Los parámetros de fluorescencia de la clorofila *a* no reflejan diferencias significativas entre tratamientos para ninguna de las dos variedades consideradas (Figuras 65 y 66). A nivel fotoquímico, el parámetro F_v/F_m no se ha visto afectado por el tratamiento de riego y se mantuvo cerca de 0,8, el umbral considerado para una planta terrestre sana (Cavender-Bares y Bazzaz, 2004). Este hecho indica que no se ha producido fotoinhibición, como han observado otros autores en otras variedades y condiciones climáticas (de Souza et al., 2003), lo que demuestra la alta tolerancia del aparato fotoquímico de la vid bajo estrés ambiental (Flexas et al., 1999; Moutinho-Pereira et al., 2012). Además, no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos para los demás parámetros de la fluorescencia de la clorofila. En el caso de la variedad Godello, en 2012, se observaron diferencias para F_v/F_m , ETR y PS_{II} entre tratamientos en las primeras fechas de medida (Figura 65), mientras que en 2014, estas diferencias entre tratamientos solo se han observado para la ETR al principio y fin de la campaña. En el caso de la variedad Treixadura, no se han detectado diferencias significativas en ninguno de los parámetros de fluorescencia de la clorofila *a* en ninguna de las fechas de medida (Figura 66).

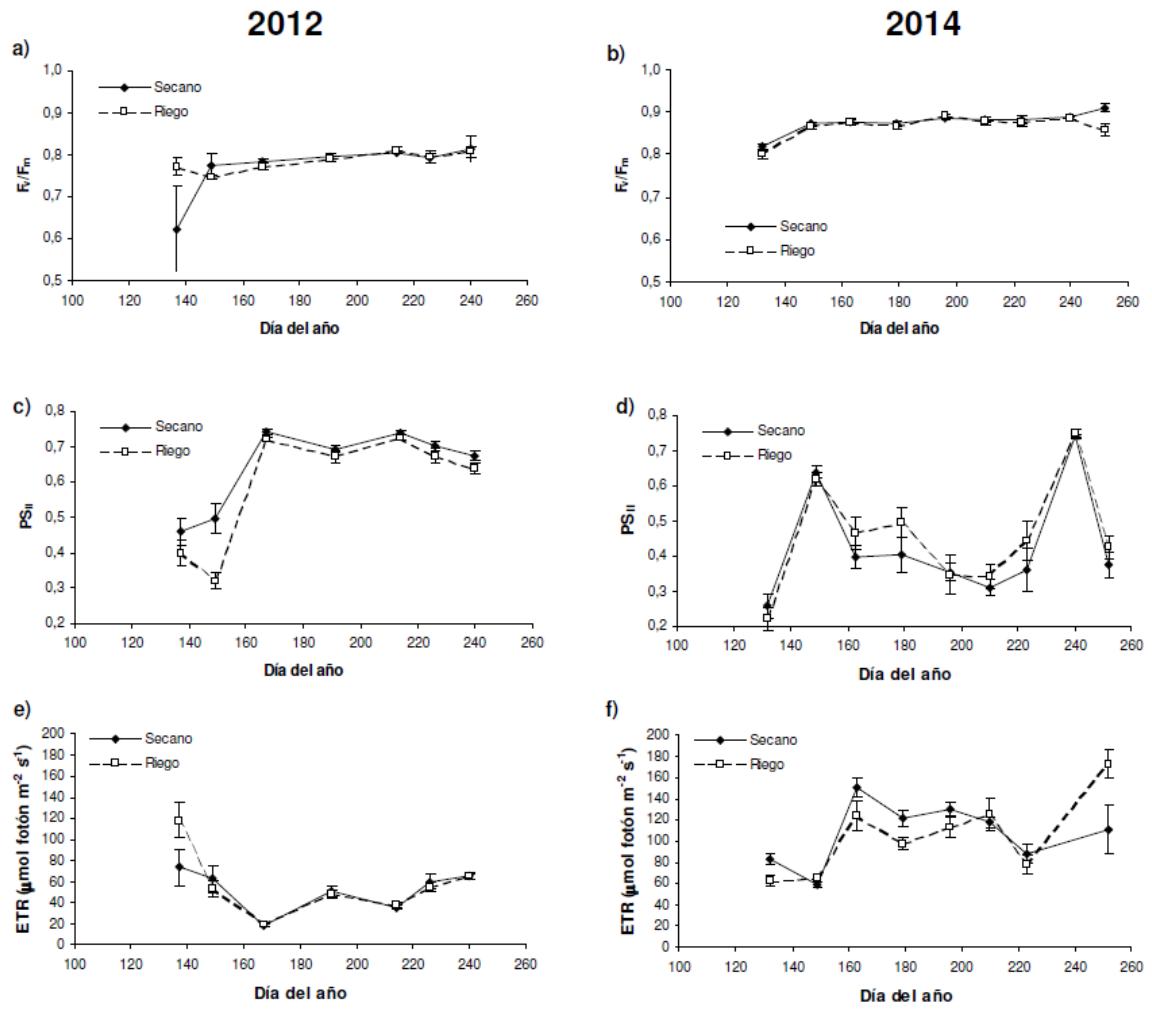


Figura 65. Evolución de los parámetros de fluorescencia de la clorofila (Fv/Fm, PSII y ETR) para la variedad Godello (2012 y 2014).

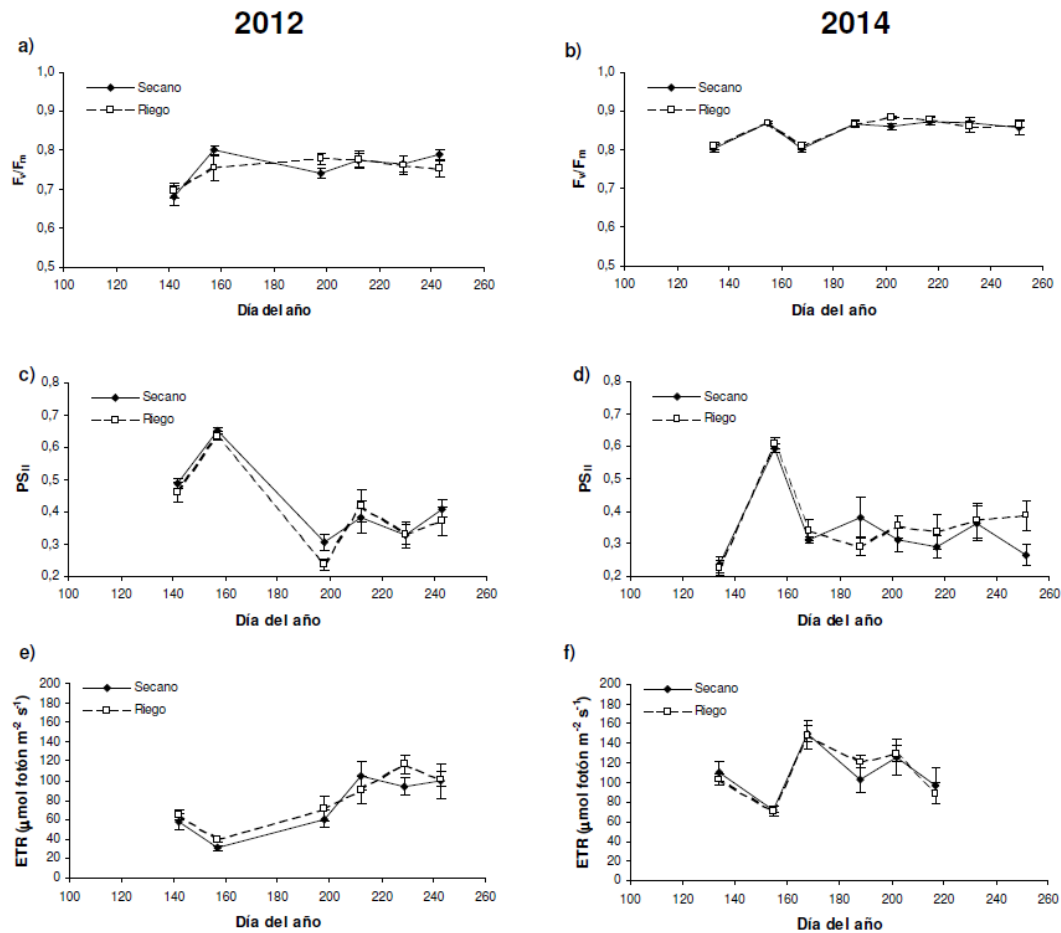


Figura 66. Evolución de los parámetros de fluorescencia de la clorofila (F_v/F_m , PS_{II} y ETR) para la variedad Treixadura (2012 y 2014).

Contenido relativo en clorofila

Los valores de CCI para la variedad Godello fueron muy similares entre tratamientos. Solamente se observaron diferencias significativas hacia el final de la campaña 2013. Sin embargo, las plantas de Treixadura regadas mostraron valores significativamente mayores de CCI que las mantenidas en secano (Figura 67), particularmente en el año 2014.

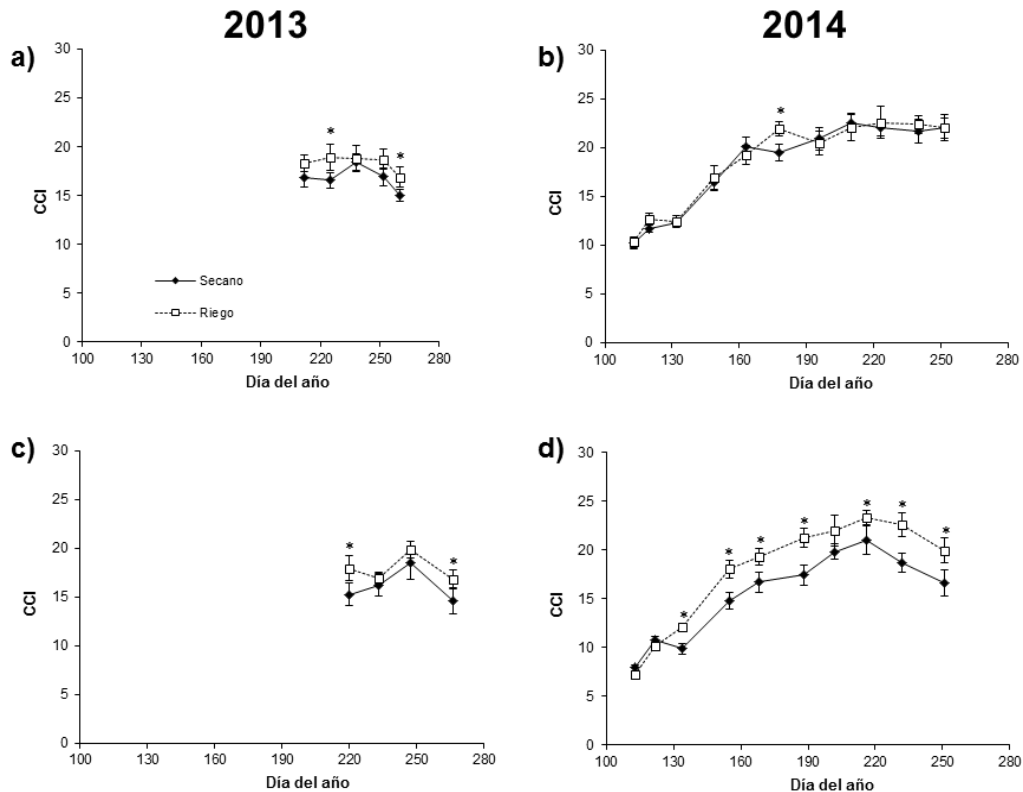


Figura 67. Evolución del valor de índice de contenido en clorofila (CCI) a lo largo de las campañas 2013 y 2014 para las variedades Godello (a y b) y Treixadura (c y d) sometidas a tratamientos de secano y riego. Valores medios \pm errores típicos. Los asteriscos indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

Estos valores de CCI reflejaron diferencias en los contenidos de pigmentos fotosintéticos entre tratamientos, demostrando que esta técnica no invasiva puede resultar de utilidad para estudios agronómicos ya que los valores de CCI están correlacionados con el contenido total en clorofila de las hojas (Richardson et al., 2002). Las cepas de Treixadura bajo riego mostraron valores de CCI significativamente más altos que los de secano en 2013 y 2014; mientras que este resultado sólo se observó para Godello en 2013. Esto sugiere que la composición de clorofila de la hoja es sensible al estrés hídrico, que podría ocasionar una degradación de la clorofila más rápida con cambios en la composición de la membrana de los tilacoides y, por tanto, un descenso en el contenido en clorofila (Smirnoff, 1993). Simultáneamente, esto podría suponer un importante mecanismo para evitar que elevados valores de radiación solar dañen al aparato fotosintético (Chaves et al., 2002). De hecho, la sequía, las altas temperaturas y la radiación solar provocan, generalmente, menores concentraciones de pigmentos

fotosintéticos (clorofila y carotenoides) en las hojas y, de este modo, las hojas presentan un color verde más claro y, en consecuencia, una capacidad de reflectancia más elevada.

Crecimiento vegetativo y producción

En el caso de la variedad Godello, la mayoría de los parámetros de crecimiento vegetativo y rendimiento no se vieron afectados por el tratamiento de riego. Sin embargo, el área foliar expuesta y el peso de madera de poda fueron significativamente mayores en las vides regadas en 2012 y 2014, respectivamente (Tabla 22). En cuanto a los parámetros productivos de esta variedad, ninguno de ellos se ha visto afectado por el tratamiento de riego en las tres campañas estudiadas e, incluso, en la última campaña la producción fue ligeramente inferior en el tratamiento de riego que en el de secano.

Tabla 22. Parámetros de crecimiento vegetativo y rendimiento de las variedades Godello y Treixadura sometidas a tratamientos de secano y riego (2012 - 2014).

Parámetro	Año	Godello		Treixadura	
		Secano	Riego	Secano	Riego
Área foliar expuesta (m ² m ⁻²)	2012	1,15 a	1,20 b	1,03 a	1,06 a
	2014	1,53 a	1,54 a	1,21 a	1,34 b
Producción (kg planta ⁻¹)	2012	4,91 a	4,89 a	3,87 a	4,21 a
	2013	4,73 a	4,91 a	2,90 a	2,85 a
	2014	6,84 a	6,56 a	3,82 a	5,05 b
Racimos por planta	2012	43,37 a	42,63 a	24,33 a	22,23 a
	2013	30,17 a	35,25 a	17,29 a	16,33 a
	2014	51,71 a	50,29 a	22,38 a	26,42 b
Peso racimo (g)	2012	114,69 a	115,69 a	147,04 a	185,00 b
	2013	160,15 b	137,38 a	156,38 a	166,48 a
	2014	131,69 a	129,21 a	164,08 a	190,92 b
Peso baya (g)	2012	1,93 a	1,86 a	1,96 a	2,09 a
	2013	1,69 a	1,87 a	1,64 a	1,81 b
	2014	2,14 a	2,31 a	2,42 a	2,56 a
Madera poda (kg planta ⁻¹)	2012	1,65 a	1,40 a	0,87 a	1,06 b
	2013	1,18 a	1,12 a	0,68 a	0,87 b
	2014	1,72 a	2,03 b	1,14 a	1,39 b

Letras diferentes para cada variedad y año indican diferencias significativas entre tratamientos a $p < 0,05$.

Por el contrario, la mayoría de estos parámetros se vieron afectados por el riego en el caso de Treixadura, al menos en alguna de las tres campañas consideradas (Tabla 22). El área foliar expuesta fue mayor en las vides regadas en 2014. El peso de madera de poda fue significativamente superior en las vides regadas que en las de secano durante los tres años de estudio. El rendimiento fue significativamente mayor en las vides regadas en 2014, debido a un mayor número y peso de racimos. Finalmente, en 2013, el peso de las bayas de las vides regadas fue mayor que el de las viñas de secano.

En resumen, el área foliar expuesta y el peso de madera de poda fueron superiores en el tratamiento de riego, aunque estas diferencias no siempre fueron significativas. En general, estos resultados sugieren que el crecimiento vegetativo de la vid fue estimulado por el agua aplicada. Sin embargo, no se observó una relación lineal entre estos atributos y la cantidad de agua aplicada, al contrario de lo observado por Intrigliolo y Castel (2010) para la variedad Tempranillo en condiciones de clima mediterráneo.

El rendimiento no se ha visto afectado por el riego, a excepción del caso de la variedad Treixadura en 2014, cuando las vides regadas presentaron rendimientos significativamente más altos que las de secano. Esto está en desacuerdo con los efectos del riego sobre el rendimiento observados por otros autores en diferentes cultivares de vid y condiciones climáticas (Basile et al., 2012; Dos Santos et al., 2007; Gouveia et al., 2012; Intrigliolo y Castel, 2010; Myburgh, 2011; Naor et al., 1993; Reynolds et al., 2007). Sin embargo, Junquera et al. (2012) y Lanari et al. (2014) no detectaron ninguna diferencia significativa en el rendimiento hasta el tercer año de experimentos, como ha sucedido en el presente estudio.

Esta discrepancia puede explicarse de diferentes maneras. En 2012, el primer año del ensayo, el número potencial de racimos por planta vino determinado del año precedente, antes de que comenzase el experimento. Además, los carbohidratos que se encontraban en las reservas pueden ser movilizados bajo una elevada demanda de la planta, con lo que la reserva del año anterior podría ser utilizada en cualquier campaña, enmascarando los efectos de las condiciones que predominen en la citada campaña. Por último, bajo condiciones de campo, los eventos de lluvia así como el volumen y las características del suelo explorado por las raíces pueden reducir el efecto sobre la respuesta en rendimiento de la planta bajo limitaciones de riego. Asimismo, la

precipitación anual registrada durante los tres años de estudio (superior siempre a 850 mm anuales) y la capacidad de almacenamiento de agua por parte del suelo pueden haber sido suficientes para cubrir las necesidades hídricas de la vid bajo las condiciones del presente estudio. De este modo, la respuesta de un viñedo durante una campaña concreta viene determinada por la historia del cultivo (Junquera et al., 2012).

En la mayoría de los años no se observaron diferencias significativas entre tratamientos para el número de racimos por cepa, peso de racimo y peso de la baya. Esto sugiere que el riego aportado no tuvo un efecto en el aumento de producción. Estos resultados están de acuerdo con estudios sobre 'Tempranillo' en el este de España (Intrigliolo y Castel, 2010) y en 'Touriga Nacional' en Portugal (Gouveia et al., 2012). Teniendo en cuenta las características de clima y suelo de nuestra zona, la cantidad de agua aportada por las precipitaciones junto con el almacenamiento de agua en el suelo resultaron suficientes para garantizar la correcta transpiración de la vid hasta julio. Es por ello que se ha observado un lento desarrollo de condiciones de estrés hídrico, que fue solo de ligero a moderado a lo largo de las tres campañas de estudio, siendo las cepas en secano las que alcanzaron potenciales hídricos más negativos en comparación con las plantas regadas solamente al final de la campaña (finales de julio y agosto), tras la diferenciación de los brotes.

Controles de maduración de las variedades estudiadas

La evolución de los parámetros de maduración fue similar para ambas variedades y tratamientos en la campaña 2012, si bien los valores finales de sólidos solubles y pH fueron ligeramente inferiores en el caso de las plantas regadas, mientras que el valor de acidez total y el de peso de baya fueron ligeramente más elevados en el tratamiento de riego (Tabla 23).

Tabla 23. Resultados de los controles de maduración para las variedades Godello y Treixadura sometidas a tratamientos de secano y riego durante la campaña 2012.

Parámetro	Fecha	Godello		Fecha	Treixadura	
	2012	Secano	Riego	2012	Secano	Riego
Sólidos solubles (°Brix)	24/08	17,53	17,40	24/08	14,40	13,47
	03/09	20,53	20,33	05/09	17,87	17,23
	11/09	24,62	24,07	12/09	20,34	19,57
				21/09	24,21	23,54
Acidez total (g L ⁻¹ ácido tartárico)	24/08	12,40	15,20	24/08	15,34	18,29
	03/09	8,77	9,20	05/09	9,27	10,83
	11/09	7,70	8,25	12/09	6,78	7,90
				21/09	5,82	6,27
pH	24/08	2,99	2,93	24/08	2,98	2,87
	03/09	3,10	3,00	05/09	3,12	3,01
	11/09	3,19	3,11	12/09	3,34	3,19
				21/09	3,47	3,35
Peso 50 bayas (g)	24/08	86,99	92,04	24/08	69,46	71,07
	03/09	90,83	90,43	05/09	89,69	89,76
	11/09	96,41	93,20	12/09	89,69	92,27
				21/09	98,28	104,49

En el caso de la campaña 2013, se observaron las mismas tendencias que en la campaña anterior (Tabla 24). Si bien, las diferencias en cuanto a peso de baya fueron más importantes que en el año anterior, siendo el valor de este parámetro más elevado bajo condiciones de riego en las dos variedades estudiadas. Además, en el caso de Treixadura, el valor de pH fue 0,1 puntos inferior en el tratamiento de riego que en el secano en fecha de vendimia.

Tabla 24. Resultados de los controles de maduración para las variedades Godello y Treixadura sometidas a tratamientos de secano y riego durante la campaña 2013.

Parámetro	Fecha	Godello		Fecha	Treixadura	
	2013	Secano	Riego	2013	Secano	Riego
Sólidos solubles (°Brix)	29/08	18,93	18,33	03/09	19,17	18,33
	04/09	21,03	19,87	09/09	20,00	19,13
	11/09	21,07	21,07	12/09	20,93	20,47
Acidez total (g L ⁻¹ ácido tartárico)	29/08	10,03	11,28	03/09	7,83	9,38
	04/09	7,65	7,73	09/09	7,38	8,22
	11/09	7,60	8,30	12/09	7,10	7,77
pH	29/08	3,10	3,00	03/09	3,24	3,20
	04/09	3,17	3,11	09/09	3,31	3,22
	11/09	3,17	3,15	12/09	3,37	3,27
Peso 50 bayas (g)	29/08	75,35	87,19	03/09	81,82	92,43
	04/09	78,33	87,16	09/09	84,08	94,33
	11/09	84,35	93,39	12/09	82,13	90,13

Por último, en el caso de la campaña 2014 (Tabla 25), los resultados observados en los controles de maduración fueron muy similares a los encontrados en las dos campañas anteriores.

Tabla 25. Resultados de los controles de maduración para las variedades Godello y Treixadura sometidas a tratamientos de secano y riego durante la campaña 2014.

Parámetro	Fecha	Godello		Fecha	Treixadura	
	2014	Secano	Riego	2014	Secano	Riego
Sólidos solubles (°Brix)	26/08	19,73	19,00	27/08	17,73	18,00
	02/09	21,27	21,73	04/09	19,93	19,27
	08/09	21,73	21,67	11/09	21,60	21,13
Acidez total (g L ⁻¹ ácido tartárico)	26/08	7,95	8,05	27/08	7,80	8,70
	02/09	8,05	7,95	04/09	6,30	6,50
	08/09	6,53	6,60	11/09	5,85	5,30
pH	26/08	3,06	3,04	27/08	3,11	3,04
	02/09	3,06	3,06	04/09	3,28	3,19
	08/09	3,19	3,15	11/09	3,43	3,36
Peso 50 bayas (g)	26/08	104,01	114,27	27/08	118,90	112,78
	02/09	101,77	113,45	04/09	117,07	131,11
	08/09	107,17	115,68	11/09	120,91	128,22

Parámetros de calidad de los mostos

En este trabajo, la mayoría de los parámetros de calidad del mosto no se han visto afectados por el riego en ninguna de las dos variedades consideradas (Tabla 26). En el caso de Godello, se han observado diferencias significativas entre tratamientos solo en 2014, cuando la acidez total y el contenido en ácido tartárico fueron superiores bajo condiciones de riego. El caso contrario se observó para el pH (Tabla 26).

En el caso de los mostos de la variedad Treixadura, se observaron valores de acidez total más elevados en el tratamiento de riego para las campañas de 2013 y 2014. Además, en 2014, los mostos procedentes del tratamiento de secano presentaron un contenido en sólidos solubles superior y un menor contenido en ácido tartárico que los mostos procedentes del tratamiento de riego (Tabla 26).

Tabla 26. Parámetros de calidad de los mostos de las variedades Godello y Treixadura bajo condiciones de secano y riego durante cada campaña estudiada (2012-2014).

Parámetro	Año	Godello		Treixadura	
		Secano	Riego	Secano	Riego
Sólidos solubles (°Brix)	2012	22,5 a	22,2 a	22,4 a	22,6 a
	2013	24,0 a	23,2 a	24,9 a	24,9 a
	2014	24,1 b	23,3 a	22,7 b	21,7 a
Acidez total (g L ⁻¹ ácido tartárico)	2012	7,7 a	8,2 a	5,6 a	5,7 a
	2013	6,3 a	7,2 a	5,1 a	5,8 b
	2014	6,3 a	6,9 b	5,8 a	6,3 b
pH	2012	3,22 a	3,14 a	3,42 a	3,39 a
	2013	3,28 a	3,24 a	3,64 a	3,53 a
	2014	3,31 b	3,23 a	3,55 a	3,47 a
Acido Tartárico (g L ⁻¹)	2012	8,7 a	9,0 a	5,5 a	5,4 a
	2013	8,0 a	8,2 a	6,3 a	6,5 a
	2014	7,7 a	8,3 b	6,5 a	7,2 b
Acido Málico (g L ⁻¹)	2012	2,5 a	2,6 a	2,8 a	2,9 a
	2013	2,3 a	2,7 a	2,5 a	2,8 a
	2014	2,5 a	2,7 a	3,5 a	3,5 a

Letras diferentes para cada variedad y año indican diferencias significativas entre tratamientos a $p < 0,05$.

El riego provocó algunos efectos negativos sobre la composición de los mostos, dependiendo del objetivo final del enólogo. Ambas variedades mostraron valores significativamente más bajos de sólidos solubles totales bajo riego en 2014, lo que es consistente con estudios anteriores en otras regiones y variedades (por ejemplo, dos Santos et al., 2003; Intrigliolo y Castel, 2008; Reynolds et al, 2007). Sin embargo, estas diferencias no fueron significativas en 2012 y 2013, como han observado otros autores en otras variedades (Lanari et al., 2014). La acidez total fue generalmente mayor en los mostos de vides bajo riego que en las de secano, aunque no se observaron grandes efectos sobre el pH y ambos parámetros se encontraron dentro de rangos aceptables. En 2014, el contenido de ácido tartárico también fue mayor en los mostos de cepas regadas; mientras que no se detectaron diferencias para el ácido málico. Estos resultados pueden

ser atribuidos a un retraso en la maduración por efecto del riego y a un efecto de dilución causado por un aumento del tamaño de la baya. Además, el mayor vigor de las plantas regadas pudo haber provocado un microclima desfavorable en la zona de los racimos, reduciendo la exposición directa de los mismos a la radiación solar, lo que disminuye la degradación de los ácidos en las bayas. Cabe considerar que ambos tratamientos han sido vendimiados en la misma fecha, tomando como datos de referencia para determinar la fecha de vendimia los valores medidos para el tratamiento en seco.

Control de fermentaciones

La densidad del mosto, tanto de Godello como de Treixadura, durante el proceso de fermentación siguió una evolución adecuada, acorde con lo esperado para mostos de estas variedades inoculados con *Saccharomyces cerevisiae* (Blanco et al., 2012, 2013), sin observarse problemas de fermentación en ninguna de las campañas consideradas en la presente tesis (Figura 68).

Asimismo, no se aprecian diferencias significativas en la velocidad de la fermentación según el tratamiento de riego impuesto en campo para ninguna de las variedades y campañas estudiadas y las fermentaciones finalizaron el mismo día (Figura 68).

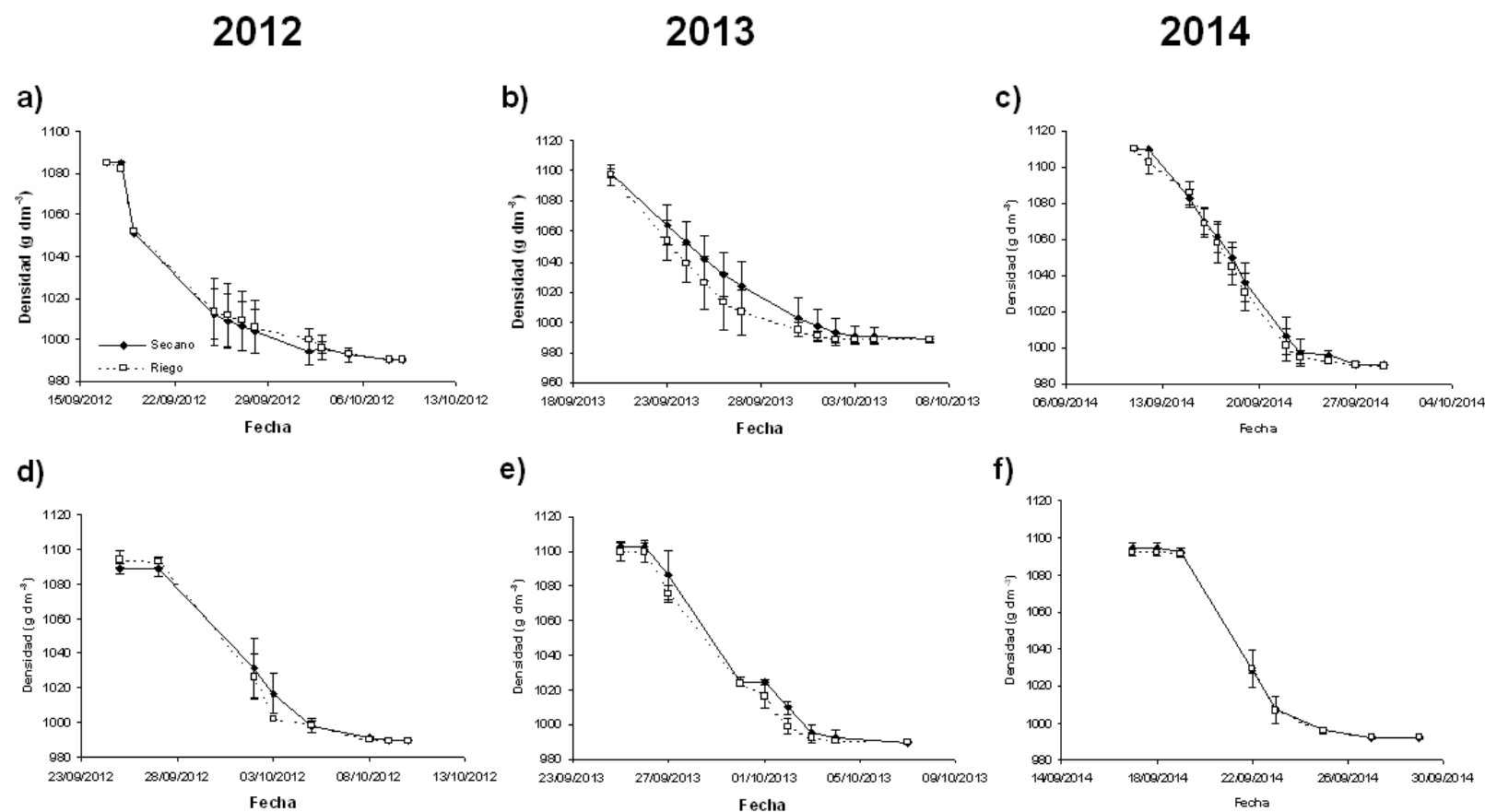


Figura 68. Cinética de las fermentaciones de mostos de las variedades Godello (a, b y c) y Treixadura (d, e y f) sometidas a tratamientos de secano y riego (2012 – 2014). Valores medios \pm desviaciones típicas.

Parámetros de calidad de los vinos

Los parámetros de calidad de los vinos reflejan las tendencias observadas en los mostos, aunque no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos para ambas variedades, a excepción del contenido en ácido málico en 2014 para los vinos de Treixadura, cuando los vinos del tratamiento de secano mostraron un contenido significativamente más alto en ácido málico que los del tratamiento de riego. Sin embargo, se observa una tendencia a obtener vinos más ácidos y con menores graduaciones alcohólicas bajo el tratamiento de riego (Tabla 27).

Tabla 27. Parámetros de calidad de los vinos de las variedades Godello y Treixadura bajo condiciones de secano y riego durante cada campaña estudiada (2012-2014).

Parámetro	Año	Godello		Treixadura	
		Secano	Riego	Secano	Riego
Grado alcohólico (% Vol)	2012	13,6 a	13,3 a	13,4 a	13,5 a
	2013	13,9 a	13,5 a	14,6 a	14,1 a
	2014	14,7 a	14,7 a	13,6 a	13,1 a
Acidez total (g L ⁻¹ ácido Tartárico)	2012	7,4 a	8,1 a	6,6 a	6,9 a
	2013	7,7 a	8,5 a	7,2 a	7,9 a
	2014	7,5 a	7,9 a	6,9 a	7,1 a
pH	2012	3,08 a	2,97 a	3,41 a	3,34 a
	2013	3,22 a	3,10 a	3,45 a	3,33 a
	2014	3,21 a	3,11 a	3,48 a	3,38 a
Acido tartárico(g L ⁻¹)	2012	4,2 a	4,9 a	3,2 a	3,5 a
	2013	3,4 a	4,1 a	2,7 a	3,3 a
	2014	3,7 a	4,4 a	1,5 a	2,1 a
Acido Málico (g L ⁻¹)	2012	1,8 a	1,8 a	2,3 a	2,1 a
	2013	2,4 a	2,4 a	2,7 a	2,7 a
	2014	2,2 a	2,1 a	3,1 b	2,7 a
Potasio (g L ⁻¹)	2012	0,68 a	0,64 a	0,84 a	0,96 a
	2013	0,95 a	0,90 a	1,03 a	0,95 a
	2014	0,73 a	0,62 a	1,03 a	0,97 a

Letras diferentes para cada variedad y año indican diferencias significativas entre tratamientos a $p < 0,05$.

A pesar de que apenas existen diferencias significativas entre tratamientos para los parámetros de calidad de los vinos, las ligeras variaciones que se han observado

podrían ser detectadas a nivel sensorial, como ha sido observado por Trigo-Córdoba et al. (2014).

Catas de consumidores

Los resultados obtenidos en las catas de consumidores presentaron una gran heterogeneidad debida a los hábitos de consumo de vino de los participantes en las mismas. En este apartado nos referiremos, simplemente, a dos parámetros de respuesta: la apreciación global de los vinos de cada tratamiento y el orden de preferencia de vinos presentado por los participantes.

En la campaña 2012, la mayoría de los consumidores calificaron preferentemente como “normal” los vinos de Godello, siendo el porcentaje de participantes diferente según el vino procediese de secano (44%) o de riego (33%). Destaca el dato de que a un 26% de los consumidores no les gustó el vino procedente del tratamiento de riego, mientras que tan solo un 15% indicó lo mismo para el vino procedente del tratamiento de secano (Figura 69).

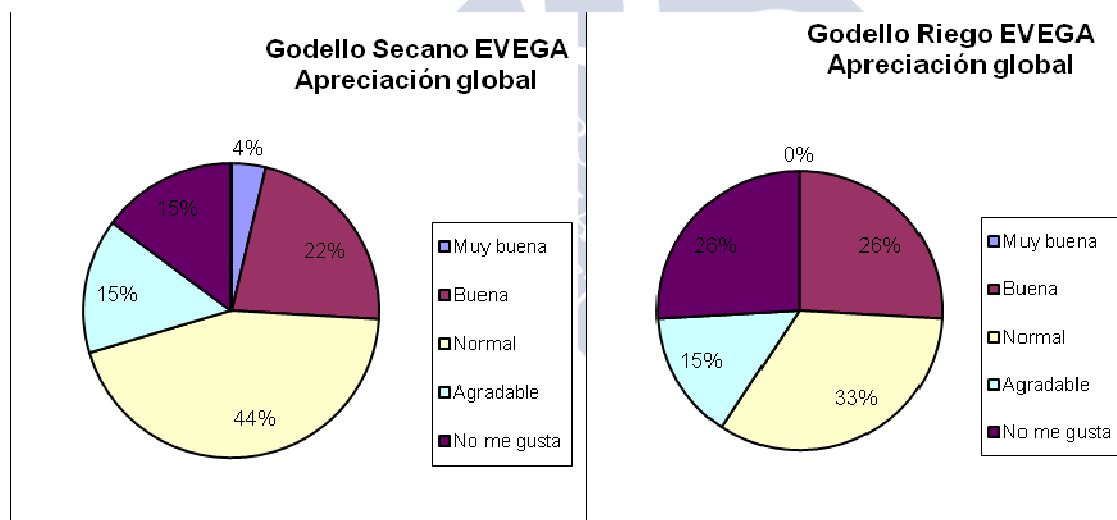


Figura 69. Resultados de apreciación global por parte de los consumidores de los vinos de Godello de la campaña 2012 según el tratamiento impuesto en campo.

En la campaña 2013, los vinos de Godello fueron clasificados prácticamente de la misma manera por los consumidores, independientemente de su tratamiento de procedencia (Figura 70).

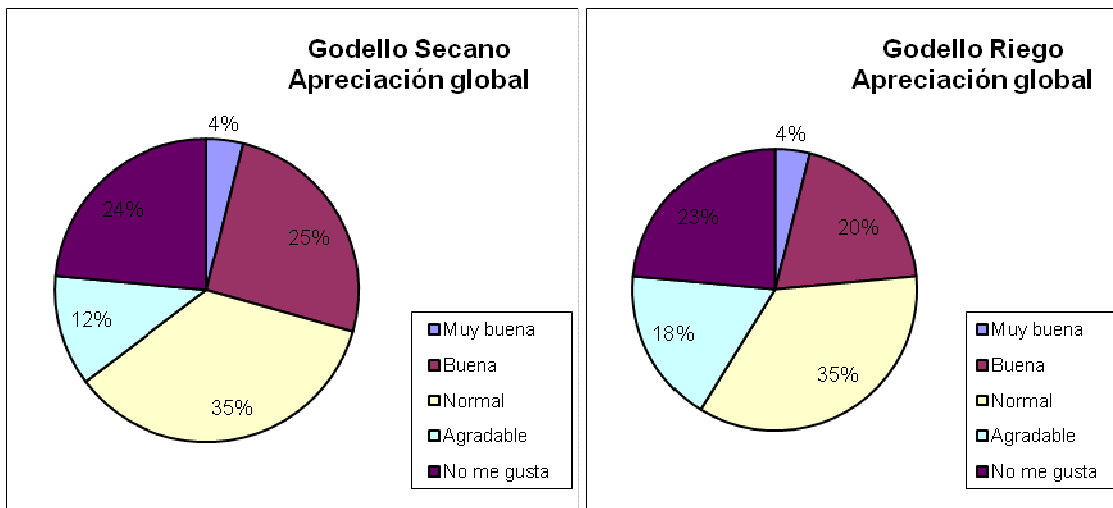


Figura 70. Resultados de apreciación global por parte de los consumidores de los vinos de Godello de la campaña 2013 según el tratamiento impuesto en campo.

En la campaña 2014, la respuesta de los consumidores a los vinos de Godello (Figura 71) fue prácticamente la misma según se trataran de vinos procedentes de secano o de riego.

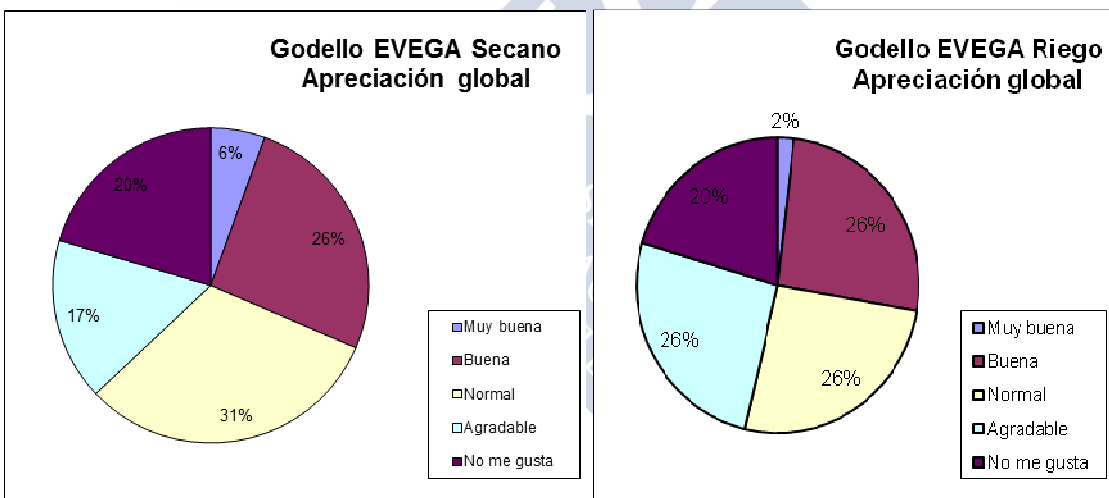


Figura 71. Resultados de apreciación global por parte de los consumidores de los vinos de Godello de la campaña 2014 según el tratamiento impuesto en campo.

En el caso de la variedad Treixadura (Figura 72), la principal diferencia de respuesta en los consumidores con respecto al tratamiento de secano o riego fue que los vinos procedentes del secano fueron mayoritariamente clasificados como “normal” (39%), mientras que los del tratamiento de riego lo fueron como “agradable” (37%). Si bien, un 30% de consumidores calificaron los vinos procedentes del tratamiento riego,

como de calidad “muy buena” y “buena”, frente al 24% como “buena” en el caso de los vinos procedentes del secano.

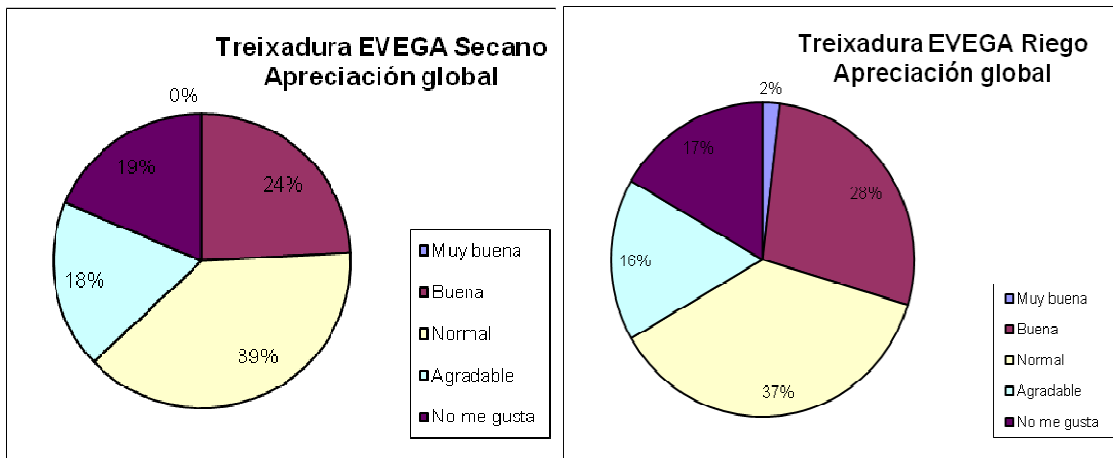


Figura 72. Resultados de apreciación global por parte de los consumidores de los vinos de Treixadura de la campaña 2012 según el tratamiento impuesto en campo.

En el caso de los vinos de Treixadura de la campaña 2013 (Figura 73), apenas se apreciaron diferencias en la respuesta de los consumidores al tratamiento del que provenían los vinos.

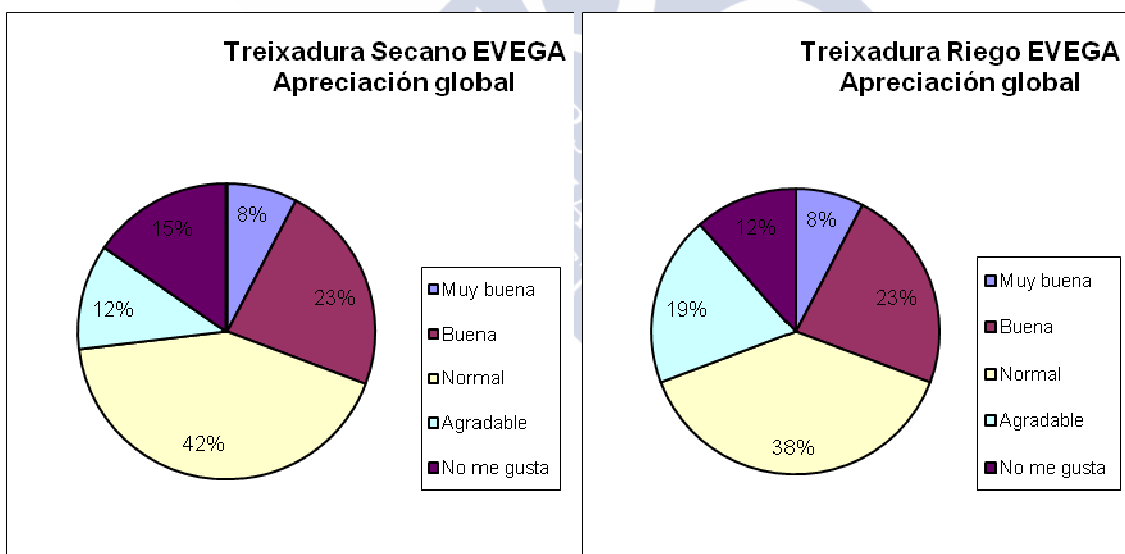


Figura 73. Resultados de apreciación global por parte de los consumidores de los vinos de Treixadura de la campaña 2013 según el tratamiento impuesto en campo.

En el caso de la variedad Treixadura para la campaña 2014 (Figura 74), la principal diferencia de respuesta en los consumidores con respecto al tratamiento de secano o riego fue que los vinos procedentes del secano fueron mayoritariamente clasificados como de calidad “buena” (38%), mientras que los del tratamiento de riego lo fueron como “normal” (35%).

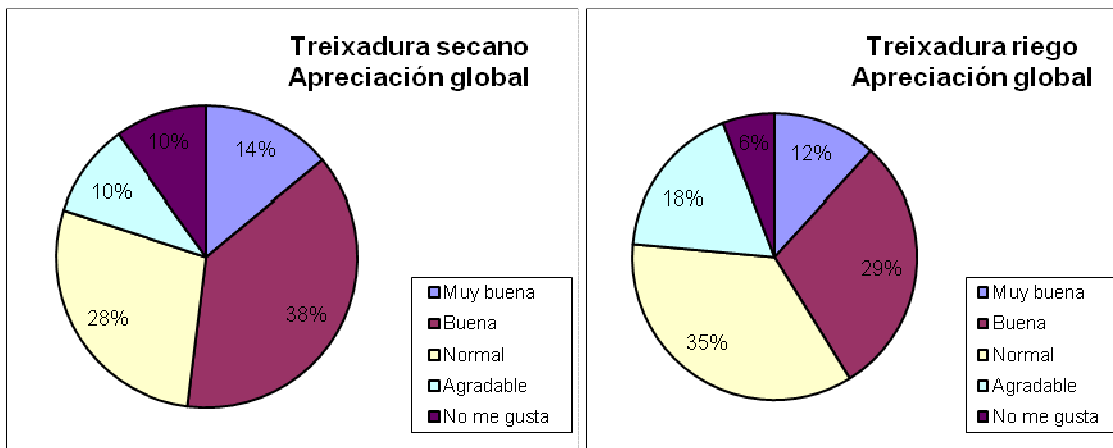


Figura 74. Resultados de apreciación global por parte de los consumidores de los vinos de Treixadura de la campaña 2014 según el tratamiento impuesto en campo.

En cuanto a los órdenes de preferencia (Tabla 28), estos fueron muy variables según la campaña considerada. En la campaña 2012, el vino de Godello procedente de secano fue preferido por los consumidores con respecto al de riego; observándose lo opuesto para la variedad Treixadura. En la campaña 2013, el vino de Godello procedente de secano fue ligeramente preferido por los consumidores con respecto al de riego; en el caso de la variedad Treixadura, el vino de secano también fue preferido por los consumidores en relación al de riego, si bien con una diferencia más clara que para la variedad Godello. Finalmente, en 2014, las diferencias de preferencia no han sido muy claras, aunque existe una cierta tendencia a decantarse por los vinos de secano.

Tabla 28 . Órdenes de preferencia por parte de los consumidores de los vinos de Godello y Treixadura de las campañas 2012 a 2014 según el tratamiento impuesto en campo.

2012			2013			2014		
<i>Orden de preferencia</i>			<i>Orden de preferencia</i>			<i>Orden de preferencia</i>		
<i>Muestra</i>	<i>1º</i>	<i>2º</i>	<i>Muestra</i>	<i>1º</i>	<i>2º</i>	<i>Muestra</i>	<i>1º</i>	<i>2º</i>
<i>Godello Secano</i>	28	10	<i>Godello Secano</i>	30	24	<i>Godello Secano</i>	29	22
<i>Godello Riego</i>	10	28	<i>Godello Riego</i>	24	30	<i>Godello Riego</i>	22	29
<hr/>								
<i>Treixadura Secano</i>	13	25	<i>Treixadura Secano</i>	34	21	<i>Treixadura Secano</i>	27	24
<i>Treixadura Riego</i>	25	13	<i>Treixadura Riego</i>	21	34	<i>Treixadura Riego</i>	24	27

3.2. Ensayo Cubiertas vegetales

Los valores de porcentaje de cobertura para el tratamiento de laboreo fueron siempre menores del 5%. La tasa de cobertura de la vegetación espontánea varió entre el 65 y 75% según la campaña. De modo similar, el porcentaje de cobertura del raigrás varió del 60 al 70% según la campaña. Por el contrario, la cobertura del trébol fue inferior y osciló entre 25 y 45% dependiendo del año, los valores más bajos de cobertura vegetal se observaron en 2012 para todos los tratamientos. Dentro de la vegetación nativa se incluyen los géneros *Bromus* y *Lolium* y especies de hoja ancha (*Bellis perennis* L., *Senecio vulgaris* L., *Vicia sativa* L., géneros *Trifolium* y *Conyza*).

Caracterización del suelo. Análisis de fertilidad

No se ha realizado ningún abonado en la finca durante los tres años de realización del ensayo, como se puede observar en la Tabla 29 ya que todos los parámetros químicos han descendido de una campaña a la siguiente. No se ha observado que los descensos en los valores de los parámetros de fertilidad del suelo hayan sido más acusados en unos tratamientos de manejo que en otros.

Tabla 29. Parámetros químicos del suelo en la parcela de ensayo de cubiertas vegetales en el Ribeiro para dos fechas, una anterior al comienzo del ensayo (marzo de 2012) y otra próxima a la finalización del mismo (diciembre de 2013).

Parámetro	Unidades	Marzo 2012				Diciembre 2013			
		Labo.	Espo.	Raig.	Treb.	Labo.	Espo.	Raig.	Treb.
Arena	%	65,16	66,33	69,34	71,25	66,81	63,44	65,18	66,41
Limo		19,91	21,65	20,44	15,68	16,60	50,57	20,48	17,91
Arcilla		14,93	12,03	10,22	13,07	16,60	16,00	14,34	15,67
pH H ₂ O	-	5,9	5,9	5,8	5,6	5,95	5,85	5,71	5,61
pH KCl		4,7	4,8	4,6	4,5	4,33	4,36	4,23	4,11
Ca	cmol kg ⁻¹	2,2	1,8	1,9	1,8	1,45	1,32	0,99	0,72
Mg		1,02	0,99	0,88	0,67	0,85	0,79	0,64	0,39
Na		0,08	0,09	0,08	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08
K		1,41	1,68	1,36	1,09	1,24	1,24	1,03	0,90
Al		0,6	0,5	0,6	0,9	0,76	1,00	1,13	1,42
CIC		5,31	5,06	4,82	4,54	4,39	4,43	3,86	3,53
P		mg kg ⁻¹	49,00	57,00	46,00	53,00	41,46	42,17	41,82
M.O.	%	3,50	4,10	3,80	4,40	2,74	3,21	3,13	3,78

Labo. = laboreo, Espo. = vegetación espontánea, Raig. = raigrás, Treb. = trébol.

Fenología

No se han observado diferencias significativas entre tratamientos de manejo del suelo para la evolución de la fenología de la variedad Mencía en ninguna de las campañas experimentales (Figura 75). Asimismo, la duración de las diferentes fases del ciclo fenológico de esta variedad fue muy similar en los tres años considerados.

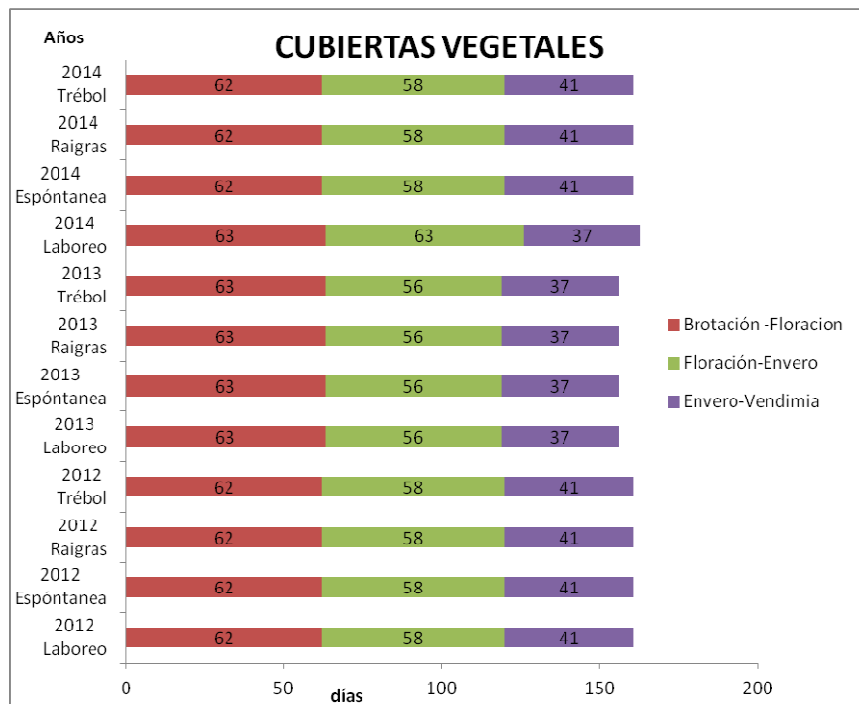


Figura 75. Evolución de la fenología de la variedad Mencía a lo largo de las tres campañas estudiadas bajo cuatro sistemas de mantenimiento del suelo diferentes.

Contenido hídrico del suelo

A lo largo del período estudiado no se han observado diferencias significativas entre tratamientos en cuanto al contenido de agua en el suelo medido a 5 cm de profundidad en las calles en las que se han implantado las diferentes cubiertas vegetales (Figura 76). Si bien, en determinadas fechas, este contenido en humedad fue ligeramente superior en el tratamiento de laboreo, especialmente en 2014.

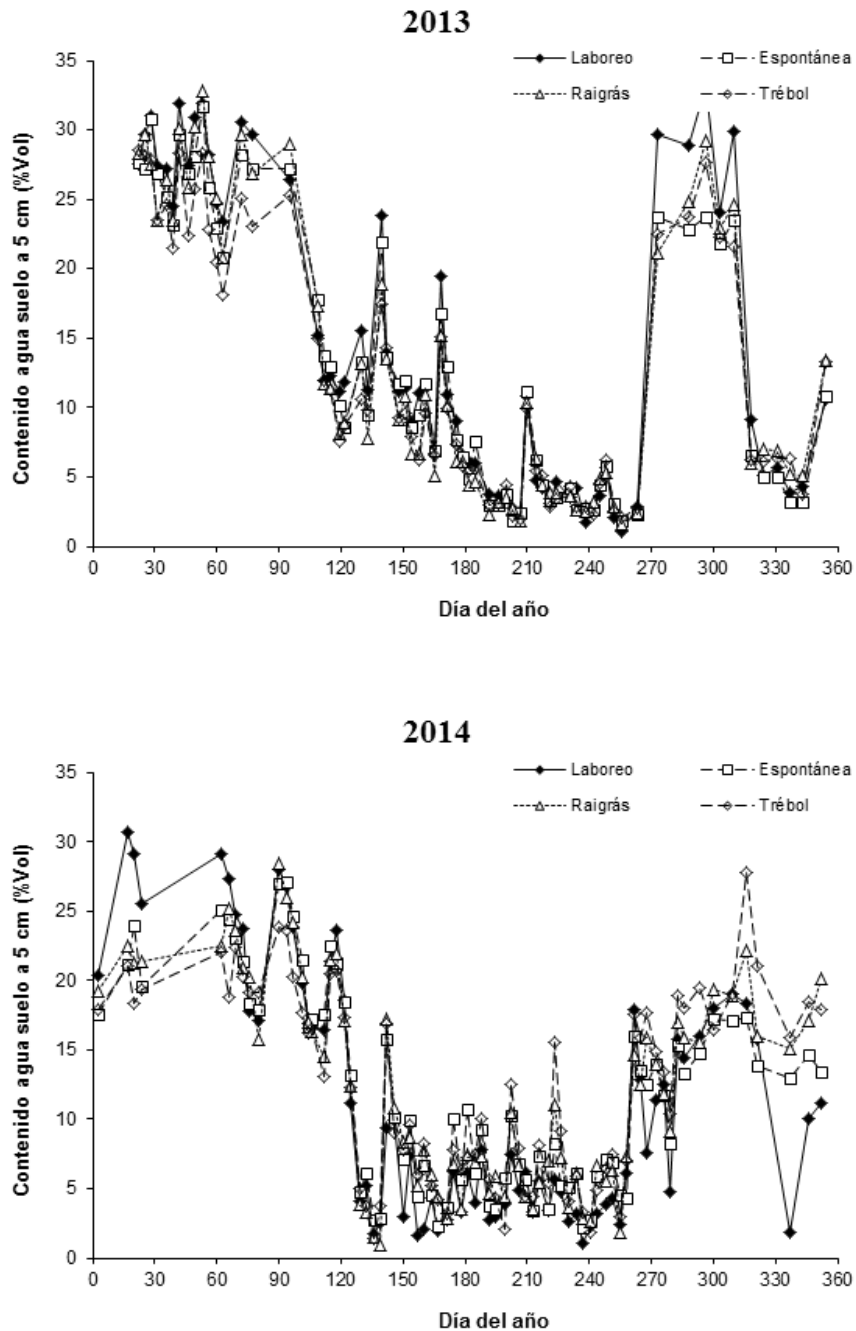


Figura 76. Evolución de la humedad del suelo en las calles según el tratamiento de mantenimiento del suelo (los datos son medias de 6 determinaciones).

En el caso del contenido volumétrico de agua en el suelo en las filas de cepas (Figura 77), la evolución de este parámetro a lo largo de la campaña fue similar entre tratamientos. Si bien, en 2012, el tratamiento de laboreo tendió a mostrar valores inferiores que el resto. En 2014, el tratamiento de cubierta con raigrás presentó una tendencia a mostrar valores superiores de contenido en agua en el suelo a 5 cm con respecto al resto de tratamientos.

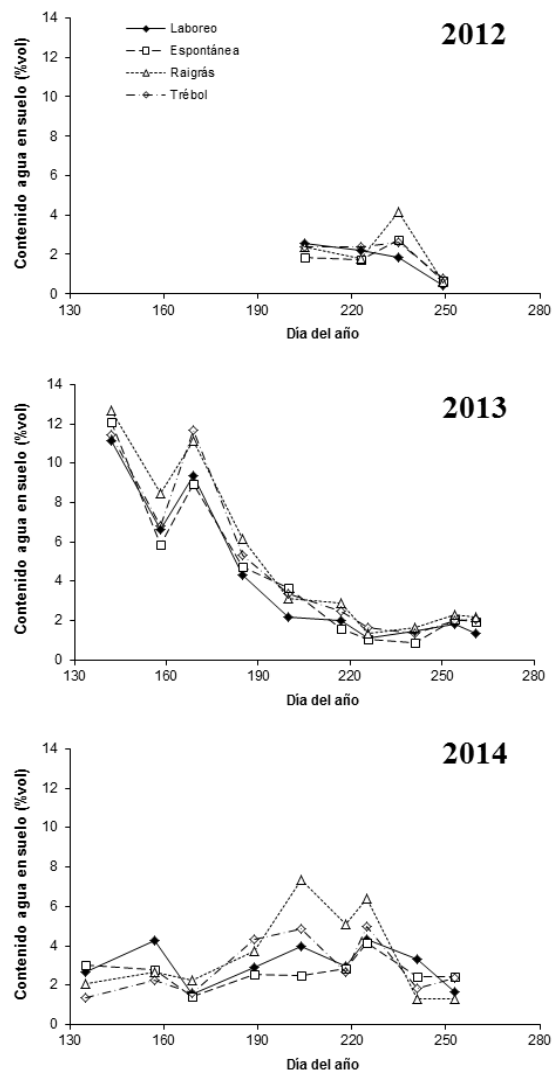


Figura 77. Evolución de la humedad del suelo en las filas de cepas según el tratamiento de mantenimiento del suelo (los datos son medias de 6 determinaciones).

Evolución del potencial hídrico y la conductancia estomática

El potencial hídrico de tallo mostró una tendencia decreciente a lo largo de la campaña para las cuatro prácticas de gestión del suelo consideradas en este estudio (Figura 78). En 2012, las cepas bajo laboreo presentaron un potencial hídrico de tallo menos negativo al final de la campaña que las cepas del resto de tratamientos. En 2013, las plantas bajo cubierta espontánea mostraron valores más negativos para el potencial hídrico de tallo, mientras que en 2014 ambos tratamientos, bajo laboreo y cubierta espontánea, mostraron valores más negativos de potencial hídrico que los de las plantas bajo raigrás y trébol.

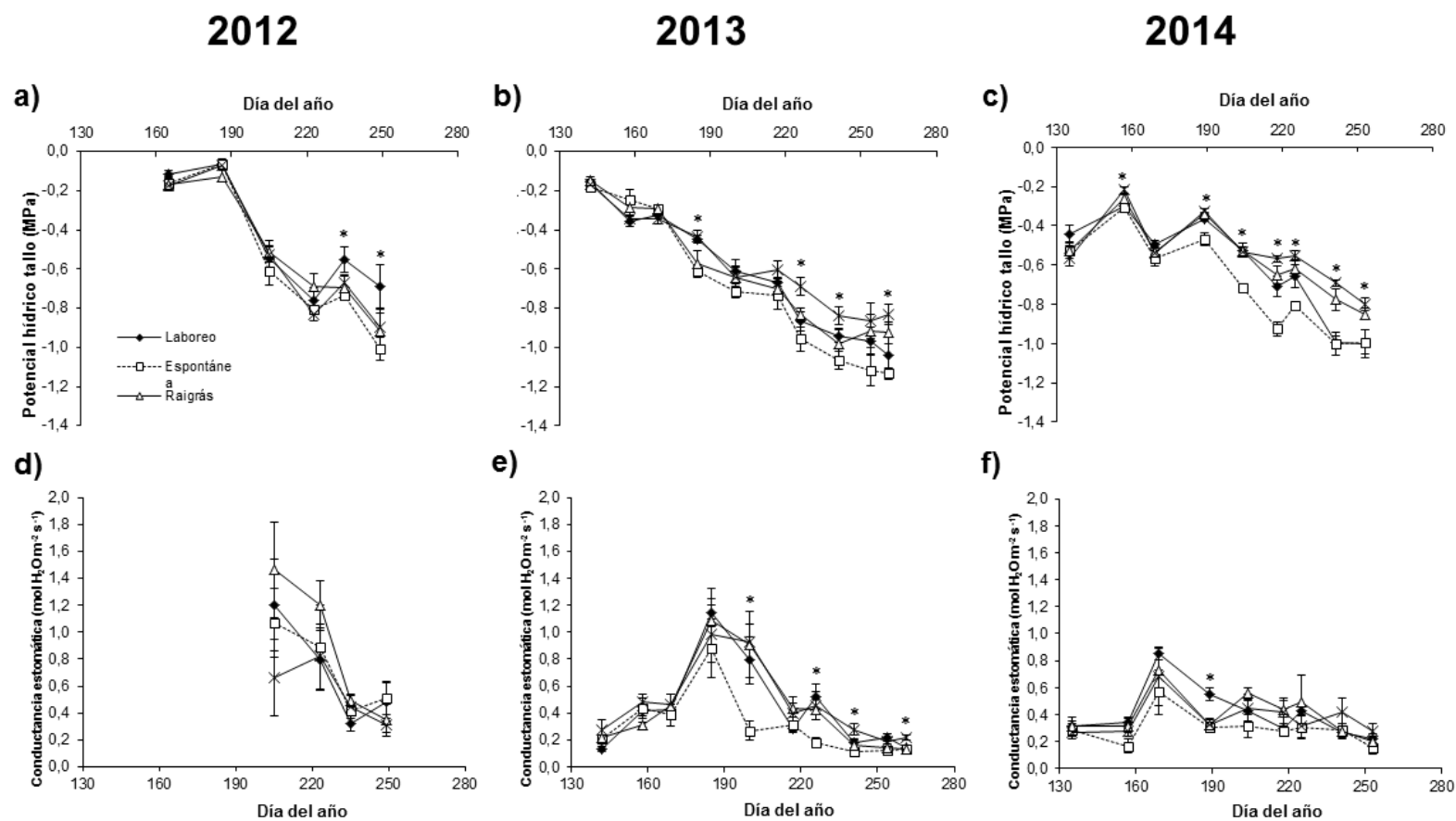


Figura 78. Evolución del potencial hídrico de tallo (a, b y c) y de la conductancia estomática (d, e y f) a lo largo de la campaña para la variedad Mencía bajo cuatro tratamientos de mantenimiento del suelo. Los valores son medias \pm errores típicos. Los asteriscos indican diferencias significativas entre tratamientos a $p < 0,05$.

La conductancia estomática mostró una evolución similar durante la campaña para todos los tratamientos considerados en este estudio (Figura 78). Debido a la alta variabilidad en las lecturas de conductancia estomática, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos en la mayoría de las fechas de medición. Sin embargo, se apreció una tendencia a que las vides bajo cubierta espontánea presentaran valores más bajos de conductancia estomática que las del resto de tratamientos.

El patrón de disminución del potencial hídrico de tallo a mediodía a lo largo de la campaña, refleja la disminución en la disponibilidad de agua en el suelo (Monteiro y Lopes, 2007). Sin embargo, las diferencias de estado hídrico de la vid entre los tratamientos no fueron muy claras en 2012, el año más seco aunque la campaña más lluviosa durante el periodo de crecimiento vegetativo, y se observaron valores de potencial hídrico de tallo ligeramente menos negativos en las vides bajo laboreo al final de la campaña, debido a la falta de competencia con los cultivos de cobertura. Sin embargo, en 2013 y 2014, con cantidades de precipitación similares, sorprendentemente, se observaron los valores de potencial hídrico de tallo menos negativos en los tratamientos de raigrás y trébol, lo que puede ser debido a la reducción de la superficie foliar de la vid en estos tratamientos, que puede haber causado una menor transpiración de estas plantas en comparación con las del laboreo, como se ha observado en estudios de riego donde las plantas bajo secano presentaban menor superficie foliar y valores de potencial hídrico menos negativos que las cepas regadas (Intrigliolo y Castel, 2010).

A pesar de estas diferencias en el estado hídrico, la conductancia estomática fue ligeramente influida por el uso de cultivos de cobertura, lo que indica una actividad fisiológica adecuada de las vides en todos los tratamientos. Las cepas del tratamiento con cubierta espontánea mostraron valores de conductancia estomática más bajos, lo que sugiere una mayor competencia en este tratamiento, probablemente debido a la presencia de especies de hoja ancha (Monteiro et al., 2008). Las conductancias estomáticas medidas en nuestro estudio fueron mucho más elevadas que las observadas por otros autores (Intrigliolo y Castel, 2009; Williams y Araujo, 2002), lo que podría haber sido causado por la disponibilidad suficiente de agua en el suelo y una humedad relativa alta (superior a 45% durante el período de estudio), por lo tanto, ausencia de restricciones de agua en las viñas y su comportamiento transpirativo podría haber estado cerca del valor óptimo para la conductancia estomática (Buckley et al., 2014). Además,

la mayoría de los datos encontrados en la bibliografía provienen de estudios realizados en regiones semi-áridas o mediterráneas (por ejemplo, de Souza et al., 2003; Intrigliolo y Castel, 2009; Romero et al., 2010), donde las vides están sometidas a mayores restricciones hídricas que las observadas en nuestro estudio. Por otra parte, Williams y Trout (2005) y Teszlák et al. (2013) encontraron valores máximos de la conductancia estomática superiores a $0,8 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ en las variedades 'Thompson Seedless' y 'Riesling', respectivamente; similares a los observados para Mencía en el presente estudio. Recientemente, en Italia, se observaron valores de conductancia estomática superiores a $1 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ en cuatro variedades sicilianas (Inzerillo et al., 2014).

Evolución de la fluorescencia de la clorofila

Los parámetros de fluorescencia reflejaron diferencias significativas entre tratamientos para determinadas fechas, aunque su comportamiento fue diferente en 2012 y 2014 (Figura 79). En ambas campañas, F_v/F_m no presentó diferencias significativas entre tratamientos. En 2012, se observaron diferencias significativas en PS_{II} , ETR fue menor en los tratamientos de laboreo y cubierta espontánea que en los tratamientos de raigrás y trébol durante el proceso de maduración de la uva. En 2014, el tratamiento de raigrás presentaba los valores más altos para PS_{II} y menores valores de ETR que los de los otros tratamientos.

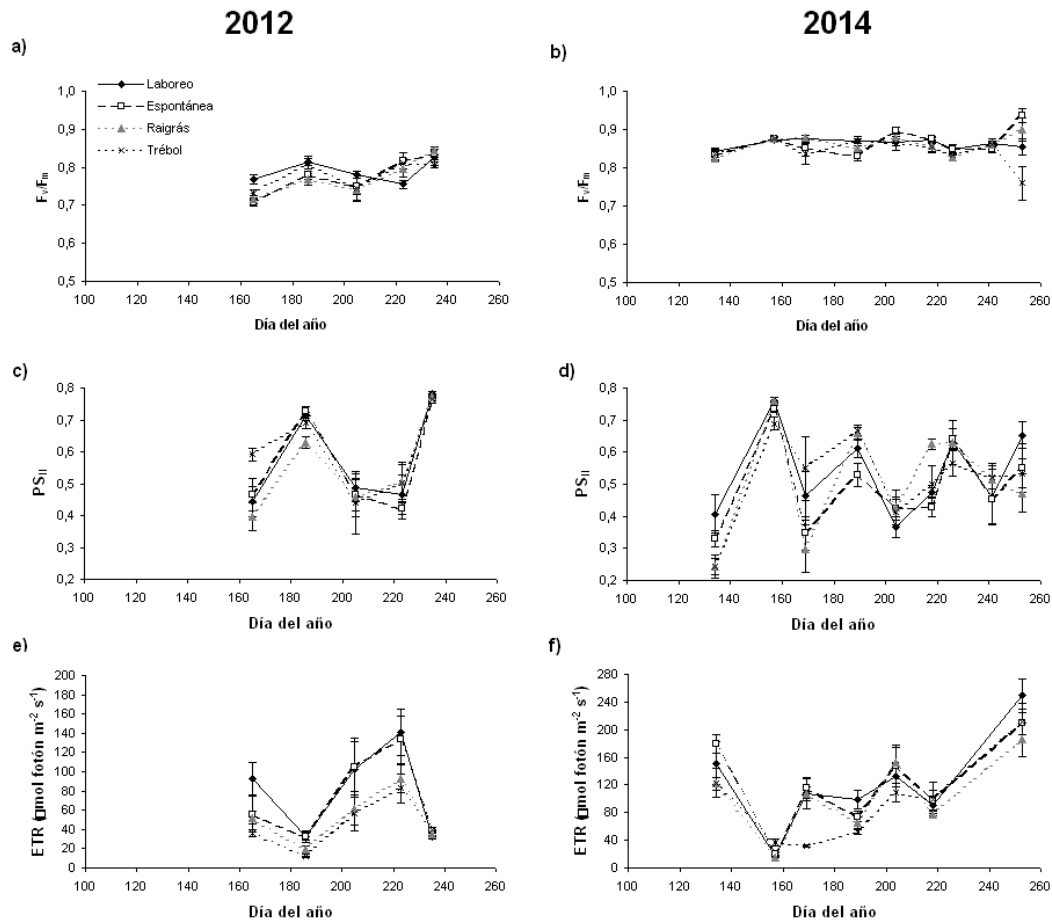


Figura 79. Evolución de los parámetros de fluorescencia de la clorofila (F_v/F_m , PS_{II} y ETR) para la variedad Mencía bajo cuatro sistemas de mantenimiento del suelo (2012 y 2014).

Por lo tanto, a nivel fotoquímico, el parámetro F_v/F_m no se ha visto afectado por las estrategias de manejo del suelo en esta variedad, lo que sugiere que este parámetro no es el indicador ideal para evaluar la influencia de los cultivos de cobertura sobre la fotosíntesis en condiciones de campo. Además, los valores de este parámetro estuvieron próximos a 0,8, el umbral sugerido para las plantas terrestres sanas (Cavender-Bares y Bazzaz, 2004). Sin embargo, las mediciones realizadas en hojas previamente expuestas a la luz solar demostraron que PS_{II} y ETR fueron alterados significativamente por la gestión del suelo.

Contenido relativo en clorofila

En el año 2013, los valores de CCI fueron menores bajo cubierta espontánea que para el resto de tratamientos, excepto en fechas cercanas a la vendimia. En 2014, las

hojas de vides bajo laboreo mostraron mayores valores CCI que las del resto de los tratamientos (Figura 80). Las mediciones de CCI indicaron una reducción significativa del contenido de clorofila en las hojas de la variedad Mencía bajo tratamientos con cubierta vegetal. Esto sugiere que la composición en pigmentos fotosintéticos de la hoja es sensible a la competencia ejercida por la cubierta, como lo es para otros factores (Moutinho-Pereira et al., 2012), y confirma que el índice CCI puede ser útil para estudios ecofisiológicos (van den Berg y Perkins, 2004).

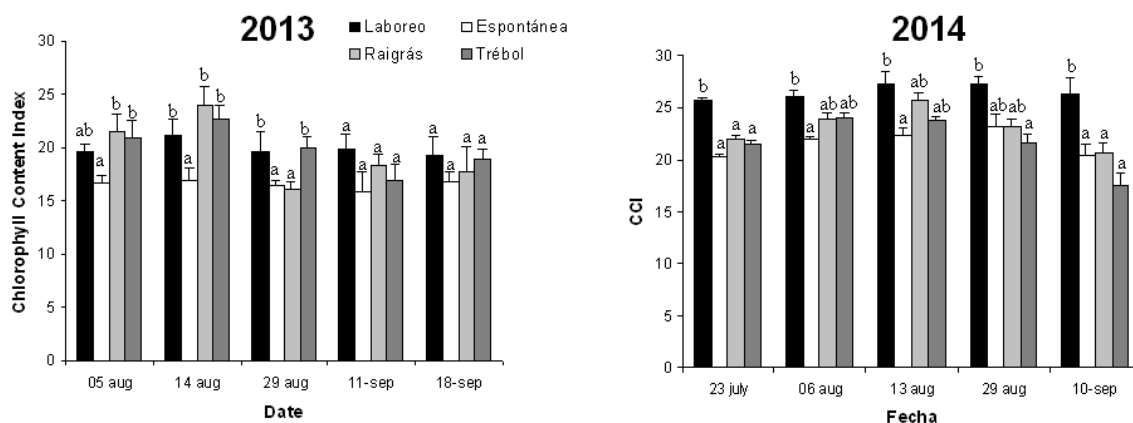


Figura 80. Evolución del valor de índice de contenido en clorofila (CCI) a lo largo de las campañas 2013 y 2014 para la variedad Mencía sometida a cuatro tratamientos de mantenimiento del suelo. Valores medios \pm errores típicos. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$) para cada fecha.

Crecimiento vegetativo y producción

En 2014, las cepas bajo laboreo mostraron mayor superficie foliar externa que las de los otros tratamientos (Tabla 30). El crecimiento vegetativo y el rendimiento no se vieron afectados por la gestión del suelo, excepto el peso de madera de poda y el peso de baya. Cuando se considera cada año por separado, el crecimiento vegetativo y el rendimiento se comportaron de manera diferente. El área foliar externa fue menor en trébol que en raigrás en el año 2012 y menor que laboreo en 2014. En el año 2014 se realizó la medida de la superficie foliar total por planta y se constató un mayor desarrollo foliar de la vid bajo el tratamiento de laboreo con respecto a los tratamientos bajo cubierta vegetal. El rendimiento fue menor en trébol que en raigrás en 2013. El número de racimos por planta no ha sido influido significativamente por el tratamiento de manejo de suelo en las tres campañas consideradas. El peso del racimo fue mayor en

laboreo que en trébol y raigrás en 2012 y en 2014. Finalmente, el peso de baya fue mayor en laboreo que en los otros tratamientos los tres años considerados (Tabla 30).

Tabla 30. Parámetros de crecimiento vegetativo y rendimiento de la variedad Mencía sometida a cuatro tratamientos de mantenimiento del suelo (2012-2014).

Parámetro	Año	Laboreo	Espontánea	Raigrás	Trébol
Área foliar externa (m ² m ⁻²)	2012	1,03 ab	1,04 ab	1,20 b	0,98 a
	2013	0,90 a	0,89 a	0,98 a	0,87 a
	2014	1,22 b	1,11 ab	1,10 ab	1,00 a
Superficie foliar (m ² planta ⁻¹)	2014	6.52 b	5.26 a	5.23 a	4.97 a
Producción (kg planta ⁻¹)	2012	2,55 a	2,17 a	2,37 a	1,95 a
	2013	1,43 ab	1,40 ab	1,66 b	1,08 a
	2014	1,97 a	1,52 a	1,68 a	1,85 a
Racimos por planta	2012	14,67 a	13,25 a	17,08 a	15,10 a
	2013	9,42 a	10,42 a	10,25 a	7,67 a
	2014	17,83 a	17,05 a	15,55 a	17,47 a
Peso de racimo (g)	2012	178,06 b	163,88 ab	138,44 a	125,27 a
	2013	150,98 a	135,31 a	164,14 a	144,52 a
	2014	110,47 b	86,36 a	107,15 b	104,41 ab
Peso de baya (g)	2012	1,96 b	1,86 ab	1,72 a	1,69 a
	2013	1,65 b	1,26 a	1,43 a	1,30 a
	2014	2,29 b	1,93 a	1,82 a	1,84 a
Madera de poda (kg planta ⁻¹)	2012	0,65 a	0,54 a	0,77 a	0,87 a
	2013	0,66 a	0,47 a	0,63 a	0,65 a
	2014	1,36 b	0,87 a	0,87 a	1,06 ab

Letras diferentes para cada año indican diferencias significativas entre tratamientos a $p < 0,05$.

Los atributos de crecimiento vegetativo fueron similares entre tratamientos en las dos primeras campañas de ensayo. Sin embargo, en la tercera campaña (2014), el área foliar y el peso de madera de poda se redujeron en los tratamientos bajo cubierta vegetal. Este efecto de los tratamientos con cubierta en la reducción del crecimiento vegetativo de la vid es una consecuencia de la competencia por el agua y los nutrientes ejercidas entre las plantas cultivadas y la cubierta espontánea (Caspari et al., 1997;

Wheeler et al., 2005; Lopes et al., 2008). En viñedos vigorosos o en climas húmedos, este efecto puede ser beneficioso para el estado sanitario y la composición de la uva ya que induce un equilibrio más favorable entre crecimiento vegetativo y reproductivo, y permite una mejor microclima en la zona de los racimos (Dokoozlian y Kliewer, 1996).

La ausencia de efectos significativos de los tratamientos de cubiertas vegetales sobre el rendimiento de la vid se puede atribuir a una alta disponibilidad de agua que ha suplido la demanda evapotranspirativa del conjunto viña + cubierta activa. Si bien, cabe mencionar que la transpiración de la cubierta vegetal es variable según la región y variedad estudiada. Celette et al. (2010) y Fandiño et al. (2012a) obtuvieron valores medios del 45% de la evapotranspiración total del cultivo, mientras que Yunusa et al. (1997) obtuvo valores inferiores. Sin embargo, algunos componentes del rendimiento, como el peso de la baya, se redujeron de manera significativa por efecto de las cubiertas vegetales, como ya ha sido observado por otros autores (Flaco y Aerny, 2001; Marques et al., 2010).

Controles de maduración

La evolución de los parámetros de maduración fue similar para los cuatro tratamientos en la campaña 2012, si bien los valores finales de sólidos solubles, acidez total y pH fueron ligeramente diferentes (Tabla 31). El peso de baya fue ligeramente más elevado en el tratamiento de laboreo. La acidez total final más alta fue obtenida para el tratamiento raigrás, frente al valor inferior determinado para el tratamiento de cubierta espontánea.

Tabla 31. Resultados de los controles de maduración para la variedad Mencía sometida a cuatro tratamientos de manejo del suelo durante la campaña 2012.

Parámetro	Fecha	Tratamientos			
		Laboreo	Espontánea	Raigrás	Trébol
Sólidos solubles (°Brix)	22/08	15,4	15,4	15,4	15,2
	10/09	20,52	21,24	19,98	21,24
	18/09	23,35	23,89	22,09	23,23
Acidez total (g L ⁻¹ ácido tartárico)	22/08	10,2	8,02	7,5	9,3
	10/09	5,0	5,2	5,7	5,3
	18/09	4,53	4,33	4,90	4,50
pH	22/08	3,23	3,22	3,14	3,11
	10/09	3,71	3,76	3,58	3,66
	18/09	3,82	3,86	3,72	3,74
Peso 50 bayas (g)	22/08	80,50	76,03	77,17	69,32
	10/09	84,85	88,50	82,04	80,82
	18/09	97,96	92,81	86,17	84,75

En la campaña 2013 (Tabla 32) se han observado evoluciones de los parámetros de maduración similares a las de la campaña anterior. El tratamiento de laboreo presentó valores más elevados de peso de bayas que el resto de tratamientos. El contenido final en sólidos solubles fue muy similar para los cuatro tratamientos, mientras que la acidez total fue ligeramente mayor en los tratamientos de raigrás y trébol que en el resto (Tabla 32). El peso de baya para el tratamiento de cubierta espontánea mostró el valor inferior en esta campaña, mientras que en el 2012, se determinaron pesos cercanos a los medidos para el tratamiento de laboreo.

Tabla 32. Resultados de los controles de maduración para la variedad Mencía sometida a cuatro tratamientos de manejo del suelo durante la campaña 2013.

Parámetro	Fecha	Tratamientos			
		Laboreo	Espontánea	Raigrás	Trébol
Sólidos solubles (°Brix)	30/08	19,8	19,1	18,9	18,6
	06/09	21,6	20,9	20,9	20,1
	12/09	21,4	21,2	21,6	21,2
Acidez total (g L ⁻¹ ácido tartárico)	30/08	7,27	6,60	7,72	7,65
	06/09	6,0	5,47	5,78	6,4
	12/09	5,32	5,25	5,7	5,92
pH	30/08	3,53	3,53	3,42	3,38
	06/09	3,76	3,73	3,68	3,55
	12/09	3,76	3,77	3,69	3,68
Peso 50 bayas (g)	30/08	75,84	58,95	70,80	64,40
	06/09	79,41	59,59	76,48	68,48
	12/09	82,51	62,70	71,44	64,85

De manera similar a lo ocurrido en las campañas anteriores, en 2014 el tratamiento de laboreo presentó un peso de baya más elevado que el resto de tratamientos (Tabla 33), obteniéndose en todos ellos, los valores más altos de las tres campañas estudiadas. El contenido en sólidos solubles y el pH fueron ligeramente inferiores en el tratamiento de trébol que en el resto. En el 2014, se han medido los valores inferiores en sólidos solubles de las tres campañas en estudio.

Tabla 33. Resultados de los controles de maduración para la variedad Mencía sometida a cuatro tratamientos de manejo del suelo durante la campaña 2014.

Parámetro	Fecha	Tratamientos			
		Laboreo	Espontánea	Raigrás	Trébol
Sólidos solubles (°Brix)	26/08	19,2	19,6	19	18
	01/09	22	21,8	21,2	20
	08/09	22	21	21	19
Acidez total (g L ⁻¹ ácido tartárico)	26/08	6,08	5,25	7,35	7,35
	01/09	5,55	4,88	5,55	6,38
	08/09	4,35	4,13	4,65	4,95
pH	26/08	3,56	3,51	3,36	3,34
	01/09	3,6	3,58	3,5	3,43
	08/09	3,77	3,74	3,65	3,58
Peso 50 bayas (g)	26/08	109,27	93,11	97,10	89,32
	01/09	106,49	90,35	87,16	84,32
	08/09	114,61	96,63	91,18	91,78

Parámetros de calidad de los mostos

En este experimento no se han observado diferencias significativas entre tratamientos para ninguno de los parámetros químicos del mosto (Tabla 34). El contenido en sólidos solubles ha presentado una tendencia a ser ligeramente inferior en mostos de raigrás y trébol, mientras que la acidez total y el contenido en ácido málico tendieron a ser más elevados en los tratamientos de raigrás y trébol. El contenido en ácido tartárico y el pH del mosto fueron muy similares entre tratamientos.

Tabla 34. Parámetros de calidad de los mostos de la variedad Mencía bajo cuatro tratamientos de manejo del suelo durante cada campaña estudiada (2012-2014).

Parámetro	Año	Laboreo	Espontánea	Raigrás	Trébol
Sólidos solubles (°Brix)	2012	21,6 a	21,6 a	21,3 a	21,1 a
	2013	24,0 a	23,2 a	23,5 a	22,9 a
	2014	22,9 a	22,5 a	21,7 a	19,1 a
Acidez total (g L ⁻¹ ácido tartárico)	2012	4,2 a	4,2 a	4,6 a	4,6 a
	2013	3,5 a	3,5 a	4,0 a	4,0 a
	2014	4,5 a	4,3 a	4,8 a	5,9 a
pH	2012	3,76 a	3,74 a	3,69 a	3,69 a
	2013	3,96 a	3,86 a	3,83 a	3,81 a
	2014	3,84 a	3,77 a	3,70 a	3,46 a
Ácido tartárico (g L ⁻¹)	2012	4,8 a	5,0 a	5,1 a	5,3 a
	2013	5,2 a	4,9 a	5,2 a	5,1 a
	2014	4,9 a	5,0 a	5,0 a	5,2 a
Ácido málico (g L ⁻¹)	2012	3,1 a	3,5 a	3,1 a	3,0 a
	2013	3,6 a	2,7 a	3,5 a	3,0 a
	2014	3,6 a	3,1 a	3,5 a	3,8 a

Letras diferentes para cada año indican diferencias significativas entre tratamientos a $p < 0,05$.

La composición de la baya no se ha visto afectada significativamente por los tratamientos de cubierta vegetal y los valores observados para azúcares y acidez total en

virtud de estos tratamientos fueron muy similares a los del sistema de laboreo (Tabla 34). Esto ha sido debido, probablemente, a que la cantidad de precipitaciones y el agua disponible en el suelo han sido suficientes para cubrir las necesidades hídricas tanto de la vid como de las cubiertas vegetales. Sin embargo, en viñedos de otras regiones, con condiciones semi-áridas donde las demandas no estarían cubiertas, sí se producen alteraciones en la composición de la baya a causa de la competencia ejercida por la cubierta vegetal (Lopes et al., 2008; Marques et al., 2010). Estos resultados prueban que las condiciones climáticas de Galicia podrían favorecer el empleo de cubiertas vegetales como sistema de manejo del suelo en el viñedo sin comprometer la calidad de la uva.

Los valores de superficie foliar (Tabla 30) se encuentran dentro del rango considerado óptimo para viñedos tradicionales y pueden asegurar una maduración óptima 9-12 t ha⁻¹, considerando un mínimo de 1 m² kg⁻¹ de uva (Schneider, 1989). Nuestros valores de producción variaron entre 3,7 y 9 t ha⁻¹, por lo tanto, es razonable que no se hayan encontrado diferencias significativas en la composición del mosto.

Control de fermentaciones

La densidad del mosto durante el proceso de fermentación siguió una evolución adecuada, sin observarse problemas de fermentación en ninguna de las campañas consideradas en la presente tesis (Figura 81). La evolución de la densidad del mosto durante el proceso de fermentación en la campaña 2012 se inició el 19/09/2012 con una densidad inicial de 1092 g dm⁻³ para los tratamientos de Laboreo y Espontánea, y de 1090 g dm⁻³ para Raigrás y Trébol, finalizando las fermentaciones el día 02/10/2012 con una densidad de 991 g dm⁻³ para Laboreo, Espontánea y Raigrás, y de 992 g dm⁻³ para el Trébol.

Asimismo, no se aprecian diferencias significativas en la velocidad de la fermentación según el tratamiento de manejo del suelo impuesto en campo para ninguna de las campañas estudiadas y las fermentaciones para cada tratamiento finalizaron el mismo día (Figura 81).

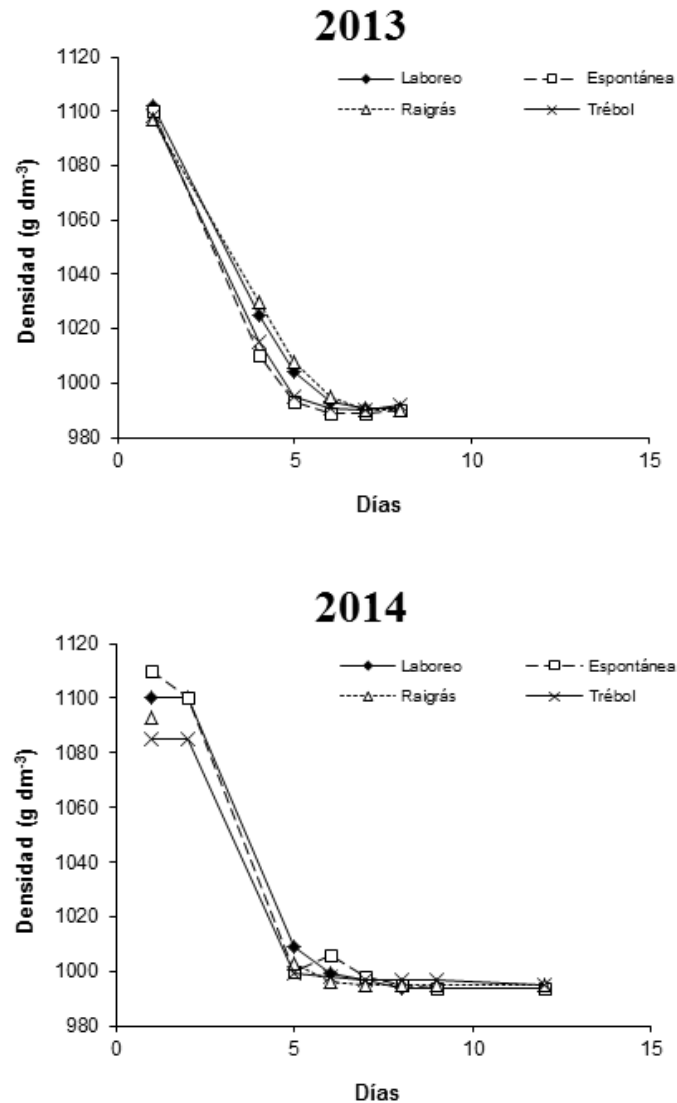


Figura 81. Cinética de las fermentaciones de mostos de la variedad Mencía sometida a cuatro tratamientos de manejo del suelo durante las campañas 2013 y 2014.

Parámetros de calidad de los vinos

El grado alcohólico, la acidez total, el pH, el contenido en ácido tartárico, el índice de polifenoles totales y el contenido en antocianos fueron muy similares entre tratamientos (Tabla 35). Por el contrario, el contenido en ácido málico ha presentado una tendencia a ser más elevado en los vinos procedentes del tratamiento bajo cubierta espontánea en 2013 y 2014. Finalmente, el contenido en taninos fue inferior en vinos del tratamiento de cubierta espontánea en 2012 y 2013. Sin embargo, los vinos de los tratamientos de cubierta vegetal tendieron a mostrar contenidos ligeramente mayores en

antocianos e intensidad del color que los del tratamiento de laboreo, esto podría haber sido causado por un menor tamaño de la baya observado bajo los tratamientos con cubierta vegetal. Por el contrario, las diferencias en el grado alcohólico y acidez total entre los vinos fueron muy bajas, aunque en 2014 los vinos procedentes del tratamiento de trébol presentaron un menor grado alcohólico y una acidez total menor que el resto (Tabla 35).

Tabla 35. Parámetros de calidad de los vinos de las variedad Mencía bajo cuatro tratamientos de manejo del suelo durante cada campaña estudiada (2012-2014).

Parámetro	Año	Laboreo	Espontánea	Raigrás	Trébol
Grado alcohólico (% Vol)	2012	12,1	11,9	11,8	11,8
	2013	13,5	13,2	13,3	13,0
	2014	13,7	13,7	12,8	11,6
Acidez total (g L ⁻¹ ácido tartárico)	2012	4,7	4,4	4,4	4,3
	2013	3,4	3,4	3,7	3,9
	2014	4,7	4,9	4,7	3,8
pH	2012	4,25	4,30	4,26	4,23
	2013	4,46	4,41	4,34	4,32
	2014	4,47	4,23	4,13	4,21
Ácido tartárico (g L ⁻¹)	2012	2,1	2,4	2,3	2,3
	2013	2,9	3,0	3,0	2,8
	2014	2,0	1,7	1,7	1,9
Ácido málico (g L ⁻¹)	2012	3,0	2,2	1,6	1,9
	2013	1,5	1,8	1,8	1,6
	2014	1,2	2,0	1,3	0,2
Índice de polifenoles totales (AU)	2012	47	40	47	45
	2013	65	62	69	68
	2014	58	65	59	60
Antocianos (mg L ⁻¹)	2012	371,0	343,0	381,5	375,4
	2013	674,6	588,0	721,0	551,3
	2014	664,1	781,4	714,9	758,6
Intensidad colorante (AU)	2012	7,7	6,9	8,6 b	8,7
	2013	10,1	11,3	8,3	13,3
	2014	10,6	12,2	10,4	10,3
Taninos (g L ⁻¹)	2012	2,1	1,4	2,0	2,2
	2013	2,0	1,8	2,2	2,0
	2014	2,0	2,1	2,1	2,0

Catas de consumidores

Tal y como ha sucedido en los ensayos anteriormente expuestos en esta tesis doctoral, los resultados obtenidos en las catas de consumidores presentaron una gran heterogeneidad debida a los hábitos de consumo de vino de los participantes en las mismas. En el presente apartado nos referiremos, simplemente, a la apreciación global de los vinos de cada tratamiento y al orden de preferencia de los mismos.

En la campaña 2012, la mayoría de los consumidores indicaron que los vinos no les gustaban, siendo el porcentaje de participantes diferente según el vino procediese de cada tratamiento (Figura 82). Destacar que a un 61% de los consumidores no les gustó el vino procedente del tratamiento de laboreo, mientras que este porcentaje osciló entre el 40 y el 46% para los vinos procedentes de los tratamientos con cubierta vegetal (Figura 82). Un 36% de los consumidores calificaron el vino proveniente del tratamiento bajo cubierta espontánea como “bueno”.

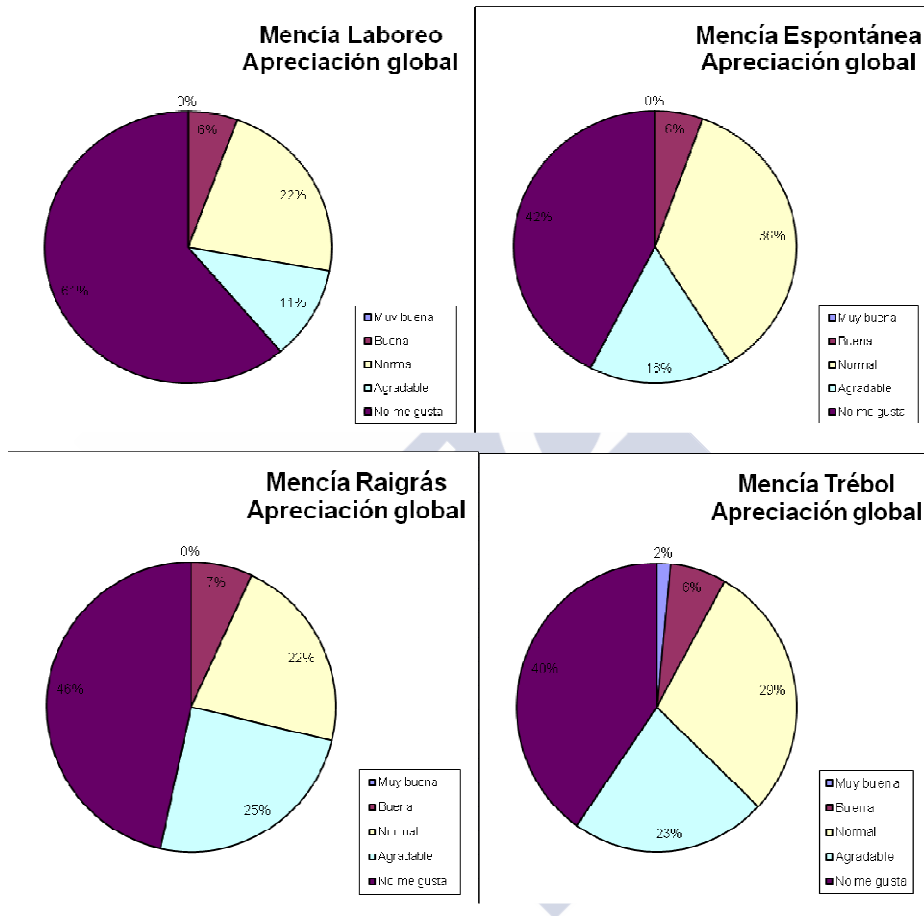


Figura 82. Resultados de apreciación global por parte de los consumidores de los vinos de Mencía de la campaña 2012 según el tratamiento impuesto en campo.

En la campaña 2013, la mayoría de los consumidores indicaron que los vinos no les gustaban (Figura 83), siendo el porcentaje de consumidores muy similar entre tratamientos (42-44%). Un 33% de los consumidores calificaron el vino proveniente del tratamiento bajo laboreo como “normal”.

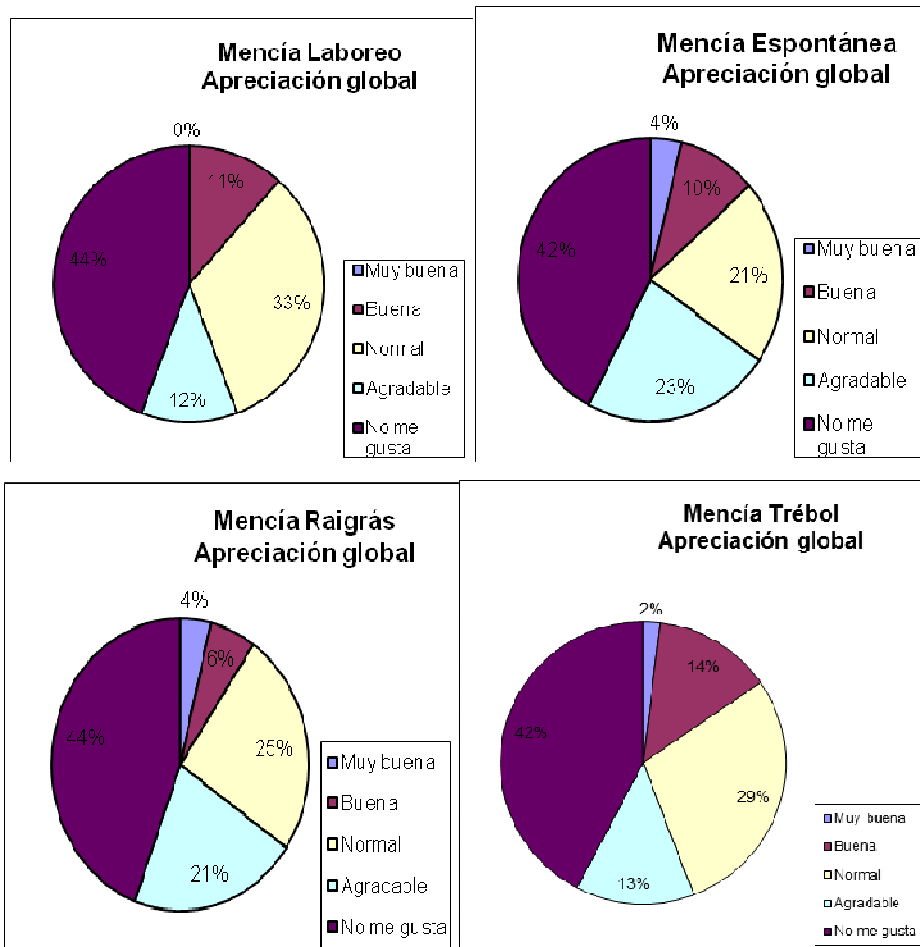


Figura 83. Resultados de apreciación global por parte de los consumidores de los vinos de Mencía de la campaña 2013 según el tratamiento impuesto en campo.

En la campaña de 2014, la mayoría de los consumidores indicaron que los vinos no les gustaban, al igual que en las campañas anteriores (Figura 84). A un 46% de los consumidores no les gustó el vino procedente del tratamiento de laboreo, mientras que este porcentaje osciló entre el 32 y el 40% para los vinos procedentes de los tratamientos con cubierta vegetal (Figura 84). Un 30% de los consumidores calificaron el vino proveniente del tratamiento bajo cubierta espontánea y el de raigrás como “normal”. En general, las apreciaciones globales fueron similares para todos los vinos estudiados.

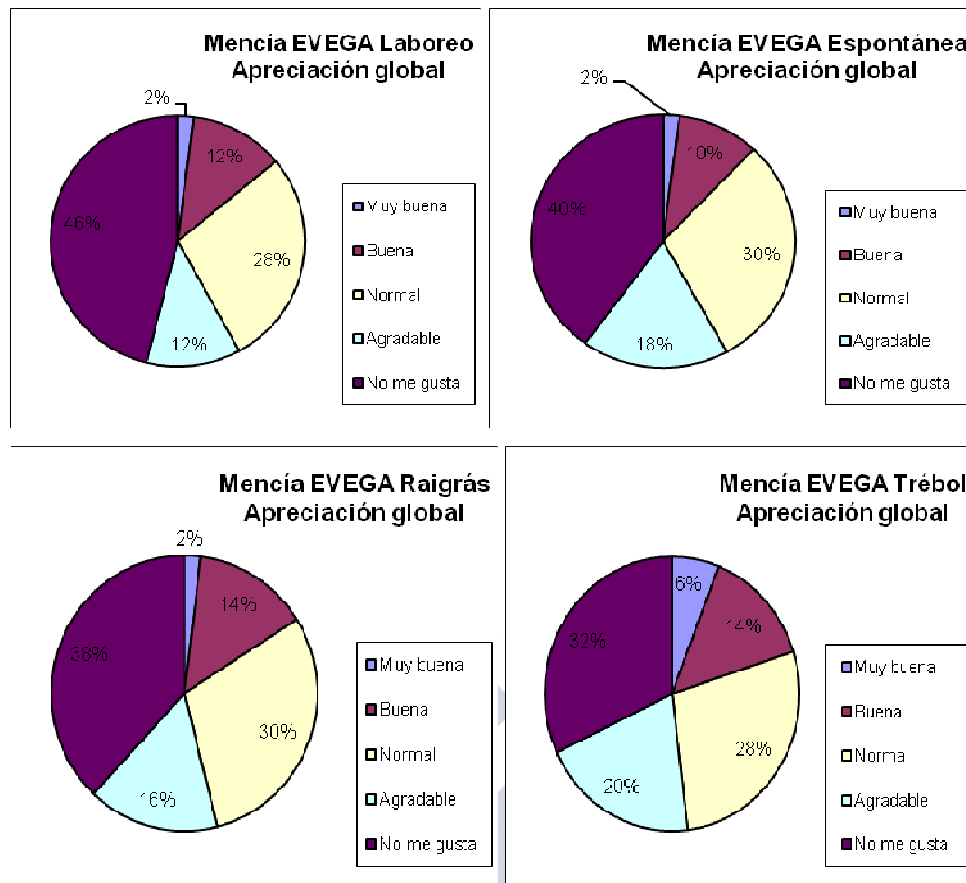


Figura 84. Resultados de apreciación global por parte de los consumidores de los vinos de Mencía de la campaña 2014 según el tratamiento impuesto en campo.

En cuanto a los órdenes de preferencia (Tabla 36), estos fueron variables según la campaña considerada, si bien, los vinos procedentes de tratamientos con cubierta vegetal fueron preferidos a los de laboreo que han tendido a ser clasificados en último lugar.

Tabla 36. Órdenes de preferencia por parte de los consumidores de los vinos de Mencía (campañas 2012 – 2014) según el tratamiento impuesto en campo.

AÑO 2012				
Muestra	Orden de preferencia			
	1°	2°	3°	4°
Mencía Laboreo	17	13	16	20
Mencía Espontánea	21	18	17	10
Mencía Raigrás	15	23	21	9
Mencía Trébol	16	11	14	16
AÑO 2013				
Muestra	Orden de preferencia			
	1°	2°	3°	4°
Mencía Laboreo	10	16	14	11
Mencía Espontánea	16	6	16	13
Mencía Raigrás	11	12	11	17
Mencía Trébol	14	17	10	10
AÑO 2014				
Muestra	Orden de preferencia			
	1°	2°	3°	4°
Mencía Laboreo	11	11	8	21
Mencía Espontánea	13	11	20	7
Mencía Raigrás	9	12	17	13
Mencía Trébol	18	17	6	10

Cuando se combinaron los datos de los tres años estudiados y se realizó un análisis de correspondencias, se reveló una ligera preferencia de los catadores por los vinos del tratamiento bajo trébol, mientras que los vinos del laboreo quedaron mayoritariamente en el cuarto lugar. Las dos dimensiones que se muestran en la figura 85 representaron el 87,7% de la varianza total de los datos.

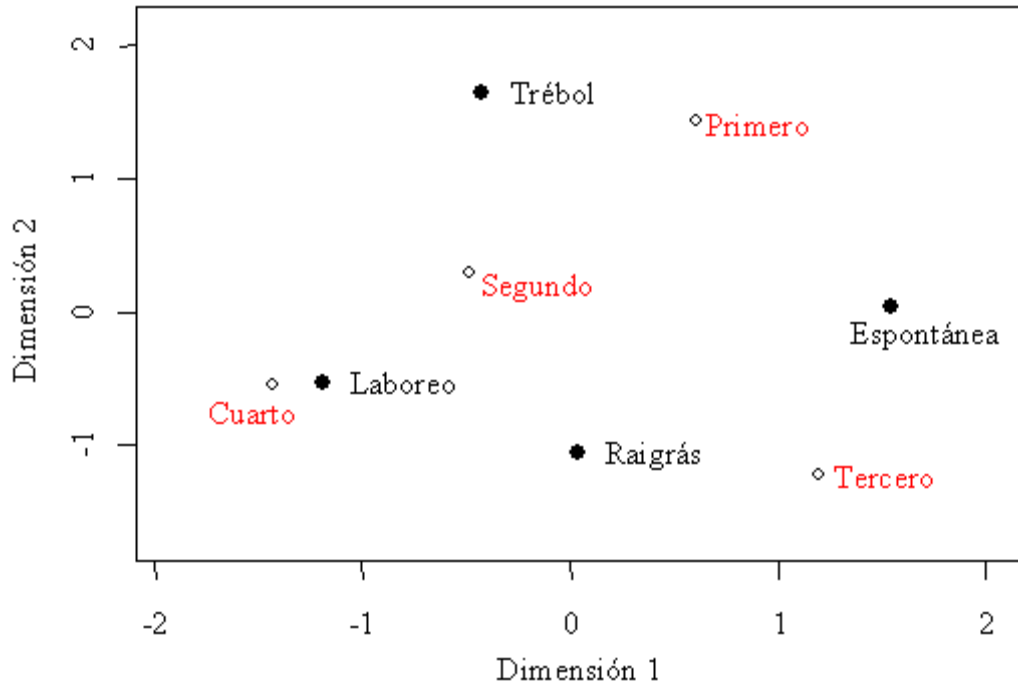


Figura 85. Análisis de correspondencias para el orden de preferencia de los vinos según el tratamiento de manejo del suelo. Los datos son promedios para las campañas 2012, 2013 y 2014.

A pesar de las ligeras diferencias entre tratamientos para los atributos químicos de los vinos, los consumidores han tendido a preferir los vinos de los tratamientos de cubierta vegetal (especialmente los del tratamiento bajo trébol) que los de laboreo, probablemente debido a un mejor equilibrio en sus componentes (ratio alcohol/acidez). Esto sugiere que las cubiertas vegetales presentan un efecto positivo en la calidad del vino y está de acuerdo con estudios previos (Wheeler et al., 2005; Marques et al., 2010) que concluyeron que los vinos de viñedos cuyo suelo está manejado a través de cubierta vegetal se prefieren a los de suelo desnudo debido, principalmente, a una mayor intensidad varietal.

En resumen, los resultados de este estudio de tres años sobre sistemas de gestión del suelo en viñedo indican que los cultivos de cobertura pueden utilizarse con éxito como una herramienta para la reducción del vigor vegetativo en viñedos ubicados en regiones húmedas y subhúmedas como Galicia. Los tres cultivos utilizados en este estudio presentaron distintos porcentajes de cobertura a lo largo de las campañas de cultivo; la vegetación espontánea y el raigrás sembrados cubrieron casi el 70% de la superficie de las calles, mientras que el trébol subterráneo alcanzó sólo el 45% de

cobertura de suelo. Esta cobertura puede proteger el suelo contra la erosión hídrica, que en esta región puede llegar a ser considerable (Mirás-Avalos et al., 2009), por lo tanto, se deben favorecer especies con un alto porcentaje de cobertura ya que no solo protegerían el suelo contra la erosión sino que también reducirían el elevado vigor vegetativo de las vides en un clima húmedo (Caspari et al., 1997; Wheeler et al., 2005) como el de esta región , aunque teniendo presente la alta demanda transpirativa que las cubiertas requieren (Fandiño et al., 2012a).





CONCLUSIONES





CONCLUSIONES RIEGO

- 1.- Las cepas bajo tratamientos de riego presentaron potenciales hídricos (tanto foliar como de tallo) menos negativos que las que se encontraban en condiciones de secano, en todos los ensayos. Sin embargo, no se alcanzaron valores de estrés hídrico elevados en ninguno de las variedades estudiadas (siendo, en general, ligeros o moderados en algunas fechas) lo que se refleja en que los valores fisiológicos y productivos de estas variedades no se hayan visto afectados de manera significativa por el riego.
- 2.- El área foliar y el peso de madera de poda aumentó en las plantas de riego, siendo significativa esta diferencia en algunos años. Este hecho provoca desequilibrios entre el desarrollo vegetativo y productivo que ocasionan ligeros descensos en la calidad de la uva, en los tratamientos regados.
- 3.- Durante los años de estudio, en las tres Denominaciones de Origen consideradas en esta tesis doctoral, no se observaron diferencias significativas en la producción de las variedades estudiadas. Solo en el último año de experimentos se observó un aumento significativo de la producción para la variedad Treixadura en la DO Ribeiro bajo el tratamiento de riego.
- 4.- Los diferentes sistemas de riego localizado implementados en la DO Valdeorras no han mostrado diferencias significativas en cuanto a los parámetros estudiados.
- 5.- En general, el riego no afectó a la producción ni la calidad de las uvas, mostos y vinos de las tres variedades estudiadas. Todos los años se observó un aumento de la acidez y un descenso en el grado probable en los mostos obtenidos de los tratamientos de riego.
- 6.- Las catas de consumidores mostraron una ligera tendencia en la preferencia de los participantes hacia los vinos de los tratamientos de secano, si bien ésta ha dependido de la variedad y de la campaña estudiada.

CONSIDERACIÓN FINAL

Los ensayos realizados demuestran que el riego de viñedos en Galicia no ha supuesto un efecto claro, ni en la producción ni en la calidad de la uva respecto a la situación actual de los viñedos estudiados. Las precipitaciones en las zonas de estudio, dependiendo del año, cubren en buena medida las necesidades hídricas de las variedades de vid de cultivo tradicional en Galicia. Por tanto, en plantaciones con poca profundidad de suelo, y que en el momento de la brotación hayan sufrido el rigor de un invierno poco lluvioso, como el año 2012, el riego se presenta como una herramienta para corregir las carencias iniciales de agua en el suelo. El manejo de los sistemas de riego

en Galicia, requieren de personal especializado, debido a la complejidad intrínseca del clima gallego.

PERSPECTIVAS DE FUTURO

Por todo lo expuesto anteriormente, se recomienda realizar ensayos de riego en viñedo en Galicia donde se implementen dosis de riego superiores a las establecidas en la tesis, así como el estudio de su aplicación en diferentes momentos del ciclo vegetativo: brotación/floración, floración/envero y brotación/envero, valorando los efectos sobre uva, mostos y vinos, tanto en cantidad como en calidad.



CONCLUSIONES CUBIERTAS VEGETALES

- 1.- La cubierta vegetal redujo la expresión vegetativa (superficie foliar y madera de poda) de las cepas. No se apreciaron diferencias significativas entre las diferentes cubiertas consideradas en este estudio.
- 2.- La producción y la calidad de uvas y vinos no se vieron perjudicadas por el empleo de una cubierta vegetal. Estos resultados sugieren que el empleo de cubiertas vegetales puede ser adecuado bajo las condiciones edafoclimáticas gallegas.
- 3.- El mantenimiento del suelo del viñedo mediante cubiertas vegetales redujo el tamaño de la baya en la variedad tinta Mencía, con lo que las aptitudes para la elaboración de vinos tintos se vieron favorecidas, al mejorar la relación pulpa- hollejo.
- 4.- Los vinos procedentes de los tratamientos con cubierta vegetal fueron preferidos por los consumidores frente a los que procedían del control bajo laboreo. No se ha observado una preferencia clara por uno u otro tratamiento de cubierta vegetal.
- 5.- En las condiciones en las que se ha llevado a cabo la presente tesis, la cubierta espontánea parece ser la mejor opción para la instalación y establecimiento de una cubierta vegetal como sistema de mantenimiento del suelo en viñedos gallegos.

CONSIDERACIÓN FINAL

El mantenimiento del suelo del viñedo con cubiertas vegetales ha provocado una disminución del tamaño de la baya y del vigor de las cepas, sin influir significativamente en la producción, con lo que se mejora la aptitud de la uva para obtener unos vinos de mayor calidad.

PERSPECTIVAS DE FUTURO

Ampliar este tipo de estudios a otras denominaciones de origen de Galicia y ensayar más especies de cubiertas, sin establecer excesivas especies de hoja ancha que podrían competir con la vid, así como otras modalidades de manejo (cubiertas mixtas, parciales, mulching), favoreciendo una elevada biodiversidad de especies.



BIBLIOGRAFÍA





REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirrezábal Bujanda, F., Sagüés Sarasa, A., Cibriáin Sabalza, J.F., Suberviola Ripa, J. (2012) Ensayos de cubiertas vegetales en viña 1995-2010. Serie Investigación y Desarrollo Agrarios 8. Estación de Viticultura y Enología de Navarra. Gobierno de Navarra. 182 págs.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998) Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage paper No 56, Roma, Italia.
- Baggiolini, M. (1952) Les stades repères dans le développement annuel de la vigne et leur utilisation pratique. Rev. Romande Agric. Vitic. Arboric. 8, 4-6.
- Baroja, E., Domínguez, N., Martínez, J., López, D., Martín, I., García-Escudero, E. (2014) Efectos del riego localizado en la variedad Tempranillo blanco (*Vitis vinifera* L.) en condiciones de clima cálido. Actas Horticultura 70. I jornada del grupo de viticultura y enología. 352-357
- Basile, B., Girona, J., Behboudian, M.H., Mata, M., Rosello, J., Ferré, M., Marsal, J. (2012) Responses of “Chardonnay” to deficit irrigation applied at different phenological stages: vine growth, must composition, and wine quality. Irrig. Sci. 30, 397-406.
- Benzécri, J.P. (1992) Correspondence analysis handbook. Ed. Marcel Dekker, New York, USA, 665 págs.
- Bilger, W., Schreiber, U. (1986). Energy-dependent quenching of dark-level chlorophyll fluorescence in intact leaves. Photosyn. Res. 10, 303-308.
- Björkman, O., Demmig, B. (1987) Photon yield for O₂ evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77K among vascular plants of diverse origins. Planta 170, 489-504.
- Blanco, P., Mirás Avalos, J.M., Suárez, V., Orriols, I. (2012) Inoculation of Treixadura musts with autochthonous *Saccharomyces cerevisiae* strains: fermentative performance and influence on the wine characteristics. Food Sci. Technol. Int. 19(2), 177-186.
- Blanco, P., Mirás Avalos, J.M., Pereira, E., Orriols, I. (2013) Fermentative aroma compounds and sensory profiles of Godello and Albariño wines as influenced by *Saccharomyces cerevisiae* yeast strains. J. Sci. Food Agric. 93, 2849-2857.

- Blanco-Ward, D., Queijeiro, J.G., Jones, G.V. (2007) Spatial climate variability and viticulture in the Miño River Valley of Spain. *VITIS-Journal of Grapevine Research* 46(2), 63-70.
- Buckley, T.N., Martorell, S., Díaz-Espejo, A., Tomàs, M., Medrano, H. (2014) Is stomatal conductance optimized over both time and space in plant crowns? A field test in grapevine (*Vitis vinifera*). *Plant Cell Environ.* 37, 2707-2721.
- Cancela, J.J., Fandiño, M., Rey, B., Martínez, E. (2015) Automatic irrigation system based on dual crop coefficient, soil and plant water status for *Vitis vinifera* (cv Godello and cv Mencía). *Agric. Water Manage.* 151, 52–63.
- Catastro Vitícola y Vinícola de la Provincia de Coruña (1983) Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Catastro Vitícola y Vinícola de la Provincia de Lugo (1983) Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Catastro Vitícola y Vinícola de la Provincia de Ourense (1983) Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Catastro Vitícola y Vinícola de la Provincia de Pontevedra (1983) Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Cavender-Bares, J., Bazzaz, F.A. (2004) From leaves to ecosystems: using chlorophyll fluorescence to assess photosynthesis and plant function in ecological studies, , in: Papageorgiou, G.C., and Govindjee, G. (Eds.), *Chlorophyll a fluorescence: a signature of photosynthesis*, Springer, pp. 737-755.
- Celette, F., Gaudin, R., Gary, Ch. (2008) Spatial and temporal changes to the water regime of a Mediterranean vineyard due to the adoption of cover cropping. *Eur. J. Agron.* 29, 153-162.
- Celette, F., Ripoche, A., Gary, C. (2010) WaLIS – A simple model to simulate water partitioning in a crop association: The example of an intercropped vineyard. *Agric. Water Manage.* 97, 1749–1759.
- Chalmers, D.J., Mitchell, P.D., Van Heek, L. (1981) Control of peach tree growth and productivity by regulated water supply, tree density and summer pruning. *J. Amer. Soc. Hortic. Sci.* 106, 307-312.
- Chaves, M.M., Santos, T.P., Souza, C.R.D., Ortuño, M.F., Rodrigues, M.L., Lopes, C.M., Maroco, J.P., Pereira, J.S. (2007) Deficit irrigation in grapevine improves water use efficiency while controlling vigour and production quality. *Ann. Appl. Biol.* 150(2), 237-252.

- Choné, X., van Leeuwen, C., Dubourdieu, D., Gaudillère, J.P. (2001) Stem water potential is a sensitive indicator of grapevine water status. *Ann. Bot.* 87(4), 477-483.
- Consello Regulador do Ribeiro. (2015) <http://www.ribeiro.es/conoce-el-ribeiro/denominacion-de-origen/> (consultada el 03/07/2015).
- Cruz, R., Lago, A., Lage, A., Rial, M.E., Díaz-Fierros, F., Salsón, S. (2009) Evolución recente do clima de Galicia. Tendencias observadas en variables meteorolóxicas. En: Evidencias e Impactos do Cambio Climático en Galicia. Xunta de Galicia. Consellería de Medio Ambiente e Desenvolvemento Sostible. Págs.: 19-58.
- de Souza, C.R., Maroco, J.P., dos Santos, T.P., Rodríguez, M.L., Lopes, C.M., Pereira, J.S., Chaves, M.M. (2003) Partial rootzone drying: regulation of stomatal aperture and carbon assimilation in field-grown grapevines (*Vitis vinifera* cv. Moscatel). *Funct. Plant Biol.* 30, 653-662.
- Deloire, A., Carbonneau, A., Wang, Z.P., Ojeda, H. (2004) Vine and water a short review. *J. Int. Sci. Vigne Vin* 38(1), 1-13.
- Díaz Losada, E., Orriols Fernández, I., Rego Martínez, F., Tato Salgado, A., Ramos Cabrer, A., Pereira Lorenzo, S. (2011a) A colección de vides da Estación de Viticultura e Enoloxía de Galicia. Ed. Xunta de Galicia, Consellería do Medio Rural. 388 págs.
- Díaz-Losada, E., Vázquez Rodríguez, E.I., Mirás Avalos, J.M., Fernández Sousa, N., Orriols Fernández, I. (2011b) Comportamiento de la variedad Mencía bajo tres sistemas de mantenimiento del suelo. *Boletín Informativo de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas* 24(2), 7-9.
- Dokoozlian N.K., Kliewer W.M. (1996) Influence of light on grape berry growth and composition varies during fruit development. *J. Am. Soc. Hortic Sci.* 121: 869-874.
- dos Santos, T.P., Lopes, C.M., Rodrigues, M.L., de Souza, C.R., Ricardo-da-Silva, J.M., Maroco, J.P., Pereira, J.S., Chaves, M.M. (2007) Effects of deficit irrigation strategies on cluster microclimate for improving fruit composition of Moscatel field-grown grapevines. *Sci. Hortic.* 112, 321-330.
- Fandiño, M., Cancela, J.J., Rey, B.J. (2009) Evaluación de sistemas de riego por goteo sobre la producción en viñedo. XXVII Congreso Nacional de Riegos. Murcia
- Fandiño, M., Cancela, J.J., Rey, B.J., Martínez, E.M., Rosa, R.G., Pereira, L.S. (2012a) Using the dual-Kc approach to model evapotranspiration of Albariño vineyards

- (*Vitis vinifera* L. cv. Albariño) with consideration of active ground cover. *Agric. Water Manage.* 112, 75-87.
- Fandiño, M., Rey, B.J., Cancela, J.J., Pereira, L.S. (2012b) Influence of changes in soil water content on grape quality in *Vitis vinifera* var. Albariño. En: *Actas Ninth International Viticultural Terroir Congress 2012 (ITC2012)*, OIV - CNRS - Universidad de Bourgogne, pp. 36-40.
- Fernández Gómez, R., Ávila Alabarces, R., López Rodríguez, M., Gavilán Zafra, P., Oyonarte Gutiérrez, N.A. (2010) *Manual de riego para agricultores. Módulo 1 fundamentos de riego*. IFAPA 2010. Consejería de Agricultura y pesca. ISBN 978-84-8474-133-6
- Ficha Técnica DO Rías Baixas 2014.
- Ficha Técnica DO Ribeiro 2014.
- Ficha Técnica DO Valdeorras 2014.
- Flexas, J., Escalona, J.M., Medrano, H. (1999) Water stress induces different levels of photosynthesis and electron transport rate regulation in grapevines. *Plant Cell Environ.* 22, 39-48.
- Fraga, H., Malheiro, A.C., Moutinho-Pereira, J., Cardoso, R.M., Soares, P.M.M., Cancela, J.J., Pinto, J.G., Santos, J.A. (2014) Integrated Analysis of Climate, Soil, Topography and Vegetative Growth in Iberian Viticultural Regions. *PLoS ONE* 9(9): e108078. doi:10.1371/journal.pone.0108078
- García de los Salmenes, N. (1914) *Memoria de las sesiones del primer Congreso Nacional de Viticultura*. Pamplona.
- Genty, B., Briantais, J.-M., Bajer, N.R. (1989) The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochim. Biophys. Acta* 990, 87-92.
- Gesto, M.J.L. (1998) Análisis de suelos en Galicia para un abonado racional. *Vida rural* 71, 38-40.
- González, M.F., Pérez, O.E., Rodríguez, M.J.A., Rajo, F.R. (2012). Estudio fenoclimático en variedades de vid autorizadas de la dop Ribeiro (Ourense-España) durante la cosecha 2010. *Polen* 22, 25-38.
- Gouveia, J., Lopes, C.M., Pedroso, V., Martins, S., Rodrigues, P., Alves, I. (2012) Effect of irrigation on soil water depletion, vegetative growth, yield and berry composition of the grapevine variety Touriga Nacional. *Ciência Téc. Vitiv.* 27(2), 115-122.

- Guitián Ojea, F., Carballas Fernández, T. (1976) Técnicas de análisis de suelos (segunda edición ampliada y puesta al día). Editorial Universitaria Pico Sacro. Santiago de Compostela, España. 288 págs.
- Hernández Mañas, J.L. (2013) La Viticultura Atlántica. Reunión del Grupo de Trabajo de Experimentación en Viticultura y Enología. 27ª Reunión. ISBN: 978-84-491-1322-2.
- Ibáñez Pascual, S., Andreu Lahoz, L.J., García Muñoz, S., Giralt Vidal, L., Mirás Avalos, J.M., Ramírez Pérez, P., Sagües Sarasa, A., Yuste Bombín, J. (2013) Guía de mantenimiento del suelo en viñedo mediante cubiertas vegetales. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Centro de Publicaciones, Madrid. 72 págs.
- Ibáñez, S., Pérez, J.L., Peregrina, F., Chávarri, J.B., García-Escudero, E. (2011) Cubierta vegetal en viñedo: un sistema de mantenimiento del suelo sostenible capaz de mejorar el color de los vinos. Cuaderno de Campo 47, 30-35.
- Intrigliolo, D.S., Castel, J.R. (2010) Response of grapevine cultivar “Tempranillo” to timing and amount of irrigation: water relations, vine growth, yield and berry and wine composition. *Irrig. Sci.* 28, 113-125.
- Intrigliolo, D.S., Castel, J.R. (2006) Vine and soil-based measures of water status in a Tempranillo vineyard. *Vitis* 45(4), 157-163.
- Intrigliolo, D.S., Castel, J.R. (2008) Effects of irrigation on the performance of grapevine cv. Tempranillo in Requena, Spain. *Am. J. Enol. Vitic.* 59(1), 30-38.
- Intrigliolo, D.S., Castel, J.R. (2009) Response of *Vitis vinifera* cv. ‘Tempranillo’ to partial rootzone drying in the field: water relations, growth, yield and fruit and wine quality. *Agric. Water Manage.* 96, 282-292.
- Intrigliolo, D.S., Pérez, D., Risco, D., Yeves, A., Castel, J.R. (2012) Yield components and grape composition responses to seasonal water deficits in Tempranillo grapevines. *Irrig. Sci.* 30, 339-349.
- Inzerillo, S., Oddo, E., Pollina, L., Abate, L., Carimi, F., Sajeve, M., Nardini, A. (2014) Leaf water relation traits in typical Sicilian varieties of *Vitis vinifera* L. XIII Congress Federazione Italiana Scienze della Vita. Pisa, Italy.
- Jackson, D.I., Lombard, P.B. (1993) Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality: A review. *Amer. J. Enol. Vitic.* 44(4), 409-430.

- Junquera, P., Lissarrague, J.R., Jiménez, L., Linares, R., Baeza, P. (2012) Long-term effects of different irrigation strategies on yield components, vine vigour, and grape composition in cv. Cabernet-Sauvignon (*Vitis vinifera* L.). *Irrig. Sci.* 30, 351-361.
- Lanari, V., Palliotti, A., Sabbatini, P., Stanley Howell, G., Silvestroni, O. (2014) Optimizing deficit irrigation strategies to manage vine performance and fruit composition of field-grown ‘Sangiovese’ (*Vitis vinifera* L.) grapevines. *Sci. Hortic.* 179, 239-247.
- Lopes, C.M., Monteiro, A., Machado, J.P., Fernandes, N., Araujo, A. (2008) Cover cropping in a sloping non-irrigated vineyard: II – Effects on vegetative growth, yield, berry and wine quality of ‘Cabernet Sauvignon’ grapevines. *Ciência Téc. Vitiv.* 23(1), 37-43.
- Lovelle, B.R. (1996) El cultivo de la vid en las comarcas del interior de Galicia, fertilidad de los suelos y estado nutricional de las variedades autóctonas. C. Ourense (Ed.). Caixa Ourense.
- MAGRAMA (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente) (2014) Potencial vitícola en la Unión Europea y en España. 31 de Julio de 2014.
- Marques, M.J., García-Muñoz, S., Muñoz-Organero, G., Bienes, R. (2010) Soil conservation beneath grass cover in hillside vineyards under Mediterranean climatic conditions (Madrid, Spain). *Land Deg. Develop.* 21, 122-131.
- Martínez, E.M., Rey, B.J., Fandiño, M., Cancela, J.J. (2012) Evaluación del estado hídrico de los viñedos en el noroeste de España. Las denominaciones de origen a examen. *Interempresas Industria Vitivinícola* 10(916), 50-58.
- Maxwell, K., Johnson, G.N. (2000) Chlorophyll fluorescence – a practical guide. *J. Exp. Bot.* 51, 659-668.
- Medrano, H., Escalona, J.M., Bota, J., Gulías, J., Flexas, J. (2002) Regulation of photosynthesis of C3 plants in response to progressive drought: stomatal conductance as a reference parameter. *Ann. Bot.* 89(7), 895–905.
- Merriam, J.L., Keller, J. (1978) Farm irrigation system evaluation: a guide for management. Department of Agricultural and Irrigation Engineering. Utah State University. Logan, Utah.
- Mirás-Avalos, J.M., Mestas-Valero, R.M., Sande-Fouz, P., Paz-González, A. (2009) Consistency analysis of pluviometric information in Galicia (NW Spain). *Atmos. Res.* 94, 629-640.

- Mirás-Avalos, J.M., Trigo-Cordoba, E., Bouzas-Cid, Y. (2014). Does predawn water potential discern between irrigation treatments in Galician white grapevine cultivars. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 48, 123-127.
- Monteiro, A., Lopes, C.M. (2007) Influence of cover crop on water use and performance of vineyard in Mediterranean Portugal. *Agric. Ecosys. Environ.* 121, 336-342.
- Monteiro, A., Lopes, C.M., Machado, J.P., Fernandes, N., Araújo, A., Moreira, I. (2008) Cover cropping in a sloping, non-irrigated vineyard: I – effects on weed composition and dynamics. *Ciência Téc. Vitiv.* 23(1), 29-36.
- Moutinho-Pereira, J., Correia, C.M., Gonçalves, B., Bacelar, E.A., Coutinho, J.F., Ferreira, H.F., Lousada, J.L., Cortez, M.I. (2012) Impacts of leafroll-associated viruses (GLRaV-1 and –3) on the physiology of the Portuguese grapevine cultivar ‘Touriga Nacional’ growing under field conditions. *Ann. App. Biol.* 160, 237-249.
- Myburgh, P.A. (2011) Response of *Vitis vinifera* L. cv. Merlot to low frequency irrigation and partial rootzone drying in the Western Cape Coastal Region – Part II. Vegetative growth, yield and quality. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 32(1), 104-116.
- Naor, A., Bravdo, B., Hepner, Y. (1993) Effect of post-véraison irrigation level on Sauvignon blanc yield, juice quality and water relations. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 14(2), 19-25.
- OIV (Office International de la Vigne et du Vin) (2009) Recueil des méthodes internationales d’analyses des vins et des moûts. Ed. Office International de la Vigne et du Vin. Paris, France.
- OIV (Office International de la Vigne et du Vin) (2014). Aspectos de la coyuntura Mundial.
- Reynolds, A.G., Lowrey, W.D., Tomek, L., Hakimi, J., de Savigny, C. (2007) Influence of irrigation on vine performance, fruit composition, and wine quality of Chardonnay in a cool, humid climate. *Am. J. Enol. Vitic.* 58(2), 217-228.
- Richardson, A.D., Duigan, S.P., Berlyn, G.P. (2002) An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. *New Phytol.* 153, 185-194.
- Robinson, D.A., Jones, S.B., Wraith, J.M., Or, D., Friedman, S.P. (2003) A review of advances in dielectric and electrical conductivity measurement in soils using time domain reflectometry. *Vadose Zone J.* 2, 444–475.

- Rogiers, S.Y., Greer, D.H., Hutton, R.J., Landsberg, J.J. (2009) Does night-time transpiration contribute to anisohydric behaviour in a *Vitis vinifera* cultivar? *J. Exp. Bot.* 60(13), 3751-3763.
- Romero, P., Fernández-Fernández, J.I., Martínez-Cutillas, A. (2010) Physiological thresholds for efficient regulated deficit-irrigation management in winegrapes grown under semiarid conditions. *Am. J. Enol. Vitic.* 61(3), 300-312.
- Romero, P., Gil-Muñoz, R., del Amor, F.M., Valdés, E., Fernández, J.I., Martínez-Cutillas, A. (2013) Regulated deficit irrigation based upon optimum water status improves phenolic composition in Monastrell grapes and wines. *Agric. Water Manage.* 121, 85-101.
- Rosa, R.D., Paredes, P., Rodrigues, G.C., Alves, I., Fernando, R.M., Pereira, L.S., Allen, R.G. (2012) Implementing the dual crop coefficient approach in interactive soft-ware. 1. Background and computational strategy. *Agric. Water Manage.* 103,8–24.
- Sánchez de Miguel, P., Baeza, P., Junquera, P., Lissarrague, J.R. (2010) Vegetative development: Total leaf area and surface area indexes, en: Delrot, S., Medrano, H., Bavaresco, L., Grando, S. (Eds.), *Methodologies and Results in Grapevine Research*, Springer, pp. 31-44.
- Santesteban, L. G., Miranda, C., Royo, J. B. (2011) Regulated deficit irrigation effects on growth, yield, grape quality and individual anthocyanin composition in *Vitis vinifera* L. cv. 'Tempranillo'. *Agric. Water Manage.* 98(7), 1171-1179.
- Schneider C.H. (1989) Introduction à l'écologie viticole. Application aux systèmes de conduite. *Bulletin de l'OIV* 701-702, 498-515.
- Smart, R.E., Robinson, M. (1991). *Sunlight into wine. A handbook for winegrape canopy management*. Winetitles, Adelaida (Australia), 88 págs.
- Smirnoff, N. (1993) The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. *New Phytol.* 125, 27–58.
- Soil Survey Staff (2010) *Keys to Soil Taxonomy*. United States Department of Agriculture, National Resources Conservation Service, USA, 346 págs.
- Souto, F.J., Dafonte, J., Escariz, M. (2008) Design and air-water calibration of a wave-guide connector for TDR measurements of soil electric permittivity in stony soils. *Biosyst. Eng.* 101 (4), 463–471.
- Taiz L y Zeiger E (2010) *Plant Physiology*, 5th ed., Sinauer Associates Inc, Sunderland, MA.

- Teszalák, P., Kocsis, M., Gaál, K., Nikfardjam, M.P. (2013) Regulatory effects of exogenous gibberellic acid (GA3) on water relations and CO₂ assimilation among grapevine (*Vitis vinifera* L.) cultivars. *Sci. Hortic.* 159, 41-51.
- Tonietto, J., Carbonneau, A. (2004) A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. *Agric. Forest Meteorol.* 124, 81-97.
- Topp, G.C., Davis, J.L., Annan, A.P. (1980) Electromagnetic determination of soil water content: measurement in coaxial transmission lines. *Water Resour. Res.* 16, 574-582.
- Trigo-Córdoba, E., Bouzas-Cid, Y., Orriols-Fernández, I., Mirás-Avalos, J.M. (2014) Irrigation effects on the sensory perception of wines from three white grapevine cultivars traditional from Galicia (Albariño, Godello and Treixadura). *Ciência Téc. Vitiv.* 29(2), 71-80.
- Trigo-Córdoba, E., Bouzas-Cid, Y., Orriols-Fernández, I., Mirás-Avalos, J. M. (2015). Effects of deficit irrigation on the performance of grapevine (*Vitis vinifera* L.) cv. 'Godello' and 'Treixadura' in Ribeiro, NW Spain. *Agric. Water Manage.* 161, 20-30.
- van den Berg, A.K., Perkins, T.D. (2004) Evaluation of a portable chlorophyll meter to estimate chlorophyll and nitrogen contents in sugar maple (*Acer saccharum* Marsh.) leaves. *Forest Ecol. Manag.* 200, 113-117.
- van Leeuwen, C., Tregouat, O., Choné, X., Bois, B., Pernet, D., Gaudillère, J.-P. (2009) Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red Bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes? *J. Int. Sci. Vigne Vin* 43(3), 121-134.
- Virto, I., Imaz, M.J., Fernández-Ugalde, O., Urrutia, I., Enrique, A., Bescansa, P. (2012) Soil quality evaluation following the implementation of permanent cover crops in semi-arid vineyards. Organic matter, physical and biological soil properties. *Span. J. Agric. Res.* 10(4), 1121-1132.
- Wheeler, S.J., Black, A.S., Pickering, G.J. (2005) Vineyard floor management improves wine quality in highly vigorous *Vitis vinifera* 'Cabernet Sauvignon' in New Zealand. *New Zealand J. Crop Hortic.Sci.* 33, 317-328
- Williams, L.E. (2012) Interaction of applied water amounts and leaf removal in the fruiting zone on grapevine water relations and productivity of Merlot. *Irrig. Sci.* 30, 363-375.

- Williams, L.E., Araujo, F.J. (2002) Correlations among predawn leaf, midday leaf, and midday stem water potential and their correlations with other measures of soil and plant water status in *Vitis vinifera*. *J. Am. Hortic. Sci.* 127 (3), 448–454.
- Williams, L.E., Trout, T.J. (2005) Relationships among vine- and soil-based measures of water status in a Thompson Seedless vineyard in response to high-frequency drip irrigation. *Am. J. Enol. Vitic.* 56(4), 357-366.
- Xunta de Galicia. D.O.P. Rias Baixas Pliego de condiciones. DOG N° 152 de 9 agosto de 2012.
- Xunta de Galicia. D.O.P. Ribeiro Pliego de condiciones. DOG N° 153 de 10 agosto de 2012.
- Xunta de Galicia. D.O.P. Valdeorras Pliego de condiciones. DOG N° 153 de 10 agosto de 2012.
- Yunusa, I.A.M., Walker, R.R., Guy, I.R. (1997) Partitioning of seasonal evapotranspiration from a commercial furrow-irrigated Sultana vineyard. *Irrig. Sci.* 18, 45–54.
- Yuste, J. (2005) Cubiertas vegetales para el viñedo. *Tecnología del Vino* 27, 48-54.
- Yuste, J., Rubio, J.A., Alburquerque, M.V. (2008) Influence of the irrigation period in Tempranillo grapevine under the edaphoclimatic conditions of the Duero river valley. VIIIth International Terroir Congress. Changins-Wädenswill.

Índice de Tablas

Tabla 1. Caracterización agronómica de diversas especies empleadas habitualmente como cubiertas vegetales en el viñedo.....	22
Tabla 2. Resumen de datos climáticos: precipitación, temperatura y ET_o para las tres campañas de ensayo (2012-2014) en la parcela de Valdeorras.....	57
Tabla 3. Índices bioclimáticos calculados para cada uno de los años estudiados.....	60
Tabla 4. Parámetros medios de los suelos en Valdeorras para los años 2012-2014 en los diferentes tratamientos de riego considerados.....	61
Tabla 5. Resumen de las aplicaciones de riego en la parcela de Valdeorras para las tres campañas estudiadas (2012-2014).	63
Tabla 6. Parámetros de crecimiento vegetativo y rendimiento de la variedad Godello sometida a tratamientos de secano, riego aéreo y subsuperficial en la DO Valdeorras (2012-2014).	74
Tabla 7. Parámetros de calidad de los mostos de la variedad Godello bajo condiciones de secano, riego aéreo y subsuperficial en la DO Valdeorras (2012-2014).	75
Tabla 8. Parámetros de calidad de los vinos de la variedad Godello bajo condiciones de secano, riego aéreo y subsuperficial en la DO Valdeorras (2012-2014).	77
Tabla 9. Órdenes de preferencia por parte de los consumidores de los vinos de Godello de las campañas 2012 a 2014 en la DO Valdeorras según tratamiento.	81
Tabla 10. Resumen de datos climáticos: precipitación, temperatura y ET_o para las tres campañas de ensayo (2012-2014).....	82
Tabla 11. Índices bioclimáticos calculados para cada uno de los años estudiados.....	85
Tabla 12. Parámetros químicos del suelo en la parcela de ensayo de riego en Rías Baixas (2012-2014). .	86
Tabla 13. Resumen de las aplicaciones de riego en la parcela de Rías Baixas para las tres campañas estudiadas (2012-2014).	87
Tabla 14. Parámetros de crecimiento vegetativo y rendimiento de la variedad Albariño sometida a tratamientos de secano y riego en la DO Rías Baixas (2012-2014).	97
Tabla 15. Parámetros de calidad de los mostos de la variedad Albariño bajo condiciones de secano y riego durante cada campaña estudiada (2012-2014) en la DO Rías Baixas.....	98
Tabla 16. Parámetros de calidad de los vinos de la variedad Albariño bajo condiciones de secano y riego durante cada campaña estudiada (2012-2014) en la DO Rías Baixas.....	100
Tabla 17. Órdenes de preferencia por parte de los consumidores de los vinos de Albariño de la DO Rías Baixas (2012-2014).	103
Tabla 18. Resumen de datos climáticos: precipitación, temperatura media y ET_o para las tres campañas de ensayo (2012-2014).....	104
Tabla 19. Índices bioclimáticos calculados para cada uno de los años estudiados.....	107

Tabla 20. Parámetros químicos del suelo en la parcela de ensayo de riego en el Ribeiro para dos fechas, una anterior al comienzo del ensayo (febrero de 2012) y otra próxima a la finalización del mismo (diciembre de 2013).....	108
Tabla 21. Resumen de las aplicaciones de riego en la parcela de Ribeiro para las tres campañas estudiadas (2012-2014).....	110
Tabla 22. Parámetros de crecimiento vegetativo y rendimiento de las variedades Godello y Treixadura sometidas a tratamientos de secano y riego (2012 - 2014).....	123
Tabla 23. Resultados de los controles de maduración para las variedades Godello y Treixadura sometidas a tratamientos de secano y riego durante la campaña 2012.....	126
Tabla 24. Resultados de los controles de maduración para las variedades Godello y Treixadura sometidas a tratamientos de secano y riego durante la campaña 2013.....	126
Tabla 25. Resultados de los controles de maduración para las variedades Godello y Treixadura sometidas a tratamientos de secano y riego durante la campaña 2014.....	127
Tabla 26. Parámetros de calidad de los mostos de las variedades Godello y Treixadura bajo condiciones de secano y riego durante cada campaña estudiada (2012-2014).....	128
Tabla 27. Parámetros de calidad de los vinos de las variedades Godello y Treixadura bajo condiciones de secano y riego durante cada campaña estudiada (2012-2014).....	131
Tabla 28. Órdenes de preferencia por parte de los consumidores de los vinos de Godello y Treixadura de las campañas 2012 a 2014 según el tratamiento impuesto en campo.....	135
Tabla 29. Parámetros químicos del suelo en la parcela de ensayo de cubiertas vegetales en el Ribeiro para dos fechas, una anterior al comienzo del ensayo (marzo de 2012) y otra próxima a la finalización del mismo (diciembre de 2013).....	136
Tabla 30. Parámetros de crecimiento vegetativo y rendimiento de la variedad Mencía sometida a cuatro tratamientos de mantenimiento del suelo (2012-2014).....	145
Tabla 31. Resultados de los controles de maduración para la variedad Mencía sometida a cuatro tratamientos de manejo del suelo durante la campaña 2012.....	146
Tabla 32. Resultados de los controles de maduración para la variedad Mencía sometida a cuatro tratamientos de manejo del suelo durante la campaña 2013.....	147
Tabla 33. Resultados de los controles de maduración para la variedad Mencía sometida a cuatro tratamientos de manejo del suelo durante la campaña 2014.....	148
Tabla 34. Parámetros de calidad de los mostos de la variedad Mencía bajo cuatro tratamientos de manejo del suelo durante cada campaña estudiada (2012-2014).....	148
Tabla 35. Parámetros de calidad de los vinos de las variedad Mencía bajo cuatro tratamientos de manejo del suelo durante cada campaña estudiada (2012-2014).....	151
Tabla 36. Órdenes de preferencia por parte de los consumidores de los vinos de Mencía (campañas 2012 – 2014) según el tratamiento impuesto en campo.....	155

Índice de Figuras

Figura 1. Situación de las diferentes sub-zonas de la DO Rías Baixas dentro de Galicia (Ficha Técnica DO Rías Baixas, 2014). En verde, Ribeira do Ulla; en anaranjado, Val do Salnés; en rojo, Soutomaior; en azul, Condado do Tea y en violeta, O Rosal.....	4
Figura 2. Situación de la DO Ribeiro dentro de Galicia (Ficha Técnica DO Ribeiro, 2014).	6
Figura 3. Situación de la DO Valdeorras dentro de Galicia (Ficha Técnica DO Valdeorras, 2014).	8
Figura 4. Características morfológicas de la variedad Albariño: a) Ápice; b) Hoja joven; c) Hoja adulta; d) Racimo; e) Bayas; f) Planta.....	11
Figura 5. Características morfológicas de la variedad Godello: a) Ápice; b) Hoja joven; c) Hoja adulta; d) Racimo; e) Bayas; f) Planta.....	12
Figura 6. Características morfológicas de la variedad Treixadura: a) Ápice; b) Hoja joven; c) Hoja adulta; d) Racimo; e) Bayas; f) Planta.....	14
Figura 7. Características morfológicas de la variedad Mencía: a) Ápice; b) Hoja joven; c) Hoja adulta; d) Racimo; e) Bayas; f) Planta.	15
Figura 8. Localización de las parcelas de estudio dentro de Galicia.	31
Figura 9. Ubicación parcela experimental en DO Rías Baixas.....	32
Figura 10 a. Parcela experimental riego en DO Ribeiro.....	32
Figura 10 b. Parcela experimental cubiertas en DO Ribeiro.	33
Figura 11. Parcela experimental en DO Valdeorras.	34
Figura 12. Desbrozado de las cubiertas vegetales.	37
Figura 13. Instalación de riego enterrado en DO Valdeorras.	38
Figura 14. Dispositivo de medida de potencial hídrico foliar.....	41
Figura 15. Vendimia en parcela de ensayo DO Rías Baixas.	43
Figura 16. Prensado neumático.	45
Figura 17. Fermentación alcohólica en cámara a temperatura controlada.....	46
Figura 18. Trasiego de muestras de vino blanco.	47
Figura 19. Esquema del proceso de elaboración de vinos blancos.	48

Figura 20. Esquema del proceso de elaboración de vinos tintos.	49
Figura 21. Formulario de la encuesta de hábitos de consumo para caracterizar a los participantes en el test.	51
Figura 22. Ficha de cata empleada en el test de consumidores.	52
Figura 23. Evolución de la precipitación y temperatura media diaria durante la campaña de 2012 en la parcela de Valdeorras.	58
Figura 24. Evolución de la precipitación y temperatura media diaria durante la campaña de 2013 en la parcela de Valdeorras.	59
Figura 25. Evolución de la precipitación y temperatura media diaria durante la campaña de 2014 en la parcela de Valdeorras.	59
Figura 26. Evolución de la fenología de la variedad Godello a lo largo de las tres campañas estudiadas (2012-2014) en la DO Valdeorras.	62
Figura 27. Evolución del contenido volumétrico de agua en el suelo a 5 cm de profundidad en función del tratamiento (2012-2014). Barras de error: representan la desviación estándar de los datos.	64
Figura 28. Evolución del contenido volumétrico de agua en el suelo a 60 cm de profundidad en función del tratamiento (2012-2014). Barras de error: representan la desviación estándar de los datos.	65
Figura 29. Evolución del potencial hídrico de mañana para la variedad Godello bajo condiciones de secano y riego (aéreo y subsuperficial) en la DO Valdeorras. Los valores son medias \pm errores típicos. Los asteriscos indican diferencias significativas entre tratamientos a $p < 0,05$	67
Figura 30. Evolución del potencial hídrico foliar a mediodía para la variedad Godello bajo condiciones de secano y riego (aéreo y subsuperficial) en la DO Valdeorras. Los valores son medias \pm errores típicos. Los asteriscos indican diferencias significativas entre tratamientos a $p < 0,05$	68
Figura 31. Evolución del potencial hídrico de tallo para la variedad Godello bajo condiciones de secano y riego (aéreo y subsuperficial) en la DO Valdeorras. Los valores son medias \pm errores típicos. Los asteriscos indican diferencias significativas entre tratamientos a $p < 0,05$	69
Figura 32. Evolución de la conductancia estomática para la variedad Godello bajo condiciones de secano, riego aéreo y subsuperficial en la DO Valdeorras. Los valores son medias \pm errores típicos. Los asteriscos indican diferencias significativas entre tratamientos a $p < 0,05$	71
Figura 33. Evolución de los parámetros de fluorescencia de la clorofila (F_v/F_m , PS_{II} y ETR) para la variedad Godello sometida a condiciones de secano, riego aéreo y riego subsuperficial en la DO Valdeorras (2012 y 2014).	72

Figura 34. Índice de contenido en clorofila (CCI) en hojas de la variedad Godello sometida a condiciones de secano y riego (aéreo y subsuperficial) en la DO Valdeorras (2013-2014).	73
Figura 35. Cinética de las fermentaciones de mostos de la variedad Godello sometida a tratamientos de secano, riego aéreo y subsuperficial en la DO Valdeorras (2012-2014).	76
Figura 36. Resultados de apreciación global por parte de los consumidores de los vinos de Godello de la campaña 2012 según el tratamiento impuesto en campo.....	79
Figura 37. Resultados de apreciación global por parte de los consumidores de los vinos de Godello de la campaña 2013 según el tratamiento impuesto en campo.....	80
Figura 38. Resultados de apreciación global por parte de los consumidores de los vinos de Godello de la campaña 2014 según el tratamiento impuesto en campo.....	81
Figura 39. Evolución de la precipitación, temperatura media diaria y la evapotranspiración de referencia durante la campaña de 2012 en la parcela de la DO Rías Baixas.	83
Figura 40. Evolución de la precipitación, temperatura media diaria y la evapotranspiración de referencia durante la campaña de 2013 en la parcela de la DO Rías Baixas.	83
Figura 41. Evolución de la precipitación, temperatura media diaria y la evapotranspiración de referencia durante la campaña de 2014 en la parcela de la DO Rías Baixas.	84
Figura 42. Evolución de la fenología de la variedad Albariño a lo largo de las tres campañas estudiadas bajo condiciones de secano y riego en la DO Rías Baixas.	87
Figura 43. Evolución del contenido volumétrico de agua en el suelo a 5 cm de profundidad medido en las proximidades del tronco de las viñas, bajo condiciones de secano y riego en la DO Rías Baixas (2012-2014). Las barras indican los errores estándar.....	89
Figura 44. Evolución del contenido volumétrico de agua en el suelo a 60 cm de profundidad bajo condiciones de secano y riego en la DO Rías Baixas (2012 – 2014). Las barras indican los errores estándar.....	90
Figura 45. Evolución del potencial hídrico foliar medido por la mañana para la variedad Albariño bajo condiciones de secano y riego en la DO Rías Baixas (2012-2014). Los valores son medias \pm errores típicos. Los asteriscos indican diferencias significativas entre tratamientos a $p < 0,05$	91
Figura 46. Evolución del potencial hídrico foliar medido al mediodía para la variedad Albariño bajo condiciones de secano y riego en la DO Rías Baixas (2012-2014). Los valores son medias \pm errores típicos. Los asteriscos indican diferencias significativas entre tratamientos a $p < 0,05$	92
Figura 47. Evolución del potencial hídrico de tallo para la variedad Albariño bajo condiciones de secano y riego en la DO Rías Baixas (2012-2014). Los valores son medias \pm errores típicos. Los asteriscos indican diferencias significativas entre tratamientos a $p < 0,05$	93

Figura 48. Evolución de la conductancia estomática para la variedad Albariño bajo condiciones de secano y riego en la DO Rías Baixas (2012-2014).....	94
Figura 49. Evolución de los parámetros de fluorescencia de la clorofila (Fv/Fm, PSII y ETR) para la variedad Albariño en condiciones de secano y riego en la DO Rías Baixas (2012 y 2014).....	95
Figura 50. Evolución del valor de índice de contenido en clorofila (CCI) para la variedad Albariño sometida a tratamientos de secano y riego en la DO Rías Baixas (2013-2014). Barras de error, indican error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).....	96
Figura 51. Cinética de las fermentaciones de mostos de la variedad Albariño sometida a tratamientos de secano y riego (2012-2014).....	99
Figura 52. Resultados de apreciación global por parte de los consumidores de los vinos de Albariño de la DO Rías Baixas de la campaña 2012.....	101
Figura 53. Resultados de apreciación global por parte de los consumidores de los vinos de Albariño de la DO Rías Baixas de la campaña 2013.....	102
Figura 54. Resultados de apreciación global por parte de los consumidores de los vinos de Albariño de la DO Rías Baixas de la campaña 2014.....	102
Figura 55. Evolución de la precipitación, temperatura media diaria y la evapotranspiración de referencia durante la campaña de 2012 en la parcela de la DO Ribeiro.....	105
Figura 56. Evolución de la precipitación, temperatura media diaria y la evapotranspiración de referencia durante la campaña de 2013 en la parcela de la DO Ribeiro.....	106
Figura 57. Evolución de la precipitación, temperatura media diaria y la evapotranspiración de referencia durante la campaña de 2014 en la parcela de la DO Ribeiro.....	106
Figura 58. Evolución de la fenología de la variedad Godello a lo largo de las tres campañas estudiadas bajo condiciones de secano y riego.	109
Figura 59. Evolución de la fenología de la variedad Treixadura a lo largo de las tres campañas estudiadas bajo condiciones de secano y riego.	109
Figura 59. Evolución del contenido volumétrico de agua en el suelo a 5 cm de profundidad medido en las proximidades del tronco de las viñas de las variedades Godello (a y b) y Treixadura (c y d) bajo condiciones de secano y riego (2013 y 2014). Los valores mostrados son medias diarias para cada tratamiento. Barras de error: representan \pm errores típicos. Las flechas indican el momento de inicio del riego.....	111
Figura 60. Evolución del contenido volumétrico de agua en el suelo a 10, 20, 30 y 40 cm de profundidad bajo condiciones de secano (a y b) y riego (c y d) durante las fases de brotación, floración, envero y cosecha en las campañas 2013 y 2014. Los valores mostrados son medias ($n = 3$).	112

Figura 62. Evolución del potencial hídrico foliar (a, b y c) y de tallo (d, e y f) al mediodía, a lo largo de la campaña (2012 – 2014) para la variedad Godello bajo condiciones de secano y riego. Los valores son medias \pm errores típicos. Los asteriscos indican diferencias significativas entre tratamientos a $p < 0,05$.114

Figura 63. Evolución del potencial hídrico foliar (a, b y c) y de tallo (d, e y f) al mediodía, a lo largo de la campaña (2012 – 2014) para la variedad Treixadura bajo condiciones de secano y riego. Los valores son medias \pm errores típicos. Los asteriscos indican diferencias significativas entre tratamientos a $p < 0,05$.115

Figura 64. Evolución de la conductancia estomática a lo largo de la campaña (2012 – 2014) para las variedades Godello (a, b y c) y Treixadura (d, e y f) bajo condiciones de secano y riego. Los valores son medias \pm errores típicos. Los asteriscos indican diferencias significativas entre tratamientos a $p < 0,05$.117

Figura 65. Evolución de los parámetros de fluorescencia de la clorofila (Fv/Fm, PSII y ETR) para la variedad Godello (2012 y 2014)..... 120

Figura 66. Evolución de los parámetros de fluorescencia de la clorofila (Fv/Fm, PSII y ETR) para la variedad Treixadura (2012 y 2014). 121

Figura 67. Evolución del valor de índice de contenido en clorofila (CCI) a lo largo de las campañas 2013 y 2014 para las variedades Godello (a y b) y Treixadura (c y d) sometidas a tratamientos de secano y riego. Valores medios \pm errores típicos. Los asteriscos indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$). 122

Figura 68. Cinética de las fermentaciones de mostos de las variedades Godello (a, b y c) y Treixadura (d, e y f) sometidas a tratamientos de secano y riego (2012 – 2014). Valores medios \pm desviaciones típicas.130

Figura 69. Resultados de apreciación global por parte de los consumidores de los vinos de Godello de la campaña 2012 según el tratamiento impuesto en campo..... 132

Figura 70. Resultados de apreciación global por parte de los consumidores de los vinos de Godello de la campaña 2013 según el tratamiento impuesto en campo..... 133

Figura 71. Resultados de apreciación global por parte de los consumidores de los vinos de Godello de la campaña 2014 según el tratamiento impuesto en campo..... 133

Figura 72. Resultados de apreciación global por parte de los consumidores de los vinos de Treixadura de la campaña 2012 según el tratamiento impuesto en campo..... 134

Figura 73. Resultados de apreciación global por parte de los consumidores de los vinos de Treixadura de la campaña 2013 según el tratamiento impuesto en campo..... 134

Figura 74. Resultados de apreciación global por parte de los consumidores de los vinos de Treixadura de la campaña 2014 según el tratamiento impuesto en campo..... 135

Figura 75. Evolución de la fenología de la variedad Mencía a lo largo de las tres campañas estudiadas bajo cuatro sistemas de mantenimiento del suelo diferentes. 137

Figura 76. Evolución de la humedad del suelo en las calles según el tratamiento de mantenimiento del suelo (los datos son medias de 6 determinaciones).	138
Figura 77. Evolución de la humedad del suelo en las filas de cepas según el tratamiento de mantenimiento del suelo (los datos son medias de 6 determinaciones).	139
Figura 78. Evolución del potencial hídrico de tallo (a, b y c) y de la conductancia estomática (d, e y f) a lo largo de la campaña para la variedad Mencía bajo cuatro tratamientos de mantenimiento del suelo. Los valores son medias \pm errores típicos. Los asteriscos indican diferencias significativas entre tratamientos a $p < 0,05$	140
Figura 79. Evolución de los parámetros de fluorescencia de la clorofila (F_v/F_m , PS_{II} y ETR) para la variedad Mencía bajo cuatro sistemas de mantenimiento del suelo (2012 y 2014).....	79
Figura 80. Evolución del valor de índice de contenido en clorofila (CCI) a lo largo de las campañas 2013 y 2014 para la variedad Mencía sometida a cuatro tratamientos de mantenimiento del suelo. Valores medios \pm errores típicos. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$) para cada fecha.....	144
Figura 81. Cinética de las fermentaciones de mostos de la variedad Mencía sometida a cuatro tratamientos de manejo del suelo durante las campañas 2013 y 2014.	150
Figura 82. Resultados de apreciación global por parte de los consumidores de los vinos de Mencía de la campaña 2012 según el tratamiento impuesto en campo.	152
Figura 83. Resultados de apreciación global por parte de los consumidores de los vinos de Mencía de la campaña 2013 según el tratamiento impuesto en campo.....	153
Figura 84. Resultados de apreciación global por parte de los consumidores de los vinos de Mencía de la campaña 2014 según el tratamiento impuesto en campo.....	154
Figura 85. Análisis de correspondencias para el orden de preferencia de los vinos según el tratamiento de manejo del suelo. Los datos son promedios para las campañas 2012, 2013 y 2014.....	156

