ESCUELA DE DOCTORADO
INTERNACIONAL DE LA USC

Rubén Pérez Añón

Tesis doctoral

Caracterización agronómica y aptitud enológica de la variedad Blanco Lexítimo en Ribeira Sacra.

Santiago de Compostela, 2021

Programa de doctorado en Ingeniería para el Desarrollo Rural y Civil

“CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA Y APTITUD ENOLÓGICA DE LA VARIEDAD BLANCO LEXITIMO EN RIBEIRA SACRA”

Memoria presentada por Rubén Pérez Añón para optar al grado de Doctor.

PROGRAMA DE DOCTORADO EN INGENIERÍA PARA EL DESARROLLO RURAL Y CIVIL

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGROFORESTAL

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

2021

DECLARACIÓN DO AUTOR/A DA TESE

D./Dna. **Rubén Pérez Añón**

Título da tese: **Caracterización agronómica e aptitude enolóxica da variedade Blanco Lexítimo en Ribeira Sacra.**

Presento a miña tese, seguindo o procedemento axeitado ao Regulamento, e declaro que:

1) A tese abarca os resultados da elaboración do meu traballo.
2) De ser o caso, na tese faise referencia ás colaboracións que tivo este traballo.
3) Confirmo que a tese non incorre en ningún tipo de plaxio doutros autores nin de traballos presentados por min para a obtención doutros títulos.
4) A tese é a versión definitiva presentada para a súa defensa e coincide a versión impresa coa presentada en formato electrónico

E comprométome a presentar o Compromiso Documental de Supervisión no caso de que o orixinal non estea na Escola.

En **Lugo, 30 de Decembro de 2021**.

Sinatura electrónica

AUTORIZACIÓN DO DIRECTOR/TITOR DA TESE

D./Dna. **Javier José Cancela Barrio**

En condición de: **Titor/a e director/a**

Título da tese: **Caracterización agronómica e aptitude enolóxica da variedade Blanco Lexítimo en Ribeira Sacra.**

INFORMA:

Que a presente tese, correspóndese co traballo realizado por D/Dna Rubén Pérez Añón, baixo a miña dirección/titorización, e autorizo a súa presentación, considerando que reúne os requisitos esixidos no Regulamento de Estudos de Doutoramento da USC, e que como director/titor desta non incorre nas causas de abstención establecidas na Lei 40/2015.

En **Lugo, 30 de Decembro de 2021**

Sinatura electrónica

AUTORIZACIÓN DO DIRECTOR/TITOR DA TESE

D./Dna. **Mar Vilanova De La Torre**

En condición de: **Director/a**

Título da tese: **Caracterización agronómica e aptitude enolóxica da variedade Blanco Lexítimo en Ribeira Sacra.**

INFORMA:

Que a presente tese, correspóndese co traballo realizado por D/Dna Rubén Pérez Añón, baixo a miña dirección/titorización, e autorizo a súa presentación, considerando que reúne os requisitos esixidos no Regulamento de Estudos de Doutoramento da USC, e que como director/titor desta non incorre nas causas de abstención establecidas na Lei 40/2015.

En **Lugo, 30 de Decembro de 2021**

Sinatura electrónica

AGRADECIMIENTOS.

En primer lugar, desearía dar las gracias a mis directores de Tesis, Javier Cancela y Mar Vilanova por su dedicación y paciencia conmigo, sus valiosos consejos y su cercanía que han hecho este camino posible y cuya amistad es el mejor bagaje y recuerdo de este trabajo.

Tambien quiero agradecer a mis chicos de Ponte da Boga, Marina, Eloy, Ezequiel, Oscar, Jorge su alegría y buen hacer diario que hacen posible sacar adelante cualquier proyecto y a Ponte da Boga, el permitirme hacer posible este trabajo con su afecto e implicación en la innovación, siempre impulsadas por José María, Kiko, Adán, Romero, Isa, Noa y todos los compañeros que hacen posible un entorno lleno de nuevas ideas y desafíos.

Al grupo de investigación GI 1716 del Departamento de Ingeniería Agroforestal de la Escuela Politécnica Superior de Lugo, Universidad de Santiago de Compostela, Benjamin, María, Marta, que me han ayudado y empujado cuando las fuerzas flaqueaban y enseñaron a convertir la investigación en una motivación.

A Jorge Cunha y Francisco Baeta del Instituto Nacional de Investigación Agraria y Veterinaria de Portugal (INIAV, Quinta da Almohina), por su generosa y valiosa ayuda, sin la cual, clarificar los lazos que unen nuestras viticulturas sería mucho más difícil.

A Eva, mi apoyo incondicional y compañera de fatigas vitales, sin cuya paciencia, cariño y comprensión, el tiempo dedicado a esta taréa hubiese resultado mucho más difícil y arduo.

A mis padres Mari y Pepe y a mi hermano César, que con su aliento siempre me han empujado a terminar aquello que había empezado.

A las chicas de la D.O. Ribeira Sacra, Bea, Ruth, Lucía, Ana, Fe, Merchi, que siempre me han ayudado en cuanto he necesitado para hacer posible este trabajo.

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

RESUMEN.

El deseo de recuperar nuestro rico patrimonio vegetal, cultivado con anterioridad a la crisis de la filoxera, que resultó fuertemente diezmado por el Oidio y Mildium y mejorar las opciones competitivas de nuestros vinos en el mercado, con singularidad y calidad, requiere ampliar el conocimiento de variedades cuyo potencial no ha sido desarrollado. Una de estas variedades es Blanco Lexítimo, cuyo conocimiento preliminar, se limita a las primeras referencias bibliográficas de García de los Salmones (1912) que la señala como Blanco Legítimo y la cita entre las variedades cultivadas en Paderne (comarca de Betanzos, A Coruña) y que Huetz de Lemps, ya en 1967, reitera como una de las variedades cultivadas en Betanzos tras la crisis de la filoxera y que sirvieron de base para que trabajos más recientes desarrollados por el CSIC y la EVEGA, permitieran su inclusión en el "Registro de Variedades Comerciales", del que había quedado fuera anteriormente y cuyos trabajos se centraron el comportamiento de la variedad en sus reductos de cultivo atlánticos y cantábricos, con condiciones climáticas suaves y suelos fértiles y frescos, muy diferentes a las condiciones que se encuentran en Ribeira Sacra, un área fascinante, pero con unas condiciones edafoclimáticas extraordinariamente heterogéneas y muy distintas a sus reductos más habituales, lo que requería profundizar sobre su capacidad de adaptación a un territorio, donde las variedades blancas resultan un cultivo minoritario.

Pues bien, para enjuiciar objetivamente el potencial de la variedad y en consecuencia su posible salto de cultivo experimental a cultivo comercial en Ribeira Sacra, se ha partido de una parcela de ensayo situada en el Ayuntamiento de O Saviñao, subzona de Ribeiras de Miño (D.O Ribeira Sacra), que cuenta con una plantación experimental de unas 3.000 plantas de Blanco Lexítimo cultivado sobre terrazas a una altitud de 470-500 m, sobre un suelo de pizarra de escasa profundidad, unas características excepcionales, pero típicas de Ribeira Sacra.

Se llevó a cabo un pormenorizado estudio microclimático de Ribeira Sacra y de la parcela experimental, con los datos proporcionados por las estaciones de MeteoGalicia y por la estación instalada en la parcela de ensayo, se calcularon el índice heliotérmico (HI), el índice de frescura de las noches (CI) el índice de Winkler-Amerine, la integral térmica activa, el período libre de heladas y la evapotranspiración de referencia (ETo), lo que nos permitió caracterizar el clima de las distintas zonas de la D.O y de la parcela experimental.

Se procedió a clasificar el suelo donde se asienta el cultivar y al análisis de su composición química, que, dada su singularidad, puede influir fuertemente sobre la fisiología de la planta y la calidad de los vinos.

Para evaluar su expresión en las condiciones de Ribeira Sacra se procedió a su caracterización molecular y su descripción ampelográfica, así como la evaluación de su ciclo anual.

Para cuantificar su capacidad de adaptación a este entorno se evaluaron, el potencial ecofisiológico

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

y agronómico (potencial hídrico, conductancia estomática, concentración de clorofila, potencial de agua en el suelo, desarrollo vegetativo y producción) de la variedad y se caracterizó espectralmente la parcela de ensayo calculando distintos índices de vegetación, valorando su correspondencia con los parámetros fisiológicos, para permitir mediante teledetección una mejor y más precisa gestión del cultivo.

Se evaluó el potencial enológico de Blanco Lexítimo, analizando la composición físico-química de los mostos y especialmente su potencial aromático, que determina en gran medida la calidad de un vino blanco y que se sometió a evaluación organoléptica por parte de un panel de catadores expertos para enjuiciar el vino y su potencial comercial.

Los resultados obtenidos confirman dos aspectos, en primer lugar, el buen potencial agronómico de la variedad en las condiciones específicas de Ribeira Sacra, los datos de producción, semejantes a variedades como Godello, confirman su capacidad de adaptación y el interés de esta variedad para el viticultor. Sobre este aspecto y su implantación en otras áreas de Ribeira Sacra, si se considera importante, a la vista de la evolución de las condiciones climáticas previstas, el buscar localizaciones en cotas elevadas y con exposiciones moderadas, dado el negativo efecto que han mostrado sobre la composición aromática de la variedad los fenómenos de sobremaduración y acortamiento del ciclo vegetativo, al producirse en esta variedad un fuerte desacoplamiento entre madurez tecnológica y aromática, en añadas cálidas.

En segundo lugar, la variedad muestra en las condiciones de Ribeira Sacra un excelente potencial enológico, con un buen equilibrio físico-químico y aromático de los mostos que se traslada a unos vinos equilibrados y fragantes, con altas notas de singularidad y una fuerte identidad.

En suma, los aspectos evaluados confirman a Blanco Lexítimo como una variedad con una excelente adaptación a Ribeira Sacra, donde se muestra capaz de ofrecer un óptimo resultado agronómico y enológico, para la producción de vinos de gran calidad e interés comercial.

RESUMO.

O desexo de recuperar o noso rico patrimonio vexetal, cultivado con anterioridade á crise da filoxera, que resultou fortemente diezmado polo Oidio e Mildium e mellorar as opcións competitivas dos nosos viños no mercado, con singularidade e calidade, require ampliar o coñecemento de variedades nas que o seu potencial non foi desenvolto. Unha destas variedades é Blanco Lexítimo, cuio coñecemento preliminar, limítase ás primeiras referencias bibliográficas de García de los Salmones (1912) que a sinala coma Blanco Lexítimo e a cita entre as variedades cultivadas en Paderne (comarca de Betanzos, A Coruña) e que Huetz de Lemps, xa en 1967, reitera como unha das variedades cultivadas en Betanzos trala crise da filoxera e que serviron de base para que traballos máis recentes desenvoltos polo CSIC e a EVEGA, permitisen a súa inclusión no “Rexistro de Variedades Comerciais”, do que quedara fora anteriormente e cuios traballos centraronse no comportamento da variedade nos seus redutos de cultivo atlánticos e

USC
DE COMPOSTELA

cantábricos, con condicións climáticas suaves e chans fértiles e frescos, moi diferentes ás condicións que se atopan en Ribeira Sacra, unha área fascinante, pero cunhas condicións edafoclimáticas extraordinariamente heteroxéneas e moi distintas as dos seus redutos máis habituais, o que requiría profundar sobre a súa capacidade de adaptación a un territorio, onde as variedades brancas resultan un cultivo minoritario.

Pois ben, para xulgar obxectivamente o potencial da variedade e en consecuencia o seu posible salto de cultivo experimental a cultivo comercial en Ribeira Sacra, partiuse dunha parcela de ensaio situada no Concello do Saviñao, subzona de Ribeiras de Miño (D.O Ribeira Sacra), que conta cunha plantación experimental dunhas 3.000 plantas de Blanco Lexítimo cultivado sobre terrazas a unha altitude de 470-500 m, sobre un chan de lousa de escasa profundidade, unhas características excepcionais, pero típicas de Ribeira Sacra.

Levouse a cabo un estudo microclimático pormenorizado de Ribeira Sacra e da parcela experimental, cos datos proporcionados polas estacións de Meteogalicia e pola estación instalada na parcela de ensaio, calculáronse o índice heliotérmico (HI), o índice de frescura das noites (CI) o índice de Winkler- Amerine, a integral térmica activa, o período libre de xeadas e a evapotranspiración de referencia (Eto), o que nos permitiu caracterizar o clima das distintas zonas da D.O e da parcela experimental.

Procedeuse a clasificar o chan onde se asenta o cultivar e á análise da súa composición química, que, dada a súa singularidade, pode influír fortemente sobre a fisioloxía da planta e a calidade dos viños.

Para avaliar a súa expresión nas condicións de Ribeira Sacra procedeuse á súa caracterización molecular e a súa descrición ampelográfica, así como a avaliación do seu ciclo anual.

Para cuantificar a súa capacidade de adaptación a esta contorna avaliáronse, o potencial ecofisiológico e agronómico (potencial hídrico, conductancia estomática, concentración de clorofila, potencial de auga no chan, desenvolvemento vexetativo e produción) da variedade e caracterizouse espectralmente a parcela de ensaio, calculando distintos índices de vexetación e valorando a súa correspondencia cos parámetros fisiolóxicos, para permitir mediante teledetección unha mellor e máis precisa xestión do cultivo.

Avaliouse o potencial enolóxico de Blanco Lexítimo, analizando a composición físico-química dos mostos e especialmente o seu potencial aromático, que determina en gran medida a calidade dun viño branco e que se someteu a avaliación organoléptica por parte dun panel de catadores expertos para axuizar o viño e o seu potencial comercial.

USC
DE COMPOSTELA

Os resultados obtidos confirman dous aspectos, en primeiro lugar, o bo potencial agronómico da variedade nas condicións específicas de Ribeira Sacra, os datos de produción, semellantes a variedades como Godello, confirman a súa capacidade de adaptación e o interese desta variedade para o viticultor. Sobre este aspecto e a súa implantación noutras áreas de Ribeira Sacra, considerase importante, á vista

da evolución das condicións climáticas previstas, o buscar localizacións en cotas elevadas e con exposicións moderadas, dado o negativo efecto que mostraron sobre a composición aromática da variedade os fenómenos de sobremaduración e acortamento do ciclo vexetativo, ó producirse nesta variedade un forte desacoplamento entre madurez tecnolóxica e aromática, en colleitas cálidas.

En segundo lugar, a variedade mostra nas condicións de Ribeira Sacra un excelente potencial enolóxico, cun bo equilibrio físico-químico e aromático dos mostos que se traslada a uns viños equilibrados e fragantes, con altas notas de singularidade e unha forte identidade.

En suma, os aspectos avaliados confirman a Blanco Lexítimo como unha variedade cunha excelente adaptación a Ribeira Sacra, onde se amosa capaz de ofrecer un óptimo resultado agronómico e enolóxico, para a produción de viños de gran calidade e interese comercial.

SUMMARY.

The desire to recover our rich viticulture heritage, cultivated prior to the phylloxera crisis, which was strongly decimated by Oidium and Mildium too, and the need to improve the competitive options of our wines in the market, with uniqueness and quality, requires expanding the knowledge of that varieties whose potential has not been developed. One of these varieties is Blanco Lexítimo, whose preliminary knowledge is limited to the first bibliographical references by García de los Salmones (1912), which named it as Blanco Legítimo in the citation between the varieties grown in Paderne (region of Betanzos, A Coruña). Huetz de Lemps, already in 1967, reiterates it like one of the varieties cultivated in Betanzos after the phylloxera crisis and that served the basis for more recent works developed by the CSIC and the EVEGA, to allow its inclusion in the "Commercial Varieties Register", from which it stood outside and whose work focused on the behaviour of the variety in its atlantic and cantabrian growing strongholds, with mild climatic conditions and fertile and fresh soils, very different to the conditions of Ribeira Sacra, a fascinating area, but with extraordinarily heterogeneous edaphoclimatic conditions, very different from its most common redoubts, that required deepening on its ability to adapt to this territory, where white varieties are a minority crop.

Well, in order to objectively judge the potential of the variety and consequently its possible jump from experimental cultivation to commercial cultivation in Ribeira Sacra, we have started from a test plot located in O Saviñao, Ribeiras de Miño sub-area (D.O Ribeira Sacra), which has an experimental plantation of 3.000 Blanco Lexítimo plants, grown on terraces at an altitude of 470-500 m, on shallow slate soil. Exceptional characteristics, but typical of Ribeira Sacra.

A detailed microclimatic study of Ribeira Sacra and the experimental plot was carried out, with the data provided by the MeteoGalicia stations and the station installed in the test plot, the heliothermal index (HI), the cold night index (CI), the Winkler-Amerine index, active thermal integral, the frost-free

period and the reference evapotranspiration (ETo), which allowed us to characterize the climate of the different areas in the D.O and the experimental plot.

We proceeded to classify the soil where the cultivar sits and to analyse its chemical composition, which, given its uniqueness, can strongly influence the physiology of the plant and the quality of the wines.

To evaluate its expression in the conditions of the Ribeira Sacra, its molecular characterization and ampelographic description were carried out, as well as the evaluation of its annual cycle.

To quantify its ability to adapt to this environment, the ecophysiological and agronomic potential (water potential, stomatal conductance, chlorophyll concentration, water potential in the soil, vegetative development and production) of the variety were evaluated and different vegetation index were calculated by spectral analysis in the experimental plot, assessing their correspondence with the physiological parameters, to allow a better and more precise crop management through remote sensing.

The enological potential of Blanco Lexítimo was evaluated, analysing the physical-chemical composition of the musts and especially their aromatic potential, which largely determines the quality of a white wine and which was subjected to organoleptic evaluation by a panel of expert tasters, to judge the wine and its commercial potential.

The results obtained confirm two aspects, firstly, the good agronomic potential of the variety in the specific conditions of Ribeira Sacra, the production data, similar to varieties as Godello, confirm its adaptability and the interest of this variety for the viticulturist. Regarding this aspect and its implementation in other areas of Ribeira Sacra, in view of the climate change conditions, it is important to look for locations at high elevation and with moderate exposures, avoiding the negative effect that high temperature and over-ripening shown in the aromatic composition of the variety, shortening the vegetative cycle, which in this variety produces a strong decoupling between technological and aromatic maturity in warm vintages.

Secondly, the variety shows excellent oenological potential under the conditions of Ribeira Sacra, with a good physical-chemical and aromatic balance of the musts that is transferred to balanced and fragrant wines, with high notes of uniqueness and a strong identity.

In sum, the evaluated aspects confirm Blanco Lexítimo as a variety with an excellent adaptation to Ribeira Sacra, where it is able to offer an optimal agronomic and oenological result, for the production of high quality wines of commercial interest.

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN ... 1
1.1. Algunos datos sobre el cultivo de la vid en el mundo y en España ... 1
1.2. El cultivo de la vid en Galicia ... 4
1.3. Diversidad genética varietal en Galicia ... 5
1.4. La Ribeira Sacra ... 7
1.5. La variedad Blanco Lexítimo ... 9
1.6. Caracterización varietal ... 9
1.6.1. Identificación varietal ... 10
1.6.2. Caracterización agronómica ... 10
1.6.2.1. Fenología ... 10
1.6.2.2. Fisiología ... 11
1.6.3. Caracterización Bioquímica. Calidad del fruto ... 17
1.6.3.1. La composición físico-química ... 18
1.6.3.2. La composición aromática ... 18
1.6.4. La composición aromática de la variedad Blanco Lexítimo ... 20
1.6.5. Microclima de la canopy y calidad de la uva ... 21
2. OBJETIVOS ... 25
3. MATERIAL Y MÉTODOS ... 27
3.1. Diseño experimental ... 27
3.2. Parcela experimental ... 29
3.2.1. Localización y características básicas de la parcela ... 29
3.2.2. Base geológica y suelos de la parcela de ensayo ... 29
3.2.3. Análisis de suelo ... 30
3.3. Condiciones edafoclimáticas ... 33
3.4. Material vegetal ... 36
3.4.1. Origen del material vegetal ... 36
3.4.2. Caracterización ampelográfica ... 36
3.4.3. Caracterización genética ... 38
3.4.4. Comportamiento ecofisiológico y agronómico ... 41
3.5 Caracterización enológica ... 47
3.5.1. Control de maduración y vendimia ... 47
3.5.2. Evaluación de los mostos ... 48
3.5.3. Evaluación de los vinos ... 50
3.6. Evaluación sensorial ... 55
3.7. Análisis estadístico ... 56
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN ... 59
4.1. Evaluacion de las condiciones edafoclimáticas del área de cultivo ... 59
4.1.1. Caracterización climática ... 59
4.1.2. Caracterización edáfica del suelo de cultivo de Blanco Lexítimo ... 93
4.2. Caracterizacion varietal de Blanco Lexítimo ... 96
4.2.1. Caracterización ampelográfica de Blanco Lexítimo ... 96

USC UNIVERSIDADE DE COMPOSTELA

4.2.2. Caracterización molecular de Blanco Lexítimo 102
4.3. Caracterizacion agronómica de Blanco Lexítimo 108
4.3.1. Fenología de la variedad Blanco Lexítimo 108
4.3.2. Parámetros fisiológicos 111
4.4. Caracterizacion enológica 137
4.4.1. Caracterización de los mostos de Blanco Lexítimo 137
4.4.2. Caracterización de los vinos de Blanco Lexítimo 153
4.5. Evaluación sensorial 164
4.5.1. Evaluación sensorial de los vinos elaborados con Blanco Lexítimo 164
5. CONCLUSIONES 169
6. REFERENCIAS 171

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Índices bioclimáticos (Tonietto y Carbonneau 2004) 17
Tabla 2. Localización de los puntos de toma muestra de tierra 31
Tabla 3. Clasificación Índice de Huglin (Huglin,1986) 34
Tabla 4. Regiones térmicas determinadas por Amerine y Winkler 34
Tabla 5. Clasificación Índice de Frescura (Tonietto y Carbonneau, 2004) 35
Tabla 6. Listado de los 39 descriptores ampelográficos OIV empleados (2019) 37
Tabla 7. Listado de marcadores microsatélite OIV (2019) e IMIDRA 39
Tabla 8. Listado de marcadores microsatélite OIV (2019) e INIAV 41
Tabla 9. Localización plantas control fisiológico 43
Tabla 10. Familias de compuestos químicos 50
Tabla 11. Parámetros físico-químicos analizados 52
Tabla 12. Compuestos volátiles y sus descriptores 54
Tabla 13. Índices climáticos. Ponte da Boga 62
Tabla 14. Índice Huglin. Ponte da Boga 62
Tabla 15. Clasificación Índice de Winkler. Ponte da Boga 63
Tabla 16. Clasificación Int. Térmica Activa. Ponte da Boga 64
Tabla 17. Clasificación Índice de Frío Nocturno. Ponte da Boga 64
Tabla 18. Clasificación Índice de Sequía, Ponte da Boga 65
Tabla 19. Índices climáticos. Míllara 67
Tabla 20. Índice Huglin. Míllara 68
Tabla 21. Clasificación Índice de Winkler. Míllara 68
Tabla 22. Clasificación Int. Térmica Activa. Míllara 69
Tabla 23. Clasificación Índice de Frío Nocturno. Míllara 69
Tabla 24. Clasificación Índice de Sequía. Míllara 69
Tabla 25. Índices climáticos San Fiz 72
Tabla 26. Índice Huglin. San Fiz 73
Tabla 27. Clasificación Índice de Winkler. San Fiz 74
Tabla 28. Clasificación Int. Térmica Activa. San Fiz 74
Tabla 29. Clasificación Índice de Frío Nocturno. San Fiz 74

Tabla 30. Clasificación Índice de Sequía. San Fiz 75
Tabla 31. Índices climáticos Marroxo 78
Tabla 32. Indice Huglin. Marroxo 79
Tabla 33. Clasificación Índice de Winkler. Marroxo 79
Tabla 34. Clasificación Int. Térmica Activa. Marroxo 79
Tabla 35. Clasificación Índice de Frío Nocturno, Marroxo 80
Tabla 36. Clasificación Índice de Sequía Marroxo 80
Tabla 37. Índices climáticos San Clodio 82
Tabla 38. Índice Huglin. San Clodio 83
Tabla 39. Clasificación Índice de Winkler. San Clodio 83
Tabla 40. Clasificación Int. Térmica Activa. San Clodio 84
Tabla 41. Clasificación Índice de Frío Nocturno, San Clodio 84
Tabla 42. Clasificación Índice de Sequía San Clodio 84
Tabla 43. Índices climáticos San Victorio 88
Tabla 44. Índice Huglin. San Victorio 89
Tabla 45. Clasificación Índice de Winkler. San Victorio 90
Tabla 46. Clasificación Int. Térmica Activa. San Victorio 90
Tabla 47. Clasificación Índice de Frío Nocturno. San Victorio 90
Tabla 48. Clasificación Índice de Sequía. San Victorio 91
Tabla 49. Valores promedio 2018, 2019 y 2020, para I.H, I.F, I.S. (C.C.M) 92
Tabla 50. Equivalencia CCM con otras zonas vitícolas 92
Tabla 51. Análisis granulométrico de la parcela de ensayo (± Desv. Est.) 93
Tabla 52a. Valores anuales promedio del análisis de suelo de la parcela de ensayo (± Desv. Est.) 94
Tabla 52b. Descripción ampelográfica de 39 caracteres OIV 97
Tabla 53. Marcadores Microsatélite de Blanco Lexítimo 104
Tabla 54. Valores estadísticos de la longitud de los alelos de cada microsatélite 107
Tabla 55. Estados fenológicos de Blanco Lexítimo 108
Tabla 56. Duración entre fases del ciclo (nº de días) 110
Tabla 57. Concentración de macro-elementos en hojas. Campaña 2018 127
Tabla 58. Concentración de micro-elementos en hojas. Campaña 2018 127
Tabla 59. Concentración de macro-elementos en hojas. Campaña 2019 128
Tabla 60. Concentración de micro-elementos en hojas. Campaña 2019 128
Tabla 61. Concentración de macro-elementos en hojas. Campaña 2020 128
Tabla 62. Concentración de micro-elementos en hojas. Campaña 2020 129
Tabla 63. Superficie foliar y LAI. Campaña 2018 y 2020 130
Tabla 64. Resultados productivos campañas 2018-2020. Blanco Lexítimo 131
Tabla 65. Resultados Análisis de Varianza. Campañas 2018-2020. Blanco Lexítimo 132
Tabla 66. Resultados productivos campañas 2019-2020. Blanco Lexítimo y Godello (parcela experimental y viticultores) 135
Tabla 67. Caracterización de las bayas de Blanco Lexítimo. Campañas 2018-2020 135
Tabla 68. Composición mineral (mg/l) de los mostos de Blanco Lexitímo y Godello (2018-2020) 138
Tabla 69. Composición físico-química de los mostos de Blanco Lexítimo durante la maduración (2019-2020) 140
Tabla 70. Composición fisico-química de mostos de Blanco Lexítimo y Godello (2018-2020) 141

Tabla 71. Composición físico-química de los mostos de Godello y Godello Vt (2019-2020)..... 142

Tabla 72. Evolución de la concentración (µg/l) de las familias de compuestos volátiles durante la maduración de Blanco Lexítimo (2019-2020)..... 146

Tabla 73. Composición volátil (µg/l) por familias de compuestos de los mostos de Blanco Lexítimo y Godello (2018-2020)..... 148

Tabla 74. Concentración de terpenos y C13-norisoprenoides (µg/l) en mostos de Blanco Lexítimo y Godello (2018-2020) 148

Tabla 75. Composición volátil (µg/l) de mostos de Godello y Godello de viticultores (2019-2020)..... 149

Tabla 76. Compuestos terpénicos y C13-norisoprenoides (µg/l) en B. Lexítimo, Godello y Godello Vt (2018-2020) 151

Tabla 77. Composición físico-química de los vinos elaborados con la variedad Blanco Lexítimo (2018-2020)..... 155

Tabla 78. Composición volátil (µg/l) por familias de compuestos de los vinos Blanco Lexítimo (2018-2020) 158

Tabla 79. Concentración (µg/l) de compuestos volátiles en vinos Blanco Lexítimo (2018-2020) 160

Tabla 80. Composición volátil (µg/l) por familias de compuestos de los vinos Blanco Lexítimo (2016-2020) 162

Tabla 81. Valores promedio de las puntuaciones del panel de cata de la DO Ribeira Sacra para los vinos de Blanco Lexítimo (2018-2020)..... 164

Tabla 82. Media Geométrica (%) para cada descriptor en vinos de Blanco Lexítimo (2018-2020)..... 165

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Superficie de viñedo por continentes (%) y por países (ha) 1

Figura 2. Superficie cultivada en % por Comunidades 2

Figura 3. Producción de uva según destino (%) y producción de vino (hl) por países..... 2

Figura 4. Mapa de las zonas amparadas por las DOP e IXP gallegas 4

Figura 5. Esquema de las relaciones de parentesco entre variedades cultivadas en el noroeste de la Península Ibérica (Martínez-Zapater e Ibañez, 2017)..... 6

Figura 6. Zona de producción DOP Ribeira Sacra (https://ribeirasacra.org/datos-consejo-regulador/es) 8

Figura 7. Clasificación de aromas (Rapp y Mandery, 1986; Bayonove et al. 2000; Aznar et al. 2001; Ferreira et al. 2002) 20

Figura 8. Detalle plantación Blanco Lexítimo. San Victorio (O Saviñao)..... 27

Figura 9. Localización parcela experimental y parcelas viticultores. (Google Earth)..... 28

Figura 10. Detalle plantación Godello. Santa Cubicia (Quiroga) 28

Figura 11. Construcción de terrazas sobre suelo de pizarra 30

Figura 12. Zonas de muestreo de suelo 31

Figura 13. Dispositivo de medida de potencial hídrico foliar 42

Figura 14. Estación meteorológica a) y sensor de humedad en hoja b)..... 43

Figura 15. Índice NDVI en la parcela experimental para a) 2018 (21/08/2018), b) 2019 (23/08/2019) y c) 2020 (22/08/2020)..... 47

Figura 16. Esquema del proceso de análisis de compuestos volátiles en mostos (SPE)..... 50

Figura 17. Esquema del proceso de análisis de compuestos volátiles en vinos (LLE)..... 53

Figura 18. Temperaturas medias y máximas Ponte da Boga..... 59

Figura 19. Diagramas Ombrotérmicos. Ponte da Boga 60

Figura 20. Diagramas Insolación/Radiacción. Ponte da Boga..... 61

Figura 21. Evolución Índices Climáticos. Ponte da Boga 62

Figura 22. Temperaturas medias y máximas Míllara..... 66

Figura 23. Diagramas Ombrotérmicos Míllara 67

Figura 24. Evolución Índices Climáticos Míllara 68

Figura 25. Temperaturas medias y máximas San Fiz 70
Figura 26. Diagramas Ombrotérmicos San Fiz 71
Figura 27. Diagramas Insolación/Radiacción. San Fiz 72
Figura 28. Evolución Índices Clímaticos. San Fiz 73
Figura 29. Temperaturas medias y máximas Marroxo 76
Figura 30. Diagramas ombrotérmicos Marroxo 77
Figura 31. Diagramas Insolación/Radiación campañas, 2018, 2019, 2020, Marroxo 78
Figura 32. Evolución Índices Climáticos Marroxo 78
Figura 33. Temperaturas medias y máximas San Clodio 81
Figura 34. Diagramas Ombrotérmicos San Clodio 81
Figura 35. Evolución Índices Climáticos San Clodio 83
Figura 36. Temperaturas medias y máximas San Victorio 86
Figura 37. Diagramas Ombrotermicos San Victorio 87
Figura 38. Diagramas Insolación/Radiación campañas, 2018, 2019, 2020 San Victorio 88
Figura 39. Evolución Índices Climáticos San Victorio 89
Figura 40. Conductividad eléctrica aparente vertical (0-150 cm) (mS m-1) 95
Figura 41. Conductividad eléctrica aparente horizontal (0-75 cm) (mS m-1) 96
Figura 42. Imágenes descriptivas de los 14 caracteres prioritarios de la OIV 101
Figura 43. Ficha VIVC, Albarín Blanco (Blanco Lexítimo) 103
Figura 44. Comparación de la longitud del Alelo 1 de Blanco Lexítimo 105
Figura 45. Comparación de la longitud del Alelo 2 de Blanco Lexítimo 105
Figura 46. Fenología de Blanco Lexítimo, día de cada campaña 109
Figura 47. Temperaturas medias anuales San Victorio 109
Figura 48. Duración entre fases fenológicas clave 110
Figura 49. Evolución Grados día acumulados (GDA). San Victorio 111
Figura 50. Evolución del potencial hídrico foliar de tallo. Medidas por bancal y Promedio. 2018 112
Figura 51. Evolución del potencial hídrico foliar de tallo. Medidas por bancal y Promedio. 2019 112
Figura 52. Evolución del potencial hídrico foliar de tallo. Medidas por bancal y Promedio. 2020 113
Figura 53. Evolución del potencial hídrico foliar. Medidas Promedio para Blanco Lexítimo y Godello. 2019. San Victorio 114
Figura 54. Evolución del potencial hídrico foliar. Medidas Promedio para Blanco Lexítimo y Godello. 2020. San Victorio 114
Figura 55. Evolución del potencial hídrico de tallo. Medidas Promedio para Blanco Lexítimo y Godello. 2019. San Victorio 115
Figura 56. Evolución del potencial hídrico de tallo. Medidas Promedio para Blanco Lexítimo y Godello. 2020. San Victorio 115
Figura 57. Evolución del Balance Hídrico en San Victorio. 2019 116
Figura 58. Evolución del Balance Hídrico en San Victorio. 2020 116
Figura 59. Evolución del potencial hídrico foliar para Godello en diferentes subzonas de la DO Riberia Sacra. 2019 117
Figura 60. Evolución del potencial hídrico foliar para la variedad Godello en diferentes Subzonas de la DO Riberia Sacra. 2020 118
Figura 61. Evolución de la conductancia estomática. Medidas por bancal y Promedio. 2018 119
Figura 62. Evolución de la conductancia estomática. Medidas por bancal y Promedio. 2019 120
Figura 63. Evolución de la conductancia estomática. Medidas por bancal y Promedio. 2020 120

Figura 64. Evolución de la conductancia estomática. Medidas Promedio para Blanco Lexítimo y Godello. a) 2019 y b) 2020. San Victorio 121

Figura 65. Evolución del índice de concentración en clorofila. Medidas por bancal y Promedio. 2018 122

Figura 66. Evolución del índice de concentración en clorofila. Medidas por bancal y Promedio. 2019 123

Figura 67. Evolución del índice de concentración en clorofila. Medidas por bancal y Promedio. 2020. 124

Figura 68. Evolución del contenido en clorofila (CCI). Medidas Promedio para Blanco Lexítimo y Godello. a) 2019 y b) 2020. San Victorio 125

Figura 69. Evolución del potencial de agua en el suelo y de la precipitación. Ene 2018/Dic 2020. 124

Figura 70. Relación alométrica entre superficie foliar y longitud del nervio principal. a) sarmientos principales, b) secundarios 130

Figura 71. Producción de uva (kg/planta) para las variedades Blanco Lexítimo y Godello. 2018-2020 133

Figura 72. Número de racimos por planta para las variedades Blanco Lexítimo y Godello. 2018-2020 133

Figura 73. Peso medio del racimo para las variedades Blanco Lexítimo y Godello. 2018-2020 133

Figura 74. Comparativo parámetros físicos de la baya 2018-2020 133

Figura 75. ACP de parámetros químicos de los mostos de Blanco Lexítimo (B Lex) y Godello de la parcela experimental (Godello) y Godello de viticultores (Godello Vt). (2018-2020) 143

Figura 76. Composición volátil total de Blanco Lexítimo en 3 momentos de la maduración (2018-2019) 145

Figura 77. Composición volátil total (µg/l) de los mostos de Blanco Lexítimo y Godello (2018-2020) 147

Figura 78. ACP de familias de compuestos volátiles de los mostos de Blanco Lexítimo (B Lex) y Godello de la parcela experimental y Godello de viticultores (Godello Vt) (2018-2020) 150

Figura 79. ACP de compuestos terpénicos en mostos de B. Lexítimo, Godello y Godello Vt. Datos promedio 2018-2020 152

Figura 80. ACP de compuestos C13-norisoprenoides en mostos de B. Lexítimo, Godello y Godello Vt. (Datos promedio 2018-2020) 153

Figura 81. Evolución de la fermentación alcohólica de mostos de la variedad Blanco Lexítimo (2018-2020) 155

Figura 82. ACP de los parámetros físico-químicos de vinos Blanco Lexítimo (2018-2020) 157

Figura 83. ACP por familias de compuestos volátiles de los vinos Blanco Lexítimo (2018-2020) 161

Figura 84. ACP por familias de compuestos de los vinos de Blanco Lexítimo 2016-2020 163

Figura 85. ACP de medias geométricas de los descriptores aromáticos de Blanco Lexítimo (2018-2020) 166

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

INTRODUCCIÓN

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Algunos datos sobre el cultivo de la vid en el mundo y en España

La vid constituye uno de los mayores cultivos hortícolas del mundo y su principal producto es el vino, de gran importancia económica y cultural en la región mediterránea. Hoy en día y según datos aportados por la OIV (2020), la vid ocupa en el mundo una superficie de aproximadamente 7,3 millones de hectáreas, situándose Europa a la cabeza en extensión de viñedo con un 45 %. Dentro de los países más importantes en superficie de viñedo, España ocupa el primer lugar, seguido por Francia y China, con prácticamente la misma superficie (Figura 1).

La superficie de viñedo en el mundo parece haberse estabilizado desde 2017, después de una drástica reducción de superficie de viñedo en países como Irán, Turquía, Portugal o Estados Unidos.

La Unión Europea mantiene, por séptimo año consecutivo, una superficie de viñedo de 3,3 millones de hectáreas, experimentando un equilibrio entre el arranque y la nueva plantación desde 2015. Esta estabilidad se puede atribuir a la gestión del potencial de producción vitivinícola, que desde 2016, ha permitido a los Estados miembros de la UE autorizar la plantación de hasta un 1 % de crecimiento anual del viñedo ya plantado.

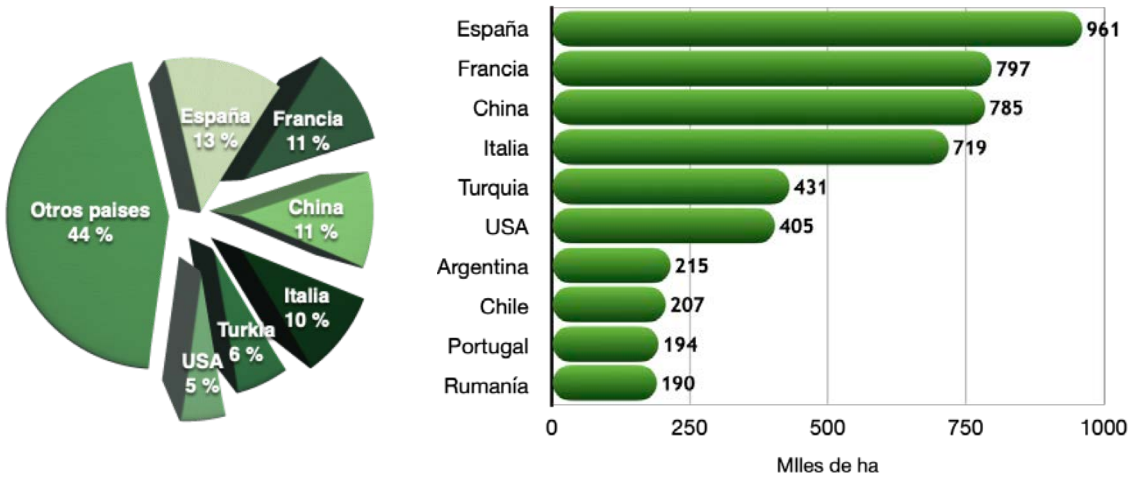


Figura 1. Superficie de viñedo por continentes (%) y por países (ha)

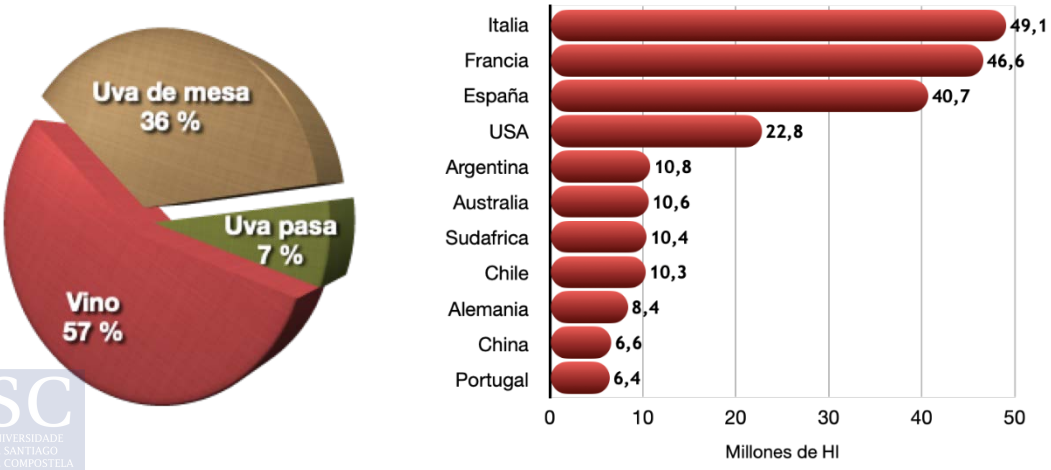
En España la superficie de viñedo, según datos aportados por la OIV (2020), alcanza casi un millón de ha, lo que supone casi el 29 % de la UE y el 13 % de la superficie mundial, de las que el 49 % corresponde a Castilla-La Mancha con 465.140 ha, seguido muy de lejos por Extremadura (83.763 ha), Castilla y León (72.891 ha), Comunidad Valenciana (59.915 ha), Cataluña (57.492 ha) y La Rioja (52.524 ha) (Figura 2). La superficie del resto de comunidades está por debajo de las 40.000 hectáreas.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Figura 2. Superficie cultivada en % por Comunidades

La importancia económica de sector vitícola está ligada al vino, puesto que el 57 % de la uva producida en el mundo se destina a este fin, mientras que el 36 % se dedica a uva de mesa y el 7 % a uva pasa (Figura 3).

La producción de vino se situó en 2020 en 260 millones de hectolitros, lo que supone un incremento respecto a 2019 de un 1 %. La producción de vino en la Unión Europea se estima en 165 millones de hectolitros, registrándose un incremento del 8 % respecto al año anterior. Dentro de la Unión Europea, Italia, Francia y España ocupan los primeros puestos en producción de vino, seguidos por EEUU (Figura 3). Italia, Francia y España suponen el 53 % de la producción mundial de vino, producción que se ha incrementado respecto al año anterior en un 3 %, un 11 % y un 21 % respectivamente. Este aumento podría atribuirse a una primavera y verano cálidos en estos países lo que favoreció una cosecha temprana y abundante en 2020 (OIV, 2020).



USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Figura 3. Producción de uva según destino (%) y producción de vino (hl) por países

La producción de vino en España se sitúa en 41 millones de hl de vino (16 % de la producción mundial y el 28 % de la producción europea), contando España con 95 zonas con denominación

de origen protegida (D.O.P., D.O., D.O.C., vinos de pago, vinos de calidad) y 42 zonas con indicación geográfica protegida (I.G.P.).

A pesar de la importancia de este cultivo, la viticultura mundial se encuentra amenazada por la reducción de la biodiversidad varietal provocada por la globalización, que ha ocasionado una gran homogenización y perdida de calidad diferencial de los vinos y por el cambio climático, que exige de adaptación y nuevos sistemas de producción sostenibles que puedan mitigar sus efectos. La diversidad genética de la vid se presenta pues, como una buena herramienta para afrontar los retos de la viticultura actual, lo que ha despertado un gran interés por recuperar variedades de cultivo tradicional, tanto conservadas en colecciones, como cultivadas de forma aislada, que en muchos casos se encuentran en peligro de extinción y que fueron abandonadas por ser poco productivas, pero que hoy en día pueden suponer una respuesta a las necesidades de calidad, sostenibilidad y diferenciación que impone el mercado, si se cultivan en un emplazamiento adecuado.

Hoy en día, y según datos aportados por el IMIDRA, España cuenta con 295 variedades inscritas en el registro de variedades comerciales, ocupando el quinto puesto en diversidad de viníferas después de Italia, Portugal, Grecia y Croacia. De estas 295 variedades, 194 son de vinificación y únicamente 161 se encuentran plantadas. De las variedades de vinificación, el 52 % de la superficie cultivada corresponde a variedades tintas, destacando entre ellas el Tempranillo, que representa un 42 % del total de variedades tintas y un 21 % (202.253 ha) de la superficie total de viñedo. En cuanto a las variedades blancas, suponen el 48 % de la superficie de viñedo plantada en España representando la variedad Airén (204.507 ha), el 22 % de la superficie total del viñedo existente en nuestro país y el 46 % de la superficie total de uva blanca plantada en España.

Además, únicamente 10 variedades suponen el 75 % de la superficie plantada y de ellas solo Airén y Tempranillo suman el 43 % de la superficie cultivada (las 151 variedades restantes, únicamente representan el 25 % de la superficie). Esta radiografía muestra la gran homogenización varietal que existe en España. Por este motivo surge la necesidad del estudio de estas variedades minoritarias que hoy serían interesantes para la producción de vinos de calidad diferenciada.

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

1.2. El cultivo de la vid en Galicia

El cultivo de la vid en Galicia se distribuye siguiendo el cauce de los principales ríos y fundamentalmente en cinco denominaciones de origen protegidas (D.O.P.), Ribeiro, Rías Baixas, Ribeira Sacra, Valdeorras y Monterrei y cuatro zonas vitícolas con indicación geográfica protegida (I.G.P.) con la mención de Viño da Terra, Val do Miño-Ourense, Betanzos, Ribeiras do Morrazo y Barbanza e Iria (Figura 4).

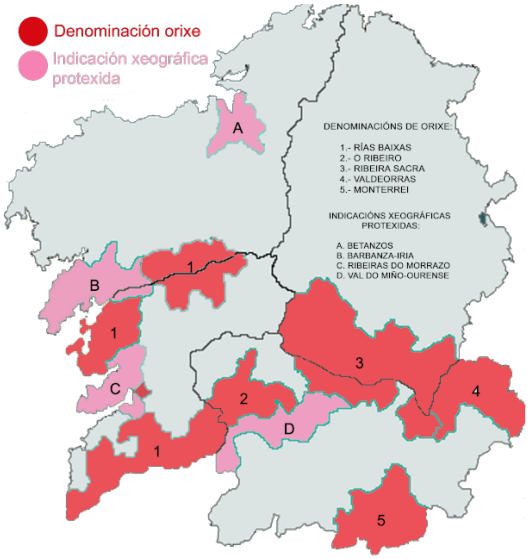


Figura 4. Mapa de las zonas amparadas por las DOP e IXP gallegas

La superficie plantada dentro de las zonas de producción de los vinos con D.O.P. es en la actualidad de 20.947 ha, según los datos del Registro Vitícola de Galicia (RVG, 2015), mientras que para I.G.P. es de 2.521 ha, sumando entre ambas figuras de protección 23.468 ha. Fuera de esta extensión hay que sumar 9.901 ha de viñedo para producción de vino no amparado en ninguna D.O.P. ni I.G.P., alcanzando así Galicia actualmente una superficie total de 33.369 ha.

La clave del éxito de los vinos gallegos está en la clara apuesta que el sector hizo por las variedades de viníferas locales. Estas variedades son, sin ninguna duda, el punto más fuerte de nuestra vitivinicultura. La diversidad de microclimas y suelos de Galicia y las técnicas de producción y selección sabiamente empleadas por los viejos viticultores dieron como resultado una magnífica herencia que, después de estar a punto de ser perdida, fue recuperada en las últimas décadas. Se trata de un grupo de variedades, tanto blancas cómo tintas, que están adaptadas a las condiciones edafoclimáticas de las diferentes comarcas gallegas, viníferas potencialmente productoras de vinos de calidad, vinos comparables a algunos de los más afamados del mundo que, como en el caso de Galicia, se producen en regiones en las que el clima

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

presenta condiciones límite para el desarrollo de la viticultura. En la regulación que se realizó con las nuevas denominaciones de origen e indicaciones geográficas, se hizo una clara apuesta por estas variedades de vinífera, impidiendo o limitando, el uso de variedades foráneas en la elaboración del vino.

1.3. Diversidad genética varietal en Galicia

Las regiones vitivinícolas del noroeste peninsular comparten en gran medida origen vitícola y variedades, lo que a veces genera sinonimias, homonimias y falsas sinonimias que generan confusión en la identificación varietal, como es el caso de la variedad del Blanco Lexítimo, como veremos más adelante. En los últimos años, varios equipos de investigación han contribuido de forma importante a clarificar la situación, utilizando herramientas morfológicas, morfométricas y moleculares para caracterizar diversos grupos varietales. El uso de un mismo juego de marcadores moleculares de tipo microsatélite en muchos de estos trabajos ha permitido el establecimiento de sinonimias y homonimias claras, tanto nacionales como internacionales, de manera que no existen dudas en cuanto a la identificación molecular de los principales cultivares de Galicia, a pesar de lo cual queda mucho trabajo para clarificar el origen de todas nuestras variedades y su interés.

Aun así, resumimos las conclusiones de los trabajos llevados a cabo por Díaz Losada et al. (2010, 2011, 2012, 2013), Martínez-Zapater e Ibáñez (2017), para establecer las relaciones de parentesco de las distintas variedades gallegas (Figura 5). Según estos autores, el núcleo de variedades que podríamos denominar autóctonas, pertenece en su mayor parte a cuatro grupos o familias varietales que se organizan en torno a otras tantas variedades fundadoras o progenitoras.

La principal variedad progenitora sería el Caíño Bravo, conocida en Portugal como Amaral. Esta variedad está relacionada con parentesco de primer grado (progenitora o descendiente) con muchas variedades, tanto tintas (Castañal, Caíño Longo, Caíño Tinto y Sousón), como blancas (Caíño Blanco y Loureira), de la que la primera derivaría de su cruzamiento espontáneo con la variedad Albariño y la segunda con la variedad portuguesa Branco Escola. El Caiño Bravo estaría también relacionada con más de diez variedades portuguesas como Amaral Branco, Falso Azal Branco, Barcello, Boal Molle, Douradinha, Malvasía de Colares, Mourisco du Minho, Rabo de Ovelha (Rabigato) y Falso Souza. La citada variedad Branco Escola, comparte la mitad de sus alelos con la variedad portuguesa Batoca, que a su vez está emparentada en primer grado con variedades cultivadas en la actualidad tanto en Galicia (Espadeiro y Treixadura) como en el norte de Portugal (Azal, Cascal, Doçal y Doçal de Refoios).

USC DE COMPOSTELA

Figura 5. Esquema de las relaciones de parentesco entre variedades cultivadas en el noroeste de la Península Ibérica (Martínez-Zapater e Ibañez, 2017)

Un tercer grupo, estaría formado alrededor de una variedad de origen europeo denominada Traminer en el norte de Italia y Savagnin en Francia, que está emparentada en primer grado con más de 50 variedades, francesas, italianas, alemanas, portuguesas, y españolas. Los parientes de Traminer en la Península Ibérica se concentran principalmente en el noroeste e incluye variedades como Carrasquín, Merenzao, Albarín Blanco o Prieto Picudo. Además, la hibridación espontánea entre Traminer y Castellana Blanca (una variedad ibérica que también ha contribuido en algunos pedigríes de la Península) habría dado lugar a la variedad Godello y a la variedad Verdejo, ampliamente cultivada en Castilla y León y ambas aromáticas. La variedad Bruñal es otro posible descendiente de Traminer y también podría estar en el origen de muchas variedades cultivadas en el noroeste de la Península Ibérica como Mencía, Torrontés, Mouratón y Douradinha. Además, entre los parientes europeos de Traminer es importante señalar la variedad Petit Manseng, que a su vez podría estar emparentada con Gros Manseng y éste a su vez podría ser progenitor o descendiente de la variedad gallega Albariño.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Finalmente, el cuarto grupo varietal se organiza alrededor de tres variedades fundadoras que seguramente fueron ampliamente cultivadas en Castilla y en la franja occidental de la Península: Hebén, Cayetana Blanca y Castellana Blanca. Hebén es progenitora junto con Bruñal de la variedad cultivada en Galicia como Torrontés y conocida en Portugal con el nombre de Arinto do Dão o Malvasía Fina. La variedad Cayetana Blanca, emparentada con Hebén, también ha hibridado con Bruñal para dar lugar a la variedad Mouratón. Cayetana Blanca está asimismo emparentada en primer grado con un gran número de variedades ibéricas como Dona Branca.

A nivel de identificación de su origen, nos faltaría por aclarar el parentesco de primer grado de Brancellao, Cagarrizo, Lado y Pedral. Brancellao, Lado y Pedral podrían estar relacionadas con el grupo de Traminer, aunque se requieren estudios de pedigríes más precisos y con mayor número de marcadores para confirmar esta información, a estas incógnitas habría que añadir la posibilidad de que Blanca de Monterrei no sea sinónima de Dona Branca (en principio el genotipo analizado en EVEGA también podría estar relacionado con el grupo de la variedad Traminer) y de que Loureiro Tinto tenga un genotipo diferente de Sousón, dudas que quedan pendientes de futuros análisis.

1.4. La Ribeira Sacra

La Ribeira Sacra emerge en 1991 con la concesión del distintivo de calidad de "Vino de la Tierra", para alcanzar la denominación de origen con la Orden del 30 de mayo de 1995 (DOG 130 de 7 de Julio de 1995) de la Consellería de Agricultura, Ganadería y Montes. Actualmente, esta D.O. se rige por la Resolución de 2 de diciembre de 2009, de la Dirección General de la Industria y Mercados Alimentarios, Orden del 29 de septiembre de 2009, de la Consellería del Medio Rural de la Xunta de Galicia, por la que se aprueba el Reglamento de la denominación de origen Ribeira Sacra y de su Consejo Regulador (BOE 24 febrero de 2010), siendo modificado su pliego de condiciones por la Orden do 27 de julio de 2020 (DOG 5 de agosto de 2020), en el que se actualizan determinados aspectos de interés.

La zona de producción de la D.O. Ribeira Sacra (Figura 6), se sitúa en el Sur de Lugo y Norte de Ourense, siguiendo el curso del río Sil hasta su unión con el Miño y desde aquí hasta cerca de Portomarín. Los viñedos se caracterizan por estar en bancales sobre suelo rocoso a base de esquisto, granito y pizarra y se divide en cinco subzonas, situadas en las provincias de Lugo y Ourense, que abarcan los siguientes municipios.

- Subzona de Amandi: Sober y Monforte de Lemos.
- Subzona de Chantada: Portomarín, Taboada, Chantada, Carballedo y A Peroxa.

- Subzona de Quiroga-Bibei: Monforte de Lemos, A Pobra de Brollón, Quiroga, Ribas de Sil, a Pobra de Trives, Manzaneda y San Xoan de Río.
- Subzona de Ribeiras do Miño: Paradela, O Saviñao, Pantón, Sober y Monforte de Lemos.
- Subzona de Ribeiras do Sil: A Teixeira, Parada do Sil, Castro Caldelas y Nogueira de Ramuín.

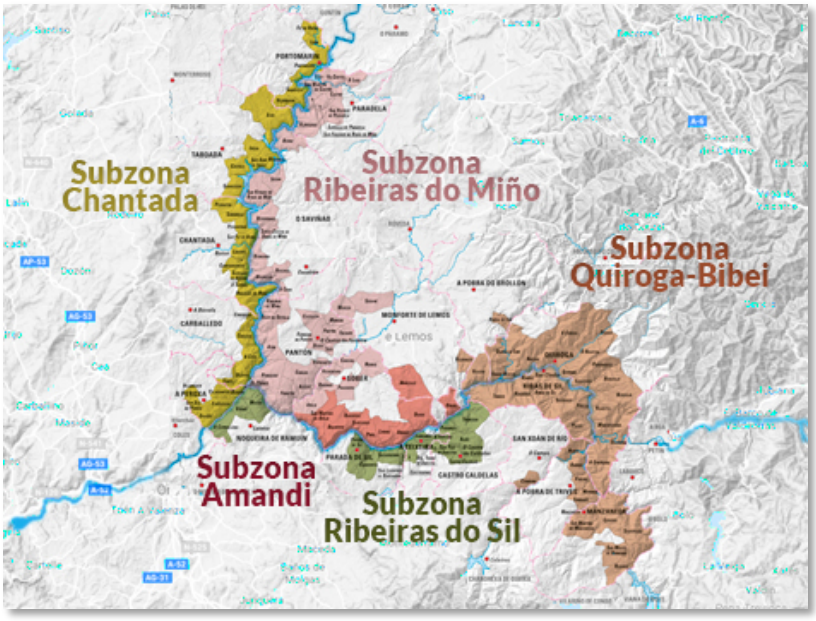


Figura 6. Zona de producción DOP Ribeira Sacra (https://ribeirasacra.org/datos-consejo-regulador/es)

Está DO está orientada fundamentalmente a la elaboración de vinos tintos, siendo la Mencía la variedad más extendida. Las variedades de vid cultivadas en la D.O. Ribeira Sacra son:

Tintas: Mencía, Brancellao, Merenzao, Sousón, Caiño Tinto, Caiño Longo, Caíño Bravo, como variedades secundarias se autoriza el uso de Garnacha Tintorera, Mouratón, Tempranillo y Gran Negro.

Blancas: Godello, Loureira, Treixadura, Dona Branca, Albariño, Torrontés, Branco Lexítimo y Caiño Blanco.

Los vinos de la D.O. Ribeira Sacra se clasifican en "Ribeira Sacra Súmmum" para aquellos vinos elaborados con un mínimo del 85 % variedades preferentes, quedando la mención "Ribeira Sacra" para los tintos con un porcentaje menor de variedades preferentes, que debe superar el 70 % del total.

Los vinos, tanto blancos como tintos, pueden someterse a crianza en barricas de hasta 500 o 600 litros respectivamente. El tiempo de permanencia mínimo también está definido y será de 6 meses en el caso de los vinos tintos y de 3 meses para los blancos. Los vinos que cumplen con estos requisitos pueden hacer uso de la mención "Barrica", así mismo la mención de "Vino de

Guarda" podrá emplearse en aquellos vinos criados en recipientes distintos del acero inoxidable con volúmenes de hasta 10.000 litros de capacidad.

1.5. La variedad Blanco Lexítimo

Como hemos señalado al hablar del origen de las variedades cultivadas en el norte de la península, las numerosas sinonimias, la escasez de ejemplares prefiloxéricos, la dificultad para interpretar o comparar las escasas descripciones ampelográficas existentes con ejemplares cultivados, han generado ciertas dificultades para convertir la variedad Blanco Lexítimo en variedad autorizada para su cultivo en Galicia, pese a su histórico arraigo en la zona de Betanzos, obtenida finalmente como sinonimia de la variedad Albarín Blanco (Asturias).

La primera descripción de esta variedad la realizó García de los Salmones en 1912, cuando se encontraba en la Estación Ampelográfica Central en Madrid de la que sería director entre 1914 y 1931, donde desarrolla una intensa labor de recolección y conservación de material vegetal autóctono, sobre el que desarrollan amplios trabajos de descripción ampelográfica, creando una colección de vides que sería la precursora de la finca *El Encín* (IMIDRA).

Hasta el desarrollo de las técnicas de identificación mediante marcadores moleculares, ha resultado un poco confusa la vinculación de la variedad con un genotipo concreto, hecho este, que quedó resuelto finalmente con la inscripción de la variedad en el Registro Nacional de Variedades Comerciales en el año 2011 (Orden ARM/624/2011 de 18 de marzo) por la que se dispone la inclusión de diversas variedades de distintas especies en el Registro de Variedades Comerciales (BOE 24 de marzo de 2011).

Posteriormente, se autorizó su uso en Galicia mediante el Decreto 256/2011 del 7 de diciembre, por el que se regula el potencial de producción vitícola de Galicia (DOG Núm. 60, 27 de marzo de 2012), inicialmente en la I.G.P. Betanzos.

En 2018, se incluyó como variedad preferente en el reglamento de la D.O. Ribeira Sacra, formalizado mediante la Resolución de 29 de junio de 2018, de la Dirección General de Ganadería, Agricultura e Industrias Agroalimentarias, por la que se da publicidad a la solicitud de modificación del pliego de condiciones de la denominación de origen protegida Ribeira Sacra (DOG 10 de julio de 2018).

USC UNIVERSIDADE DE COMPOSTELA

1.6. Caracterización varietal

La caracterización varietal tiene dos objetivos, por un lado, obtener una ficha identificativa de la planta que proporcione la mayor información posible sobre ella, tanto sobre su fenotipo

como sobre su genotipo y conocer las características agronómicas del cultivar (estados fenológicos, producción, calidad del fruto y del vino, sensibilidad a plagas y enfermedades, etc).

1.6.1. Identificación varietal

Inicialmente el proceso de identificación se realizaba mediante descripciones morfológicas, por lo tanto, la ampelografía ha sido el método más utilizado en la caracterización de variedades. Sin embargo, sería el desarrollo de las técnicas de biología molecular, lo que cambiaría la forma de identificar y caracterizar variedades, así la técnica de microsatélites (SSRs – Simple Sequence Repeats) permitiría conocer las sinonimias, conservar bancos de germoplasma, definir parentales, etc. Los australianos Thomas et al. (1994) publican la puesta a punto de la técnica para la identificación de variedades, que sería complementada por los estadounidenses Bowers y Meredith (1997) con el estudio de las relaciones de parentesco entre las variedades de vid, mediante el uso de marcadores moleculares (microsatélites), al descubrir que Cabernet Sauvignon es un híbrido espontáneo de Cabernet Franc y Sauvignon Blanc.

Todos los desarrollos a nivel molecular se basan en el estudio de marcadores microsatélite que consisten en evaluar una unidad de repetición de ADN de corta longitud (de 1 a 6 nucleótidos) que se repite en tándem en un número variable de veces y es específico para cada variedad. La variación en el número de repeticiones produce las diferencias en la longitud de la secuencia, denominándose a cada una de ellas alelo. Estas secuencias microsatélite se encuentran distribuidas por el ADN, de modo que, el análisis conjunto de diversas secuencias microsatélite produce un patrón de alelos que es específico para cada variedad. La gran reproducibilidad entre distintos laboratorios en el análisis de estos marcadores, ha permitido el desarrollo de estudios complementarios en distintos países y la elaboración de bases de datos que contienen los genotipos de un gran número de variedades de vid.

La plataforma "Proyecto Genoma de *Vitis vinífera*" en el centro de secuenciación GENOSCOPE (Francia), permite acceder a la secuencia de todo el genoma de *Vitis* para su consulta y permite conocer la secuencia de cada uno de los cromosomas, así como, acceder en tiempo real a toda la información que se vaya obteniendo sobre cualquier gen o información genética de la vid.

A nivel de Galicia, la Estación de Viticultura y Enología de Galicia (EVEGA) publica el Catálogo de Videiras Galegas (2011), donde se recogen las descripciones morfológicas y moleculares de las variedades cultivadas en Galicia, en total 67 genotipos, algunos de ellos desconocidos.

USC DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

1.6.2. Caracterización agronómica

1.6.2.1. Fenología

La caracterización agronómica de variedades de vid, engloba la descripción de las diferentes fases por las que pasa la planta durante su desarrollo vegetativo y reproductor, así como las condiciones de cultivo (localización, sistema de conducción, portainjerto, manejo, características del suelo, etc.) en las que se desarrolla la planta, que repercutirán en los parámetros relacionados con la producción, así como en la calidad final del fruto.

Respecto a la fenología de la planta, el conocimiento de los estados fenológicos es fundamental para conocer las necesidades de la planta para un buen funcionamiento, una buena maduración y por lo tanto una buena calidad del fruto. Al determinar la sucesión de los distintos eventos fenológicos, también se facilita la coordinación de las labores a realizar en el viñedo, tales como aplicaciones de pesticidas y fertilizantes, programación del riego, manejos culturales y coordinación de la cosecha de las distintas parcelas. La duración de las diferentes fases del ciclo de desarrollo de la planta permitirá también conocer la precocidad de la variedad.

La descripción de los distintos cambios morfológicos que se desarrollan en una planta han sido objeto de estudio por diversos autores. La escala fenológica de la vid, propuesta por Baggiolini fue una de las primeras y en la actualidad aún se sigue utilizando (Baggiolini, 1952). Mas tarde, Eichhorn y Lorenz (1977) propusieron una clasificación más exhaustiva, en la que se distinguieron 47 estados los cuales fueron numeradas por Coombe (1995) desde la yema invernal hasta la caída de las hojas. En la década de los 90, el desarrollo de los estudios fenológicos y su aplicación en la investigación del cambio climático, ha propiciado un interés por establecer una metodología común que permita la comparación y el análisis de los datos registrados en las diversas áreas geográficas. Con ello se llegó a la aceptación de la escala BBCH (Lorenz et al. 1995) como escala fenológica estándar adaptada por Meier (2001). Esta escala divide el ciclo completo de desarrollo en diez fases principales claramente diferenciables, que se identifican con números del 0-9 en orden ascendente. Cada uno de estos estadíos se subdivide en fases, que describen detalladamente las etapas cortas del desarrollo y que se codifican usando números del 0 al 9. La combinación correspondiente a un estadío principal de crecimiento y el número de una fase, da un código de dos cifras, que permite identificar la madurez fisiológica de la planta. La escala BBCH está basada en las características esenciales de una planta individual. Si la escala se aplica a una población, ésta debe ser representativa, al menos del 50 % de los individuos de la población (Hack et al. 1992).

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

1.6.2.2. Fisiología

El estudio de los cambios físicos y químicos que se producen en la planta es fundamental para conocer su funcionamiento, por lo tanto, la fisiología engloba todos los procesos de su

desarrollo. En las últimas décadas los estudios sobre fisiología de la vid han permitido importantes avances en la mejora del manejo y calidad del viñedo.

Estado Hídrico. La respuesta fisiológica del viñedo al régimen hídrico de cultivo, a través de la síntesis de carbohidratos derivados de la fotosíntesis, es la base de su comportamiento agronómico (Smart y Robinson, 1991)**.** Dicha respuesta obedece al estado hídrico de la cepa. Por tanto, evaluar el estado hídrico de la planta es crucial para entender su funcionamiento y para optimizar estrategias de mitigación de sequías, tales como el riego. La disponibilidad de agua, que afecta el estado hídrico de la planta y por lo tanto a la fisiología de la vid, la composición de la uva y el estilo y calidad del vino, es el resultado del suelo (tipo, profundidad y manejo) y del clima (demanda meteorológica y precipitaciones).

Entre las herramientas disponibles para medir el estado hídrico de la planta está, el potencial hídrico foliar, que combina una serie de factores como la demanda hídrica a nivel foliar, el agua disponible en el suelo, la conductividad hidráulica y la regulación estomática. Su medición puede realizarse al amanecer o al mediodía, en hoja directa, o embolsando la misma, en este caso se refiere como potencial de tallo, para ambos casos se emplea una cámara de presión (Scholander et al. 1965). El método de referencia usado en la actualidad para referirse al estado hídrico de la vid es la medición del potencial hídrico pre-amanecer ($\Psi_{predawn}$), el cual se realiza de una a dos horas antes de la salida del sol, cuando el estado hídrico de la vid está en su punto máximo. Las mediciones del potencial hídrico pre-amanecer presentan la ventaja de ser estables, independientes de las condiciones climáticas y altamente relacionadas con el estado hídrico del suelo en las vecindades de las raíces. Los valores umbrales para el $\Psi_{predawn}$ han sido propuestos por Carbonneau (1998), lo que facilita la evaluación del grado de déficit hídrico experimentado por la planta. A medida que evoluciona el día, la planta va sufriendo una pérdida progresiva de agua, con la apertura de estomas e inicio de la transpiración y fotosíntesis, alcanzando el momento de máxima demanda entre las 11:00 y 15:00 horas solares (Williams et al. 1994; Williams y Araujo, 2002), momento en la que se produce el máximo estrés, que se cuantifica con el potencial a mediodía solar y que por las propias condiciones climáticas a veces presenta mediciones inestables, para lo que se desarrolló la medición del potencial de tallo, donde se tapan las hojas para evitar la traspiración y la actividad fotosintética y estabilizar el potencial de la hoja y del xilema. El potencial hídrico de tallo se mide generalmente entre las 13:30 y las 15:30, cuando el estado hídrico de la planta está en su mínimo.

Definir con precisión la correspondencia entre el grado de déficit hídrico y los parámetros de calidad de la cosecha resulta complejo al estar en juego numerosas variables, de modo que se han desarrollado numerosos estudios para evaluar los efectos del estrés hídrico en la planta y la

posible influencia del riego (Jackson y Lombard, 1993), con evidencias tanto de efectos positivos como negativos sobre la calidad del fruto (Bravdo et al, 1985). En España, se han realizado estudios en las principales zonas vitícolas, que coinciden en señalar como efectos del riego, incrementos de producción significativos, aunque la máxima calidad del fruto se alcanza en cultivos mantenidos en condiciones ligeramente deficitarias de abastecimiento hídrico.

En Galicia, recientemente se han desarrollado trabajos sobre la influencia del estrés hídrico de la planta en la producción y la calidad de la uva. Un estudio comparativo desarrollado en la en la zona de Rías Baixas con la variedad Albariño, en el que se comparó riego subterráneo, aéreo y no riego, concluyó que existe una mayor resistencia al estrés y una mejor recuperación en cepas con fertirrigación subterránea y en menor medida en riego superficial, frente a las cepas sin riego (Martínez et al. 2012). En este estudio, se pudo comprobar que la aportación de agua facilita los nutrientes necesarios para el correcto desarrollo del ciclo vegetativo de la cepa, pero una adecuada gestión no evita que la planta pase los momentos de estrés necesario, evitándose de esta forma, que los brotes sean demasiado vigorosos en la floración, acelerando el proceso de lignificación y evitando bayas débiles y estresadas que comprometan la calidad de la cosecha. Otro trabajo (Fandiño et al. 2014) muestra los resultados de la influencia del régimen hídrico en la concentración de metabolitos en hoja y los parámetros de producción de la variedad Godello. En este trabajo, se llega a la conclusión de que los tratamientos de riego pueden mejorar el estado hídrico del viñedo, mejorando la producción y el peso medio del racimo e incrementando ligeramente la acidez, siendo una herramienta eficaz para limitar los efectos del cambio climático sobre nuestras variedades.

Los potenciales hídricos de tallo y foliar se usan en muchos países vitícolas para manejar el riego y para adaptar el riego a un cultivar específico. Es un método útil para el riego de precisión con la finalidad de manejar adecuadamente el agua.

Conductancia estomática. La respuesta fisiológica del viñedo al régimen hídrico, mediante la síntesis de carbohidratos derivados de la fotosíntesis va a determinar enormemente el comportamiento agronómico del cultivo (Smart y Robinson, 1991). La relación entre la fotosíntesis y la conductancia estomática encontrada en diversas situaciones es debida al cierre estomático, que constituye una de las primeras respuestas de la planta al estrés hídrico (Medrano et al. 2002). En situaciones de elevada evapotranspiración y estrés hídrico, las plantas varían la apertura de los estomas para mantener el potencial de agua de los tejidos y la integridad del xilema. La conductancia estomática muestra una buena respuesta a las variaciones de estrés hídrico y aunque, más variable que el potencial hídrico foliar (Intrigliolo y Castel, 2006), se muestra como un buen estimador del estado hídrico de la cepa (Yuste et al. 2004).

USC DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

La actividad fotosintética es fundamental para el crecimiento y desarrollo de la vid, pues de ella depende el grado de madurez de la uva y su composición específica en el momento de la vendimia. La clorofila es el pigmento responsable de captar la energía solar para convertirla en energía química, necesaría para la síntesis de carbohidratos a través del ciclo de Calvin. La posibilidad de incrementar el rendimiento y la calidad de la cosecha con un aumento en la tasa fotosintética ha sido considerada frecuentemente, debido a que, la biomasa seca producida por la planta está directamente relacionada con su capacidad fotosintética (Slafer et al. 1994). La temperatura, humedad relativa, radiación solar, disponibilidad de agua en el suelo y contenido de clorofila en las hojas, son los principales factores externos e internos que regulan la capacidad fotosintética.

Kliewer (1971) establece una relación entre la temperatura y la humedad, indicando que cuando la temperatura supera los 30 ^{o}C, la fotosíntesis disminuye rápidamente como consecuencia del cierre estomático, encontándose el óptimo de actividad entre los 10 ^{o}C y los 25 ^{o}C. Por encima del óptimo de temperatura, se produce la inhibición progresiva de la actividad enzimática (Carbonneau et al. 2000).

Dentro del pampano, la actividad fotosintética máxima se va desplazando a lo largo del ciclo anual, desde la base hacia el ápice debido al envejecimiento de las hojas (Schubert et al. 1995). De modo que, las hojas de los brotes secundarios resultan más eficaces que las de su mismo rango en el tallo principal. Las hojas alcanzan su mayor eficiacia fotosintética cuando llegan a su tamaño definitivo y partir de ese momento dicha tasa disminuye gradualmente con la edad (Vasconcelos y Castagnoli, 2000). De igual forma, las hojas sombreadas muestran menores valores de fotosíntesis neta y conductancia estomática, que las hojas soleadas, como fue observado en la variedad Cabernet Sauvignon (Iacono et al. 1995) y en la variedad Riesling (Schultz et al. 1996).

Potencial de agua en el suelo. Se trata de evaluar de modo simplificado el estado hídrico del viñedo, pues si bien el potencial hídrico foliar, es un buen indicador, como se ha visto anteriormente, requiere una operativa que consume tiempo y resulta compleja de aplicar en el viñedo, además de requerir personal cualificado.

Uno de los métodos alternativos utilizados, para medir el contenido de humedad del suelo, es el de la capacitancia, que consiste en medir la constante dieléctrica del suelo, estimada mediante la variación de la frecuencia de una onda electromagnética que se propaga por el suelo entre dos electrodos y que se relaciona con el contenido hídrico del suelo.

USC DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Un estudio desarrollado sobre las relaciones entre humedad del suelo y estado hídrico del Albariño bajo dos condiciones de riego (Mirás Avalos et al. 2013), concluye que existe una cierta relación entre los valores de potencial hídrico foliar al mediodía y el contenido en agua del

suelo en sus primeros 60 cm, constatando además que la vid puede extraer agua del suelo a profundidades mayores. Si la planta dispone de agua suficiente en capas más superficiales del suelo, la planta extraerá el agua que necesite de estas capas (Bravdo y Proebsting, 1993).

Análisis foliares. Ante las dificultades encontradas para interpretar los resultados de los análisis de suelos y su aptitud para alimentar el viñedo, el diagnóstico foliar permite evaluar el estado nutricional de la planta mediante el análisis de los elementos minerales contenidos en las hojas, ya que la hoja es el órgano que mejor refleja la actividad fisiológica y metabólica y, en consecuencia, la que regula el desarrollo general de la planta (Champagnol, 1990; Delás, 1990; Rodríguez, 1994). El análisis de la concentración de nutrientes en hoja, que depende en gran medida del suelo, clima, edad y manejo del cultivo, nos proporciona una buena información sobre el estado nutricional de la planta, que determina, en gran medida, la calidad y producción del cultivar.

Los principios fundamentales en los que se basa el análisis foliar se pueden resumir en dos (Hidalgo, 1999):

• el contenido de elementos minerales de las hojas está en relación directa con las cantidades de estos elementos extraídos del suelo por la cepa.

• hojas homólogas, es decir, tomadas sobre dos cepas diferentes pero de la misma variedad, edad, posición y cultivadas en idénticas condiciones (suelo, clima y técnicas culturales) tienen composiciones químicas comparables, lo que hace posible que los resultados obtenidos del análisis foliar de un reducido número de hojas de un viñedo homogéneo se puedan generalizar al conjunto de la parcela.

Evaluación del desarrollo vegetativo. El vigor de una planta va determinar la distribución espacial de los órganos aéreos, lo que afecta a la actividad fotosintética y al comportamiento estomático de las hojas, debido a que modifica la radiación interceptada, la temperatura y el estado hídrico de la planta (Patakas et al. 2005). Respecto a la producción de uva, se verán afectados los procesos de maduración y la composición de la baya (Carbonneau et al. 2000), debido a la exposición a la radiación, a los incrementos de temperatura (Kliewer, 1977; Spayd et al. 2002), a los procesos de ventilación y aireación interna en la zona de racimos y a la fertilidad de las yemas por acción directa de la iluminación (Kliewer et al. 1983).

La disposición espacial de la vegetación, es el factor principal que define un sistema de conducción (Smart y Robinson, 1991) y el que determina la intercepción lumínica de la planta, debiendose primar una distribución espacial uniforme y una baja densidad de vegetación para obtener una adecuada composición y rendimiento de la baya (Peláez, 1999).

La cantidad de hojas y la superficie de las mismas que tiene el dosel de vegetación, es el índice principal de medida de área foliar. El LAI (leaf area index) se define como la relación entre

la superficie de las hojas (sólo una cara de cada hoja) y la superficie del suelo ocupado por la planta. Carbonneau y Casteran (1986), la refieren como los metros cuadrados de superficie foliar total (SFT) por metro cuadrado de suelo cultivado, que es el concepto actualmente utilizado. Esta idea ha dado lugar a métodos de estimación del LAI, que han sido revisados (Pelaez, 1999). Hay métodos directos que se fundamentan en la medida en campo del área foliar, utilizando bien un planímetro de campo que estima directamente la superficie de la hoja, o bien otros parámetros como dimensiones de nervios y también, métodos gravimétricos de pesos de hojas, que son más rápidos en la medida pero necesitan un ajuste y calibración previo. El estudio de la superficie foliar nos ayuda a comprender mejor parámetros tales como, la tasa fotosintética, el uso del agua, la nutrición y el crecimiento de la planta y por tanto, el rendimiento y calidad de la uva (Williams y Martinson, 2003).

En general, la relación entre superficie foliar y rendimiento es uno de los factores claves para el equilibrio de la planta. Carbonneau (2000) considera que, la relación mínima debe ser 0,9 (kg/m^2). Sin embargo otros autores (Fuente-Lloreda, 2008) fijan una relación 1 kg/m^2 de superficie foliar con un número de capas de hojas de 2 a 5 para una espaldera, que se ha convertido en un valor de referencia estandar para evaluar el equilibrio de un viñedo.

El Índice de Ravaz, nos sirve para evaluar el equilibrio entre vegetación y producción de un viñedo y respecto a la superficie foliar presenta la ventaja de hacer una estimación más simple de calcular. Este cociente dependerá de la variedad de vid, las condiciones edafológicas y climáticas, etc. Teniendo en cuenta estos factores, en general, se considera que este índice debe estar comprendico entre 4 y 10, pues por encima de estos valores se considera que existe un desequilibrio, con un exceso de exportación que puede comprometer a la planta y la calidad del fruto (Kliewer y Dokoozlian, 2005).

Caracterización del clima. Para conseguir que los racimos adquieran las características deseables para la obtención de un producto de calidad, es necesario un clima óptimo y que la producción esté adaptada al propio clima, sin embargo, esto no es fácil, entre otras cosas porque la relación clima-producción-calidad es diferente para cada variedad**.**

El clima manifiesta su influencia a través de sus elementos: insolación, temperatura, precipitación, etc. Sin embargo, esta influencia parece quedar mejor descrita con los índices bioclimáticos (Branas, 1974; Huglin,1986) que se obtienen a partir de los elementos climáticos, que ponen en evidencia aspectos particulares ligados a la fisiología de la vid. Los índices tratan de obtener relaciones entre uno o más parámetros climáticos con la finalidad de caracterizar las aptitudes vitícolas desde distintos puntos de vista, capacidad productiva, posibilidades de maduración, vocación varietal, vocación vinícola, riesgo de enfermedades, etc.

USC DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

En la literatura científica y técnica, los índices que más se utilizan para la caracterización o zonificación climática de medios vitivinícolas son relativamente sencillos. Los conceptos más usados son: las temperaturas extremas (temperaturas bajo cero en partes vegetativas, leñosas y yemas, así como temperaturas muy altas), las temperaturas acumuladas, el balance hídrico y las temperaturas mínimas y/o amplitudes térmicas en el período de maduración de la uva. Dependiendo de los objetivos de la zonificación, puede ser conveniente centrarse en un enfoque multicriterio mediante la combinación de los índices que proporcionan información complementaria. Los índices agroclimáticos dentro de la Clasificación Climática Multicriterio de Geoviticultura (CCMG) permiten estimar el futuro impacto en las regiones vitivinícolas sobre la calidad del vino (Tonietto y Carbonneau 2004). Este sistema utiliza tres índices: el índice de Huglin, el índice de Frescor Nocturno y el índice de Sequía (Tabla 1).

Tabla 1. Índices bioclimáticos (Tonietto y Carbonneau 2004)

Índices	Fórmula	Clases	Rango de valores
Índice Huglin o Heliotérmico (HI) Caracteriza la idoneidad en general del tipo de viticultura y de la variedades en particular en localizaciones concretas	$\sum_{1\,\text{Abril}}^{30\,\text{Sept}} \frac{[(T_{media}-10)+(T_{max}-10)]}{2} * d$ Donde, Tmedia es la temperatura media diaria y Tmax es la máxima de las temperaturas diarias y d es un factor dependiente de la latitud	Muy cálido	HI > 3000
		Cálido	2400 < HI ≤ 3000
		Templado cálido	2100 < HI ≤ 2400
		Templado	1800 < HI ≤ 2100
		Fresco	1500 < HI ≤ 1800
		Muy Fresco	HI ≤ 1500
Índice de Frescor Nocturno(CI) Caracteriza color y aromas de uvas	$CI = T_{min\ in\ September}$ Donde, Tmin es la mínima diaria de las temperaturas en el mes de septiembre	Muy fresco	CI ≤ 12
		Fresco	12 < CI ≤ 14
		Templado	14 < CI ≤ 18
		cálido	CI > 18
Índice de Sequía (DI) Caracteriza el potencial de maduración y de calidad en base al contenido de agua del suelo	$DI = Wo + P - Tv - Es$ Donde, Wo es el potencial diario de evapotranspiración, P es precipitación diaria, *Tv* es potencial de traspiración y *Es* es evapotranspiración directa del suelo	Muy seco	DI ≤-200
		Seco	-200 < DI ≤ -100
		Moderadamente seco	-100 < DI ≤ 50
		Sub-húmedo	50 < DI ≤150
		Húmedo	DI > 150

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

1.6.3. Caracterización Bioquímica. Calidad del fruto

El estudio de los compuestos del metabolismo secundario implicados en la calidad del fruto de las diferentes variedades de vid, ha adquirido una gran importancia en la caracterización varietal. Las concentraciones de diferentes parámetros como los azúcares, ácidos, compuestos

fenólicos, aminoácidos o compuestos volátiles de la uva en vendimia se corresponden, en general, con los parámetros finales de calidad de los vinos elaborados. En vinos blancos, la calidad está relacionada principalmente con dos aspectos, el aroma y la estructura en boca (Dubourdieu et al. 1986; Gunata et al. 1985; Wilson et al. 1984).

1.6.3.1. La composición físico-química

Algunos parámetros que tradicionalmente se emplean para evaluar la maduración y determinar la calidad de la uva están los basados en la cuantificación de sólidos solubles y ácidos orgánicos (principalmente, ácidos tartárico, málico y cítrico) (Jackson y Lombard, 1993). Respecto a la calidad, hay que tener en cuenta que el concepto de calidad ha experimentado un cambio en la última década, pasando de definir la calidad como uva sana y madura, teniendo en cuenta únicamente los compuestos del metabolismo primario (azúcar y ácidos orgánicos), a valorarse como factores positivos las características sensoriales que aportan los productos del metabolismo secundario muy ligados a la variedad y al ambiente de cultivo.

Por otra parte, la competencia en el mercado global del vino demanda una calidad diferenciada, lo que ha despertado un enorme interés hacia el estudio del metabolismo secundario y concretamente hacia los compuestos responsables del aroma por su implicación en la tipicidad y calidad diferenciada de los vinos. El ambiente y las condiciones de cultivo tienen efectos cuantitativos sobre la fisiología de la planta y por lo tanto sobre la actividad del metabolismo secundario. Cualquier circunstancia que altere la formación y acumulación de estos compuestos, tendrá una incidencia directa sobre la calidad de los vinos resultantes. Así el clima, el suelo y el manejo del cultivo tienen efectos directos e indirectos sobre los metabolitos secundarios implicados en la calidad del fruto (Smart, 1985) y, por lo tanto, es importante conocer el comportamiento de una variedad y su interacción con el ambiente en el que se desarrolla.

1.6.3.2. La composición aromática

El aroma del vino es de una gran complejidad, debida por una parte a su origen, como consecuencia de un complejo conjunto de interacciones biológicas, bioquímicas y tecnológicas y por otra, a la gran variedad de compuestos volátiles que es capaz de contener y cuyo intervalo de concentración oscila desde los miligramos/litro a los nanogramos/litro. En la uva son cientos los compuestos que pueden potencialmente contribuir al aroma del vino, entre los que se encuentran terpenoles, C_{13}-norisoprenoides, alcoholes, ésteres etílicos, ácidos y fenoles volátiles (Rapp y Mandery, 1986; Aznar et al. 2001; Ferreira et al. 2002). Los límites de percepción de estos compuestos varían, asimismo, considerablemente. En consecuencia, el impacto olfativo de los compuestos volátiles en el vino dependerá de la concentración y del umbral de percepción de

USC DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

cada compuesto. Así, ciertos compuestos traza, pueden jugar un papel fundamental en el aroma, mientras que otros, mucho más abundantes, pueden tener únicamente una ligera contribución al mismo. Además, el impacto de cada componente en las características organolépticas del vino dependerá de sus propiedades específicas.

Dependiendo de su origen, y teniendo en cuenta los procesos biotecnológicos empleados en elaboración del vino, el aroma del vino se puede clasificar en cuatro categorías distintas (Cordonnier y Bayonove, 1981; Bayonove, 1998) (Figura 7):

Aroma Varietal, característico de la variedad de uva, depende esencialmente del tipo de suelo, del clima, de las técnicas de cultivo, del estado sanitario y del grado de maduración de la uva. La mayoría de las variedades son poco aromáticas, y poseen fundamentalmente precursores de aromas. Entre las sustancias volátiles relacionadas con la tipicidad aromática de la uva, destacan los compuestos terpénicos y los C_{13}-norisoprenoides.

Aroma de Origen Prefermentativo, está dominado por los compuestos C6, que se desarrollan en el transcurso de los tratamientos de la uva durante la vendimia, el transporte, el estrujado o el prensado y también durante la maceración del mosto con el hollejo. Estos tratamientos van a permitir que los sistemas enzimáticos presentes en la baya entren en contacto con los sustratos, los ácidos grasos polinsaturados. Además, estos tratamientos incorporan oxigeno por lo que se producen reacciones de oxidación. Los compuestos implicados en el aroma en esta fase son alcoholes y aldehídos con 6 átomos de carbono, que se forman a partir de dos precursores, ácido linoleico y linolénico.

Aroma de Origen Fermentativo. Estos compuestos se forman fundamentalmente durante la fermentación alcohólica, llevada a cabo por las levaduras, que suponen la transformación de azúcar del mosto en etanol. Los compuestos volátiles que se forman en este proceso representan cuantitativamente la mayor parte del aroma de un vino. Los principales compuestos volátiles formados son el etanol, alcoholes superiores, ácidos orgánicos y sus ésteres, aldehídos y fenoles volátiles.

Aroma Postfermentativo, se forma a partir de las transformaciones que se producen durante la conservación, crianza y envejecimiento del vino, caracterizadas por un conjunto de reacciones físico-químicas de oxidación y reducción de los compuestos existentes en un vino joven. En estas condiciones el potencial oxidación-reducción es bajo y las sustancias volátiles que sufren modificaciones son los ésteres, compuestos terpénicos, C_{13}-norisoprenoides y fenoles volátiles entre otros. Durante la conservación del vino su composición en ésteres sufre reajustes (hidrólisis/esterificación) hasta alcanzar un equilibrio que dependen en gran medida del pH. Entre los ésteres, son los acetatos (ésteres de ácido acético y alcoholes superiores) los más sensibles al pH, disminuyendo su concentración a pH bajo, lo que supone una pérdida de frescor y carácter

USC DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

afrutado en vinos jóvenes. Durante la conservación, los alcoholes superiores evolucionan poco (Marais y Pool, 1980; Marais et al. 1992), por ejemplo, el contenido en 2-feniletanol, uno de los alcoholes superiores que tienen impacto olfativo, disminuye ligeramente su concentración con el tiempo, viéndose afectado fundamentalmente por la temperatura, reduciéndose más sus niveles cuanto más elevada resulta esta. El vino, durante la crianza, también puede enriquecerse en monoterpenos y norisoprenoides, como consecuencia de la hidrólisis ácida de las formas glicosiladas en la uva, además, la conservación en botella provoca una disminución de la concentración de fenoles volátiles (4-vinilfenol y 4-vinilguayacol) reduciendo el aroma fenólico de ciertos vinos.

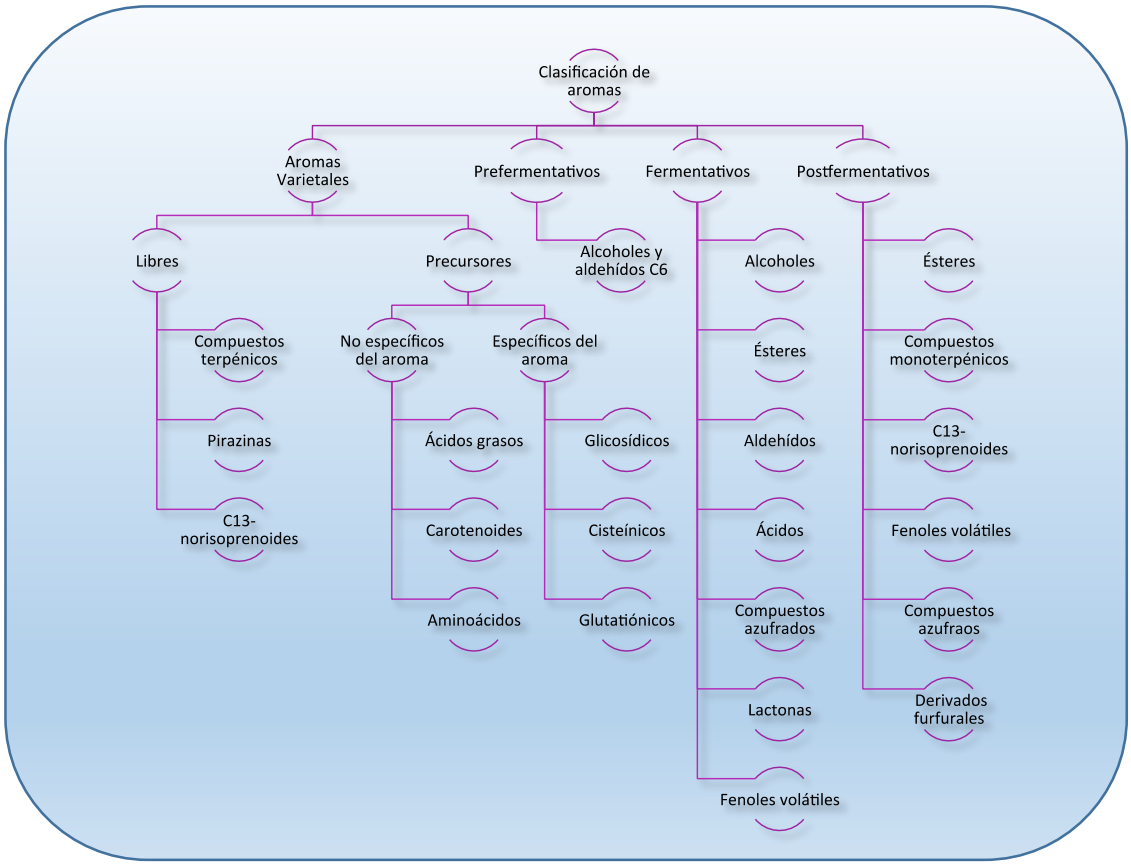


Figura 7. Clasificación de aromas (Rapp y Mandery, 1986; Bayonove et al. 2000; Aznar et al. 2001; Ferreira et al. 2002)

1.6.4. La composición aromática de la variedad Blanco Lexítimo

Pocos trabajos se han publicado sobre la variedad Blanco Lexítimo y más concretamente sobre su composición aromática a pesar de ser sus vinos muy apreciados debido a su aroma varietal. El primer estudio desarrollado sobre la composición volátil de esta variedad cultivada en la zona de Betanzos (Vilanova et al. 2009) tuvo como objetivo identificar y cuantificar los

compuestos volátiles presentes en los vinos con la finalidad de caracterizar el perfil aromático. Este trabajo concluyó que el octanoato de etilo, acetato de isoamilo, hexanoato de etilo y β-damascenona, fueron los compuestos que caracterizaban el aroma de los vinos Blanco Lexítimo aportando aromas a cítricos, banana, manzana y piña a los vinos.

Durante la maduración de la uva, se producen cambios sustanciales en la composición de la uva. Por tanto, es importante elegir el momento adecuado de vendimia porque la composición de la uva determinará la calidad del vino resultante. En este sentido, otro trabajo (Vilanova et al. 2012) muestra los cambios que se producen en la fracción libre y glicosilada del aroma de la variedad Blanco Lexítimo durante la maduración. Como era de esperar, se producen cambios significativos en la mayoría de los compuestos identificados en función de la fecha de maduración, alcanzando una mayor concentración de monoterpenos y más concretamente de linalol, en la última fecha de maduración.

Un estudio comparativo sobre la composición volátil y características sensoriales de los vinos elaborados con cinco variedades blancas de cultivo tradicional en Galicia (Vilanova et al. 2013) mostró una mayor concentración de terpenos en los vinos elaborados con las variedades Blanco Lexítimo y Loureira, resultando las concentraciones de geraniol y linalol en los vinos de la variedad Blanco Lexítimo muy superiores al resto de los vinos analizados (Loureira, Albariño, Treixadura y Torrontés).

1.6.5. Microclima de la canopy y calidad de la uva

El ambiente y las condiciones de cultivo tienen efectos cuantitativos sobre la fisiología de la planta y los metabolitos secundarios implicados en la calidad del fruto, afectando de modo directo a la fisiología y de modo indirecto al microclima o el vigor (Smart, 1985).

Los niveles climáticos se pueden resumir en macroclima o clima regional, mesoclima o clima zonal y microclima, que es el referido al clima de la planta, es decir, a nivel de hojas y frutos de un viñedo. El microclima depende básicamente de la cantidad y distribución de la superficie foliar en el espacio, por lo que las prácticas de cultivo que produzcan cambios en la vegetación o el control del vigor, van a producir alteraciones en el mismo.

Las hojas de la planta de vid, al igual que las de otras plantas, son grandes captadores de radiación solar, especialmente a la longitud de onda 400-700 nm, que corresponden a la radiación fotosintéticamente activa (Smart y Kliewer, 1987), de la que aproximadamente un 6 % es transmitida a través de la hoja, por lo que los niveles lumínicos en el interior de vegetaciones muy densas a menudo no alcanzan el 1 % (Smart, 1985; Smart y Kliewer, 1987).

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO

El manejo del microclima de la canopy pretende regular la exposición de hojas y frutos (Smart y Robinson, 1991), aunque la temperatura, la humedad, la velocidad del viento y la evapotranspiración también se ven alterados (Smart, 1985; Smart y Robinson, 1991), con diferentes implicaciones en la planta. El microclima es muy importante desde el punto de vista de la sanidad de la planta y mas concretamente del racimo. En canopias muy densas, la ventilación se ve reducida y existe una gran humedad en el entorno de los racimos, lo que favorece el desarrollo de enfermedades fúngicas tanto por el ambiente propicio para el hongo, como por la baja capacidad de penetración de los pesticidas (Kliewer, 1970; Zoecklein et al. 1992). Por el contrario, masas vegetales abiertas y porosas, favorecedoras de la ventilación e insolación, permiten una lucha más efectiva contra hongos patógenos, como la Botrytis (Smart y Robinson, 1991; Zoecklein et al. 1992).

La exposición solar puede alterar las condiciones térmicas de la uva con implicaciones en su composición (Kliewer y Lider, 1968; Smart y Sinclair, 1976; Crippen y Morrison, 1986). Sin embargo, la mayor consecuencia de la alteración del microclima es el cambio en la cantidad y calidad de la luz que llega a los diferentes niveles de la canopy y sus repercusiones en la producción y la composición final (Champagnol, 1984; Smart, 1985; Smart y Robinson, 1987). Se ha llevado a cabo mucha investigación sobre los efectos del manejo de la canopy en la composición de la uva y la calidad del vino. La mayoría de los estudios coinciden en describir una reducción de la producción y la calidad de la uva y el vino como resultado de una baja exposición solar (Kliewer y Lider, 1968; Smart, 1985; Crippen y Morrison, 1986; Reynolds et al. 1986; Reynolds y Wardle, 1989; Macaulay y Morris, 1993).

En general, la acidez total de la uva se ve disminuida con la exposición de los frutos, principalmente por la mayor degradación del ácido málico tanto por el aumento de luz como por la mayor temperatura consecuencia del aumento de la exposición (Kliewer y Smart, 1989; Jackson y Lombard, 1993; Reynolds et al., 1986, 1996 y 2007). Por otra parte, de todos estos factores ambientales, el que mas influencia directa tiene sobre los compuestos volátiles en la baya, es la luz, por su efecto sobre los genes implicados en su síntesis (terpeno sintasa y dioxigenasa). La síntesis de carotenoides está inducida por la luz en la uva verde y favorece su degradación a C13 norisoprenoides desde el envero a la maduración. De la misma forma la síntesis de terpenos esta inducida por la luz a partir del envero (Reynolds y Wardle, 1989; Reynolds et al. 1995). Otros estudios indican una disminución en los niveles de algunas pirazinas como consecuencia de la exposición (Smith et al. 1988). El sombreamiento de racimos se relaciona con la percepción de aromas “herbáceos” en el vino y la disminución de aromas afrutados (Reynolds et al. 1996). Por lo tanto, todas aquellas prácticas que impliquen una mayor exposición del fruto a la luz

USC DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

(incluyendo el manejo de la vegetación, reducción del uso del N_2 o estrés hídrico en la planta) son recomendados cuando lo que se busca es una mejora en la composición aromática varietal.

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

OBJETIVOS

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

2. OBJETIVOS

En la viticultura gallega, existen amplias lagunas de conocimiento en torno a variedades minoritarias, que, si bien se cultivaron con anterioridad a la crisis de la filoxera, quedaron a principios del siglo XX reducidas a pequeños nichos de cultivo, principalmente donde su resistencia a Oidio y Mildiu permitieron que no fuesen reemplazadas por variedades más resistentes y productivas. Una de estas variedades es Blanco Lexítimo, presente en el área Noroccidental de la Península Ibérica, abarcando sus nichos de cultivo desde el norte de la Ría de Arousa, hasta los Valles de Liebana en Cantabria.

En el caso de Galicia, los reductos donde se ha mantenido su cultivo quedan centrados principalmente en la zona de Boiro, Betanzos y Negueira de Muñiz, si bien, se han conservado algunos ejemplares dispersos de esta variedad en otras áreas vitícolas, como Ribeira Sacra.

El presente trabajo tiene por objetivo estudiar el potencial de la variedad Blanco Lexítimo para la elaboración de vinos de calidad en las condiciones de cultivo de Ribeira Sacra, que presenta unas características edafoclimáticas muy diferentes a las zonas costeras, Atlántica y Cantábrica, donde la variedad presenta un mayor arraigo en su cultivo. Para ello se plantean los siguientes objetivos específicos:

· Evaluar las condiciones edafoclimáticas más afines a la variedad Blanco Lexítimo en el ámbito geográfico de la Ribeira Sacra y su influencia sobre su potencial productivo y enológico.

· Estudiar el ciclo anual del Blanco Lexítimo y su adaptación a las condiciones de Ribeira Sacra.

· Determinar el potencial ecofisiológico y agronómico (potencial hídrico, conductancia estomática, concentración de clorofila, potencial de agua en el suelo, desarrollo vegetativo y producción) de la variedad.

· Evaluar la composición físico-química y volátil de los mostos de la variedad Blanco Lexítimo en las condiciones edadoclimáticas de Riberia Sacra.

· Conocer el perfil aromático y sensorial de los vinos elaborados.

· Estudiar la práctica enológica más adecuada para la elaboración de vinos Blanco Lexítimo de calidad en la Ribeira Sacra.

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

MATERIAL Y MÉTODOS

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Diseño experimental

Para el estudio de la variedad Blanco Lexítimo en las condiciones de Ribeira Sacra, subzona Ribeiras do Miño, se ha diseñado un ensayo experimental en el que se llevan a cabo diferentes enfoques, contemplando por una parte el estudio edafoclimático, la caracterización ampelográfica y genética, así como la evaluación fisiológica y productiva, y su potencial enológico.

El trabajo se ha llevado a cabo en la parcela comercial que la Bodega Ponte da Boga tiene en el ayuntamiento de O Saviñao (Figura 8), descrita en detalle en el siguiente apartado. Esta parcela cuenta con una buena representación de la variedad Blanco Lexítimo, así como otras variedades blancas típicas de la D.O. Ribeira Sacra, Godello, Loureira, Treixadura y Albariño. Para poder llevar a cabo la evaluación de la variedad, se ha considerado la variedad Godello como la variedad de contraste de Blanco Lexítimo, ampliamente estudiada y representativa de la D.O.

Además del estudio agronómico (producción y mostos) de la variedad Godello en la parcela experimental (San Victorio), se ha estudiado el comportamiento agronómico de la variedad en parcelas de viticultores, situados en la Subzona Quiroga-Bibei. Las parcelas de los viticultores con la variedad Godello, se sitúan en los ayuntamientos de Quiroga (Santa Cubicia) y Ribas de Sil (Vilar do Mato, O Verxel). La localización de las tres parcelas contempladas en el presente trabajo se incluye en la Figura 9.

La parcela situada en Sta Cubicia cuenta con una pendiente, por lo que los análisis del comportamiento productivo, se ha desarrollado en la parte inferior de la parcela, buscando condiciones similares a las de la plantación de Blanco Lexítimo y Godello en San Victorio (Figura 10).

Figura 8. Detalle plantación Blanco Lexítimo. San Victorio (O Saviñao)

Figura 9. Localización parcela experimental y parcelas viticultores. (Google Earth)

Figura 10. Detalle plantación Godello. Santa Cubicia (Quiroga)

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

3.2. Parcela experimental

3.2.1. Localización y características básicas de la parcela

Se trata de una finca situada en el Ayuntamiento de O Saviñao, subzona de Ribeiras de Miño (D.O. Ribeira Sacra) (Referencia Sigpac: 27/58/27/135), que se corresponde con las coordenadas: 42º 40´27,95´´ Norte y 7º 43´ 8,91´´ Oeste. La parcela cuenta con 16 ha plantadas con distintas variedades, entre las que existe un viñedo experimental de 1575 cepas de Blanco Lexítimo plantado en 2010 y 1450 plantas adicionales plantadas en 2011, en ambos casos se trata de material vegetal estándar, injertado sobre un patrón certificado (110-Ritcher). La plantación está instalada en terrazas, siguiendo las curvas de nivel a una altitud de 470-500 m, sobre un suelo de pizarra muy pobre, con un marco de plantación de 1,2 m entre plantas y 2,3 m entre filas. Debido al solape permitido por las terrazas, la densidad de plantación alcanza las 5.500 plantas/ha. El sistema de conducción consta de una espaldera, sobre la que se conducen las plantas en guyot simple, con el alambre de formación a 50 cm del suelo y cuatro alambres dobles, el último a 2 m de altura, lo que constituye una superficie de intercepción solar aproximada de $3m^2$ por planta. Sobre la calle se mantiene cubierta vegetal espontánea y bajo la fila se mantiene sin vegetación empleando herbicida, dada la imposibilidad de laboreo.

3.2.2. Base geológica y suelos de la parcela de ensayo

El suelo de parcela se compone de pizarra originada a partir de rocas sedimentarias arcillosas depositadas hace más de 500 millones de años (Vidal Romaní, J.R), a medio camino entre una formación metamórfica y una formación filática, con el plano de exfoliación ligeramente oblicuo. Los fenómenos de metamorfismo limitado, en la fracción superficial del suelo, son los responsables de que únicamente exista una finísima capa de suelo de unos 10 cm de profundidad, lo que obligó a alterar la estructura del mismo para permitir el cultivo de la vid.

Los trabajos de laboreo del terreno para la plantación (Figura 11) consistieron en el desmenuzado de la fracción superficial de terreno con riper y el aterrazamiento con bulldozer de 35 toneladas, que implicaba la creación de una terraza de 2,5 m a cota inferior, el ripado de la misma, para fracturar la estructura superficial de la pizarra y el vertido del suelo generado en la parte superior sobre la misma para su distribución.

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Figura 11. Construcción de terrazas sobre suelo de pizarra

Para la implantación de las cepas a una profundidad radicular suficiente, se creó un cono especial sobre la pica de una pala giratoria de 5,5 toneladas, que sobre un punto creaba un hueco de plantación de unos 60 cm de profundidad y 20 cm de diámetro superior, fracturando la pizarra que se rellenaba con humus de lombriz, al tiempo que se insertaba la planta con las raíces podadas antes del sellado con agua a presión.

Una vez finalizada la plantación, anualmente se pasa un pequeño riper con tractor en paralelo a la línea de cepas por el interior de la terraza a unos 10 cm de esta. Esta práctica permite a las raíces crecer en profundidad y expandirse más allá del hueco de plantación.

La especial geología del terreno condiciona las características del suelo de cultivo y limita en cierto modo las posibilidades de intervención sobre el mismo, como por otro lado, es habitual en Ribeira Sacra.

3.2.3. Análisis de suelo

Para un muestreo representativo de las condiciones del suelo de cultivo, se establecen cuatro zonas de muestreo en distintas terrazas (Figura 12), en las que se tomarán 3 puntos en cada una, en la fila superior (interior talud), en el centro de la calle y en la fila inferior (exterior talud) (Tabla 2).

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Figura 12. Zonas de muestreo de suelo

Tabla 2. Localización de los puntos de toma muestra de tierra

Localización tomas muestra análisis suelo		
Punto muestreo	**Latitud**	**Longitud**
Bancal 2	42°40'28.21"N	7°43'9.42"O
Bancal 5	42°40'26.12"N	7°43'9.44"O
Bancal 8	42°40'26,94"N	7°43'9,70"O
B. Lexitimo estación meteorológica	42°40'23.33"N	7°43'10.96"O

La profundidad de muestreo se situó finalmente en un máximo de 10 cm de profundidad de toma de muestra, al carecer el terreno de capa arable más profunda, al estar formado por pizarra no disgregada.

Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Edafología de la USC en Lugo, donde se trataron y se analizaron los siguientes parámetros: pH (H_2O), pH (KCl), Ca, Mg, Na, K, Al, ClC_e, S, Al, P, Carbono, Nitrógeno, C/N, FF, FG, Arena, Limo, Arcilla.

La **textura** de suelo se determinó por el método del densímetro de Bouyoucos, que se basa en la diferente velocidad de sedimentación de las partículas del suelo en función de su tamaño. Una vez determinados los correspondientes porcentajes de arena, limo y arcilla de la muestra de suelo, se determina la clase textural mediante el uso del triángulo del USDA.

Para medir **el pH** de las muestras se empleó el método de Guitián y Carballas (1976) mediante un potenciómetro CRISON 2002 con electrodo de vidrio sensible a H^+ y un electrodo para la compensación de la temperatura. La muestra se prepara diluyendo en relación 1:2,5 (p:v) 10 gr de suelo en agua y en KCl 0,1N, esperando 10 minutos para la medición del pH en agua y 2 horas para la medición del pH en KCl.

Para el análisis de **Carbono y Nitrógeno**, se empleó un analizador elemental TRUSPEC CN 628, donde la muestra, se pesa y encapsula previamente a la introducción de la misma en el analizador, la cual es oxidada a altas temperaturas y medida por detección infrarroja para el Carbono y Conductividad Térmica para el Nitrógeno, según el método Dumas. El fundamento consiste en que la muestra pesada y encapsulada se introduce en el horno de combustión para su completa oxidación. El carbono, hidrógeno y nitrógeno presentes en la muestra se oxidan a dióxido de carbono (CO_2), agua (H_2O) y NO_X respectivamente. Los minerales y metales forman óxidos en forma de partículas que se quedan en el crisol. Los gases resultantes son conducidos través del horno secundario para una mayor oxidación y retirar posibles partículas. A continuación, un tubo relleno de lana de acero y cuarzo elimina más partículas y absorbe las sales corrosivas, un PRE-COOLER y un COOLER termoeléctrico condensan el vapor de agua formado en la combustión para su eliminación. Las mezclas de gases de la combustión tras su acondicionamiento son arrastradas por el Helio, hasta las celdas de Infrarrojo No-Dispersivo para la detección de CO_2, los gases NO_X son conducidos a la celda de Conductividad Térmica utilizada para detectar el N_2.

La determinación cuantitativa de la **materia orgánica** del suelo se realizó por él método de Schulte y Hopkins (1996), que la estima a partir de la pérdida de peso por calcinación de 5 g de suelo, precalentado a 105 ^{o}C, durante 3 horas en un horno a 360 ^{o}C. El porcentaje de materia orgánica se calcula como Carbono Total x 1,724 (factor de Van Bemmelen) si el contenido de M.O es inferior al 5,8 % y por 2,000 si es mayor.

La **Capacidad de Intercambio Catiónico** (CIC) se determinó por el método de Peech (1965). Se desplazaron los cationes del complejo de cambio con una disolución de NH_4Cl 1M, poniendo en contacto 50 ml de disolución con 5 g de suelo y agitando durante 10 minutos a 100 rpm, tras lo cual se deja reposar 24 horas y se procede a su filtrado.

El **Calcio y el Magnesio** se determinan mediante espectrofotometría de absorción atómica y el Potasio y el Sodio mediante espectrofotometría de emisión de llama (Espectrofotómetro Varian 220 FS).

Acidez de cambio. En el suelo se encuentran los cationes ácidos (Al^{3+}, H^{+}) y los cationes básicos (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+} y Na^{+}). La fracción de los cationes básicos que ocupan posiciones en los coloides del suelo se refiere al porcentaje de saturación de bases y se encuentra vinculada al pH del suelo. La determinación se realiza mediante el desplazamiento de K^{+} (McLean, 1965), preparando una suspensión de 10 g de suelo en 100 ml de KCl 1 M y agitando durante 30 minutos, para posteriormente filtrarlo. Se toman 10 ml de la disolución, que se valora con NaOH 0,1 M (indicador fenolftaleína). Los resultados se expresan en cmol(+) kg^{-1}.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva ($\mathrm{CIC_e}$). Se determinó siguiendo el método de Kamprath (1970), expresando el resultado en cmol(+) $\mathrm{kg^{-1}}$.

El porcentaje de saturación de Aluminio se expresa como:

% S. Al = ($[\mathrm{Al^{3+}cmol(+)\ kg^{-1}}]/[\mathrm{CIC_e\ cmol(+)\ kg^{-1}}]$) * 100

Fósforo asimilable, se cuantificó mediante el Método Olsen (Olsen y Dean, 1965). A 1 g de suelo se le extrae el P asimilable con 5 ml de $\mathrm{NaHCO_3}$ 0,5N (pH 8,2). Del filtrado se coge 1 ml y se le añaden 2 gotas de $\mathrm{H_2SO_4}$, agitándolo para expulsar el $\mathrm{CO_2}$, a la mezcla se le añaden 10 ml de solución (Tartrato de antimonio y potasio, molibdato amónico, ácido sulfúrico, agua destilada y ácido ascórbico), formándose un complejo fosfomolibdico de color azul. El fósforo se determina por valoración colorimétrica en un Espectrofotómetro Cecil CE 2021 midiéndose la absorbancia a 882 nm. Los resultados se expresan en mg por kg de suelo.

Adicionalmente se llevó a cabo la medición de la **conductividad eléctrica aparente del suelo** (CEa), en abril de 2019, mediante inducción electromagnética con un equipo EM38-DD (Geonics Ltd) en dos profundidades, dipolo vertical a una profundidad de 0-150 cm (CEa-V) y dipolo horizontal a una profundidad 0-75 cm (CEa-H) (Mirás-Avalos et al. 2020). El objetivo ha sido comprobar si la estructura abancalada de la parcela experimental muestra diferencias reseñables entre los bancales estudiados y dentro de los mismos.

3.3. Condiciones edafoclimáticas

En la evaluación de las condiciones de cultivo vamos a emplear los datos proporcionados por las estaciones meteorológicas de MeteoGalicia, que se encuentren situadas en cada una de las cinco subzonas de la D.O. Ribeira Sacra: Ponte da Boga (RS), Míllara (RM), San Fiz (CH), Marroxo (AM) y San Clodio (QB). Con los datos proporcionados por MeteoGalicia para cada estación se realiza un estudio climatológico pormenorizado, de acuerdo con la metodología propuesta por Tonietto y Carbonneau (2004). Estos índices nos permitirán caracterizar el clima de Ribeira Sacra y para ello nos hemos valido del índice heliotérmico (HI), el índice de Winkler-Amerine (integral térmica eficaz), la integral térmica activa (ITa), el índice de frescura de las noches (CI), el índice de sequía (DI) y el período libre de heladas. La evapotranspiración de referencia (ETo) se calcula según la ecuación de Penman-Monteith (Allen et al. 1998)

USC

Índice Heliotérmico de Huglin (HI)

El índice heliotérmico de Huglin (Huglin, 1986) (Tabla 3), es un índice clásico que se utiliza para estimar el potencial heliotérmico del medio (IH) a partir de las temperaturas medias y

máximas durante el período vegetativo de la vid, con un coeficiente de corrección que tiene en cuenta la variación de la duración media de los días con la latitud, según la siguiente expresión:

$$IH = \sum(K((T^{a}\ ^{\circ}C_{ACTIVA} - 10) + (T^{m}\ ^{\circ}C_{MAX} - 10\ ))/2)$$

Periodo Vegetativo = 1 abril a 30 septiembre

Tª = Temperatura media diaria

Tm = Temperatura máxima diaria

K = Variación de la insolación con la latitud, que oscila de 1,02 a 1,06 entre los 40º y 50º de latitud para el hemisferio norte. Para Galicia se estima un valor de 1,03.

Tabla 3. Clasificación Índice de Huglin (Huglin,1986)

Clase	Sigla	Intervalo
Demasiado frío	IH0	< 1200
Muy frío	IH1	1200 - 1500
Frío	IH2	1500 - 1800
Templado	IH3	1800 - 2100
Templado cálido	IH4	2100 - 2400
Cálido	IH5	2400 - 2700
Muy cálido	IH6	2700 - 3000
Demasiado cálido	IH7	> 3000

Índice de Winkler (IW)

$$IW = \sum_{1\ de\ abril}^{30\ de\ octubre} (Tmd - 10)$$

Es el sumatorio de las temperaturas medias diarias (Tmd) que superen los 10 ºC (cero fisiológico o temperaturas efectivas para el desarrollo de la planta) para Ribeira Sacra se fija entre el 1 de abril y el 30 de octubre, fue creado por Amerine y Winkler (1944) en la Universidad de Davis (California). Según el valor alcanzado, Amerine y Winkler definen cinco regiones térmicas (Tabla 4).

Tabla 4. Regiones térmicas determinadas por Amerine y Winkler

Región I Fría	< 1371 ºC (GDA)	Adecuado a las variedades para vinos secos premium. En esta zona se debe cultivar con rendimientos bajos que permitan una lenta y adecuada maduración. Requieren suelo pobres y zonas con poca humedad y buen drenaje, para obtener buenos resultados
Región II Templada	1371 -1649 ºC (GDA)	Producen la mayor parte del vino mundial de calidad, con un buen cultivo, rendimientos razonables y buenas prácticas vitícolas, se obtienen magníficos resultados, con costes de producción inferiores a la región I
Región III Templado Cálida	1650-1926 ºC (GDA)	El clima, junto con la ayuda del riego permite buena maduración y elevado rendimiento, lo que tiende a producir vinos alcohólicos, con acideces bajas y aromáticamente neutros. Estas regiones son las responsables de la producción de la mayor parte del vino mundial

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Región IV Cálida	1927-2204 ºC (GDA)	Adecuada para la producción de vinos naturales dulces, pero en general se producen vinos alcohólicos y de baja acidez, aromáticamente neutros, requiere de variedades muy bien adaptadas para obtener buenos resultados. El riego permite producir en estas zonas con unos estándares de calidad razonables
Región V Muy Cálida	> 2204 ºC (GDA)	Adecuada para vinos dulces y de postre, se deben emplear variedades adaptadas de ciclo largo y buena acidez. Para obtener un buen resultado el riego es imprescindible

Integral Térmica Activa (ITa)

Índice climático correspondiente a la suma de grados-día durante el periodo activo de vegetación que calculamos sumando las temperaturas medias diarias superiores a 10 ºC desde el 1 de marzo hasta el 25 de octubre. Branas, Bernon y Lavadoux estiman valores necesarios entre los 2.726 y 3.837 ºC.

Índice de frescura de las noches (CI)

Este índice (Tabla 5) calcula la media de las temperaturas mínimas diarias durante los treinta días anteriores a la realización de la cosecha, en ºC.

Se basa en la relación entre temperaturas nocturnas moderadas y la biosíntesis de compuestos en las bayas durante el período final de la maduración, que transmitirán características favorables a los vinos. Tonietto y Carbonneau (2004) establecen la siguiente clasificación:

Tabla 5. Clasificación Índice de Frescura (Tonietto y Carbonneau, 2004)

	Valor (ºC)	Descripción del clima	Ejemplos
IF1	>18	noches cálidas	Santa Bárbara, Málaga, Marsala, Macedonia
IF2	>14 ≤18	noches templadas	Jerez, Montpellier, Toscana
IF3	>12 ≤14	noches frías	Pau, Vinhos Verdes, Porto, Bordeaux, Piamonte, Ribeira Sacra
IF4	≤12	noches muy frías	Quebec, Mossela, Labaux, Reims, Angers, Napa

Índice de Sequía (DI)

El índice de sequía es uno de los tres Criterios de Clasificación Climática para la Viticultura (Geoviticulture Multicriteria Climatic Classification System (MCC System)) y se calcula en base al balance del agua en el suelo, como una evolución de índice de VWI (Vineyard Water Indicator), para ello se emplea la fórmula:

$$DI = \sum (Wo + P - Tv - Es)$$

Wo = reserva de inicial de agua utilizable por las raíces (mm).

P = precipitación mensual (mm).

Tv = transpiración potencial mensual del viñedo (mm) y se obtiene con la fórmula:

$Tv = ETP \cdot k$

USC DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

ETP = Evapontranspiración de referencia (mm) obtenida por el método Penman-Monteith.

k = Coeficiente de absorción de radiación para el viñedo (k = 0,1 para el primer mes, k = 0,3 para el segundo y k = 0,5 para el resto).

Es = (ETP/N) · (1 − k) · JPm

N = número de días del mes.

JPm = es el número de días de evaporación efectiva del suelo por mes, que se estima como P/5≤N.

El cálculo para el hemisferio Norte abarca el periodo de abril a septiembre.

El Indicador de Agua en el Viñedo se calcula como: VWI = P/ETP.

Una forma simplificada de cálculo del índice de sequía (DI) es posible empleando la ecuación de Fonseca, Teodoro de Souza y Tonietto (BIO Web of Conferences 7, 01037 (2016), 39th World Congress of Vine and Wine).

$DI = 363.84\ VWI^2 + 834.47\ VWI - 257.17$ ($R^2 = 0.93$), para VHI <0.905.

Para valores VHI iguales o mayores a 0.905, DI es constante e igual a 200.

Período libre de heladas

Para su cálculo se transforman las fechas de heladas en un número de colocación siguiendo la secuencia de numeración anual, por ejemplo, el 13 de mayo equivale al número 133, el 1 de enero al número 1 y el 1 de febrero al número 32. Así las fechas se convierten en un número o días julianos, lo que permite su tratamiento estadístico, dado que las heladas constituyen fenómenos meteorológicos no periódicos.

3.4. Material vegetal

3.4.1. Origen del material vegetal

En la plantación se empleó material vegetal estándar proporcionado por viveros Vedo, sobre patrón 110 R certificado. Al objeto de garantizar la identidad varietal del mismo se sometió a un análisis morfológico y molecular.

Las plantas control, 7 por bancal, se distribuyen a lo largo de los bancales 1, 3, 5 y 8, sirviendo de referencia para los muestreos y análisis requeridos.

3.4.2. Caracterización ampelográfica

Los métodos ampelográficos siguen siendo hoy en día una de las formas más eficaces de identificación varietal, el problema de subjetividad en la apreciación de los caracteres se ha ido subsanando con el desarrollo de métodos y prácticas de referencia unificadas que se han ido enriqueciendo con criterios ampelométricos de evaluación y de modo más reciente las técnicas moleculares de identificación, especialmente la de marcadores moleculares microsatélite (SSR),

que han supuesto un enorme avance, especialmente para discriminar entre materiales vegetales muy semejantes.

Como establece la OIV (2019), la descripción ampelográfica seguirá las pautas de la segunda edición de la Lista de Descriptores OIV para Variedades de Vid y Especies de *Vitis* (Tabla 6). Cuando proceda, se deberá hacer referencia a los caracteres de resistencia o sensibilidad a condiciones desfavorables u organismos nocivos.

El perfil genético se obtuvo mediante el análisis de los nueve marcadores SSR de referencia, que proporcionan parámetros de comparación independientes del ambiente.

Tabla 6. Listado de los 39 descriptores ampelográficos OIV empleados (2019)

Lista mínima de caracteres ampelográficos		
Parte Observada	Carácter	Código OIV
Pámpano joven	Apertura de la extremidad	001
Pámpano joven	Intensidad de la pigmentación antociánica de los pelos tumbados de la extremidad	003
Pámpano joven	Densidad de los pelos tumbados de la extremidad	004
Pámpano	Porte (antes de ser tutorado)	006
Pámpano	Color de la cara dorsal del entrenudo	007
Pámpano	Color de la cara ventral del entrenudo	008
Pámpano	Número de zarcillos consecutivos	016
Hoja joven	Color del haz del limbo (4ª hoja)	051
Hoja joven	Densidad de los pelos tumbados entre los nervios en el envés del limbo (4ª hoja)	053
Hoja adulta	Forma del limbo	067
Hoja adulta	Número de lóbulos	068
Hoja adulta	Distribución de la pigmentación antociánica de los nervios principales del haz del limbo	070
Hoja adulta	Hinchazón del haz del limbo	075
Hoja adulta	Forma de los dientes	076
Hoja adulta	Grado de apertura/solapamiento del seno peciolar	079
Hoja adulta	Forma de la base del seno peciolar	080
Hoja adulta	Dientes en el seno peciolar	081-1
Hoja adulta	Base del seno peciolar limitada por la nervadura	081-2
Hoja adulta	Dientes en los senos laterales superiores	083-2
Hoja adulta	Densidad de los pelos tumbados entre los nervios principales sobre el envés del limbo	084
Hoja adulta	Densidad de los pelos erguidos sobre los nervios principales del envés del limbo	087
Hoja adulta	Profundidad de los senos laterales superiores	094
Flor	Órganos sexuales	151
Racimo	Longitud (excluyendo el pedúnculo)	202
Racimo	Compacidad	204
Racimo	Longitud del pedúnculo del racimo principal	206
Racimo	Forma	208
Racimo	Número de alas del racimo principal	209
Racimo	Peso de un racimo	502
Baya	Anchura	221

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Baya	Forma	223
Baya	Color de la epidermis	225
Baya	Intensidad de la pigmentación antociánica de la pulpa	231
Baya	Consistencia de la pulpa	235
Baya	Particularidad del sabor	236
Baya	Formación de pepitas	241
Baya	Peso de una baya	503
Vid	Época de desborre	301
Vid	Época del comienzo del envero	303

Para la caracterización ampelográfica realizada sobre la variedad Blanco Lexítimo, se estudió durante las campañas 2018, 2019 y 2020 el "Listado prioritario de caracteres primarios" que incluye los 14 caracteres imprescindibles para la identificación varietal y los 39 caracteres propuestos por la OIV en su listado mínimo para la identificación ampelográfica.

La descripción de los caracteres morfológicos se realizó siguiendo las directrices OIV (2001).

a.- Observaciones entre brotación y floración: Se llevan a cabo en pámpanos jóvenes de 10 a 30 cm de longitud, sobre la extremidad del pámpano por encima de la primera hoja.

b.- Observaciones durante la floración: Se llevaron a cabo en plena floración (40 % de flores abiertas) sobre el tercio medio del pámpano.

c.-Observaciones entre el cuajado y el envero. Se corresponden con las observaciones de las hojas adultas, muestreadas por encima de los racimos sobre el tercio medio del pámpano.

d.- Observaciones durante la madurez del racimo. Se realizaron en plena maduración sobre los racimos y las bayas.

3.4.3. Caracterización genética

El primer análisis genético fue realizado por el laboratorio de biología molecular del IMIDRA, bajo la dirección de María Teresa de Andrés en 2018, procediéndose a la identificación molecular mediante 17 microsatélites nucleares. Tanto la extracción de ADN como la reacción en el termociclador se realizaron por duplicado. Los marcadores microsatélites utilizados fueron: VVIN16; VVIQ52; VVIB01; VMC1B11; VVMD25; VVMD7; VVMD21; VVMD24; VRZAG83; VVIH54; VVIP31; VVIV37; VMC4F3-1; VRZAG29; VVMD32; VVMD5; VVIV67.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO

3.4.3.1. Extracción de ADN

Para la extracción de ADN se empleó el kit comercial de la marca Qiajen. La muestra se cogió de brotes jóvenes próximos al ápice y se conservó inmediatamente en disolución acuosa en tarro hermético para su remisión al laboratorio.

El tratamiento inicial de la muestra consistió en la trituración en molino de la misma, para ello se introdujeron 50 mg en un tubito junto con una bola de tungsteno y una pequeña cantidad de PVPP (polivinipolirrolidona) para facilitar la extracción, todo ello conservado con Nitrógeno líquido a -80 ^{o}C, posteriormente se añadió un tampón para facilitar la lisis de las membranas celulares sin degradar el ADN, adicionalmente se incorporó una ARNasa, para degradar el ARN que pudiese interferir en la cuantificación o en la reacción de PCR. Finalmente se sometió a precipitación, filtración y fijación sobre una matriz selectiva, para su purificación.

3.4.3.2. Estimación de la calidad y cantidad de ADN extraído

Para la evaluación de la calidad y cantidad de ADN extraído, este se sometió a electroforesis horizontal en agarosa. Los geles y tampones contienen bromuro de metilo para poder visualizar el ADN al iluminarlo con luz UV.

La calidad se evaluó observando la presencia de una banda de alto peso molecular y viendo el grado de degradación o rotura presentes. La cantidad se determinó comparando con muestras de cantidad conocida incluidas en el gel en la muestra a analizar. La comparación de las fluorescencias emitidas permitió cuantificar el ADN del Blanco Lexítimo.

3.4.3.3. Análisis de microsatélites de genoma nuclear

El estudio consistió en el análisis de 17 microsatélites nucleares, los 17 *loci* analizados han sido considerados marcadores moleculares uniformes y estables (Vélez e Ibáñez, 2012), donde se incluyen 5 de los marcadores propuestos por la OIV (2019), cuatro de ellos comunes (Tabla 7).

A nivel estadístico, para la identificación varietal se emplearon 5 microsatélites para un nivel de confianza del 95%, por lo que la probabilidad de encontrar dos genotipos iguales puede oscilar entre 1/2.000 a 1/70.000.000 dependiendo del caso (Ibáñez et al. 2003), de modo que aún en una situación muy desfavorable, la probabilidad de una confusión en la identificación varietal es casi inexistente, por tanto, si dos perfiles coinciden, son la misma variedad. El análisis de los 17 locus diferentes nos permite tener una certeza total sobre el genotipo obtenido.

Tabla 7. Listado de marcadores microsatélite OIV (2019) e IMIDRA

Marcadores SSR			
Código OIV	**OIV**	**IMIDRA**	**Comunes**
801	VVS2	VVIN16	
802	**VVMD5**	VVIQ52	**VVMD5**
803	**VVMD7**	VVIB01	**VVMD7**
804	VVMD27	VMC1B11	

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Marcadores SSR			
805	VrZAG62	**VVMD25**	
806	VrZAG79	**VVMD7**	
807	**VVMD32**	VVMD21	**VVMD32**
808	**VVMD25**	VVMD24	**VVMD25**
809	VVMD28	VRZAG83	
		VVIH54	
		VVIP31	
		VVIV37	
		VMC4F3-1	
		VRZAG29	
		VVMD32	
		VVMD5	
		VVIV67	

La amplificación de las secuencias STMS se hizo mediante PCR, incorporando una molécula de fluorocromo al cebador para permitir la posterior detección del fragmento amplificado.

La reacción de amplificación (Ibáñez et al. 2009) se llevó a cabo en un termociclador PTC 100 de MJ ResearcH, con 5 ng de ADN genómico diluido en 21 µl de matriz.

La comprobación de la amplificación se llevó a cabo siguiendo el procedimiento de Borrego et al. (2000), consistente en someter a electroforesis en gel de agarosa una alícuota de 7 µl, con un tampón especifico y someterlo a una diferencia de potencial de 5v/cm, empleando como marcador de peso molecular 0,5 µg de ADN del fago X174.

A continuación, se llevó a cabo la separación y el análisis de fluorescencia de los microsatélites en un secuenciador semiautomático ABI 3130. La separación se llevó a cabo en un capilar con polímero comercial (POP de Applied Biosystems) mediante electroforesis. Tras la electroforesis cada STMS se identificó según el color y el tamaño con el que aparecieron. Una vez determinado el tamaño de los 17 STMS se determinó el número medio de alelos por locus (N_a), así como la heterocigosidad esperada (He)y observada (H_0) mediante la aplicación "Microsatelite ToolKit" (Park, 2001) que también sirvió para determinar el contenido en información polimórfica (PIC, Botstein et al. 1980), la frecuencia de alelos nulos (r) y la probabilidad de identidad de cada microsatélite (Software Identity V.4 de Wagner and Sefc, 1999). Finalmente, los tamaños de los alelos resultantes se contrastaron con la base de datos del ENCIN para su identificación varietal.

Una segunda muestra de material vegetal, obtenida de hojas jóvenes próximas al ápice y conservadas inmediatamente en medio acuoso, fue remitida al Instituto Nacional de Investigación Agraria y Veterinaria de Portugal (INIAV, Quinta da Almohina), en septiembre de 2019 donde los investigadores Jorge Cunha y Francisco Baeta, entre diciembre de 2019 y enero

de 2020, procedieron a analizar los 9 loci microstelite recomendados por la OIV, de los que se obtuvo el tamaño de los alelos, lo que permitió la comparación con la base de datos de la *Vitis International Variety Catalogue* (VIVC), para la identificación de la variedad.

Tabla 8. Listado de marcadores microsatélite OIV (2019) e INIAV

Marcadores SSR		
Código OIV	**SSR OIV**	**SSR INIAV**
801	VVS 2	VVS 2
802	VVMD 5	VVMD 5
803	VVMD 7	VVMD 7
804	VVMD 25	VVMD 25
805	VVMD 27	VVMD 27
806	VVMD 28	VVMD 28
807	VVMD 32	VVMD 32
808	VrZag 62	VrZag 62
809	VrZag 79	VrZag 79

3.4.4. Comportamiento ecofisiológico y agronómico

3.4.4.1. Fenología

Los estados fenológicos se han determinado según los criterios de Baggiolini (1952) y la OIV (1984) que establecen 15 estados fenologicos (A-P).

El seguimiento fenológico se ha realiazado durante todo el período de vegetativo de modo continuo, durante los años, 2018, 2019 y 2020, realizándose las observaciones semanalmente. Las plantas estudiadas fueron 4, 63, 20, 42, 68, 12, 38, 81, 26, 63, 94, 107, 34, 12, 53, 65 situadas en las filas 1 a 16 respectivamente.

En las cepas observadas se anota la fecha de entrada en un nuevo estado fenológico cuando al menos el 50 % de las yemas o brotes o racimos manifiestan la nueva fase. La OIV (1984) establece la fecha de brotación (código OIV nº 301) cuando el 50 % de las yemas se encuentran con borra (estado B de Baggiolini) y la fecha de la floración (código OIV nº 302) cuando el 50 % de las flores están abiertas. Una excepción a este criterio se aplica en el estado P (caída de la hoja), que se fija cuando la caída de las hojas alcanza un 80 %.

Especial interés tiene el período de tiempo transcurrido entre la floración y el envero, ya que investigaciones realizadas por Caló et al. (1984) y Caló et al. (1998) concluyeron que el período floración-envero está fundamentalmente determinado por las características genéticas de la variedad, lo que en relación a otras variedades bien conocidas nos servirá de referencia para caracterizar el ciclo de maduración.

3.4.4.2. Parámetros fisiológicos y Productivos

Potencial hídrico

Se determinaron dos modalidades de potencial hídrico, en hoja y en tallo, siguiendo la metodología propuesta por Williams y Araujo (2002), empleando una cámara de presión (Scholander et al. 1965) (PMS Model 600, Albany, OR, USA) (Figura 13). Para ello se utilizaron hojas adultas, sanas, del tercio medio del pámpano y expuestas a la radiación solar. 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). Las mediciones se llevaron a cabo en cuatro plantas por bancal en 2018, 2019 y 2020, al mediodia solar, tanto en la variedad Godello como en la variedad Blanco Lexítimo (Tabla 9). Además, se han realizado medidas de potencial hídrico foliar en las parcelas de los viticultores (Santa Cubicia y Vilar do Mato (O Verxel), Subzona Quiroga-Bibei) en los años 2019 y 2020.

Figura 13. Dispositivo de medida de potencial hídrico foliar

Conductancia estomática

Sobre las mismas hojas en las que se llevaron a cabo las determinaciones de potencial hídrico foliar, se midió previamente la conductancia estomática empleando un porómetro modelo SC1 (Decagon Devices, WA, USA). En total se realizaron medidas en tres plantas por bancal, tanto para la variedad Blanco Lexítimo como para la variedad Godello. La determinación se realizó a mediodía solar.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO

Tabla 9. Localización plantas control fisiológico

Bancal	Fila	Planta
1	2	7-8-9-12-16-18-19
3	6	21-22-25-26-28-39-40
5	10	6-7-8-9-10-15-16
8	16	15-16-17-18-20-21-22

Concentración de clorofila

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 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 evitando nervios principales y áreas con daños o enfermedades visibles en las hojas.

El número de plantas estudiadas por bancal fue de 5, tanto para la variedad Blanco Lexítimo, como para la variedad Godello.

Potencial de agua en el suelo

La información ha sido recogida empleando diversos medidores de potencial de agua en el suelo, ligados a la estación agrometerológica (Figura 14) (Eko2 Pro Series, Memsic Inc.) instalada en la parcela de estudio. El contenido de agua en el suelo se midió a los 30 cm de profundidad mediante sondas Watermark. (Delta-T Devices, Cambridge, UK).

a)

b)

Figura 14. Estación meteorológica a) y sensor de humedad en hoja b)

Análisis foliares

En la época de envero se recogieron muestras de hojas, para determinar en limbos y peciolos la concentración de macroelementos (C, N, P, K y Mg) y microlementos (B, Cu, Fe, Mn, Zn y Na), evaluando así el estado nutricional de la planta.

Se seleccionó un pámpano por planta, cogiendose la hoja opuesta al racimo más distal, ya en el laboratorio de USC se procedió a la separación de limbos y peciólos, que una vez lavados y secos (Dry Big, J.P.Selecta, Barcelona, Spain) a 70 ^{o}C durante 48 h, se molieron con un molino de discos para pasar por una malla de 1 mm y finalmente se almacenaron a temperatura ambiente para ser analizados. La concentración de nitrógeno (N) se determinó oxidando la muestra (Kalra, 1998) y luego cuantificando el gas producido durante esta combustión utilizando un detector de conductividad térmica (TruSpec CHNS, Leco, St. Joseph, MI, EE. UU.). Para el análisis químico de los demás nutrientes, se calcinó 1 g de muestra a 500 ^{o}C durante 8 h y posteriormente se sometió a digestión húmeda con 1 mL de agua desionizada y 5 mL de HCl 2 M. Las concentraciones de fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn) y boro (B) se determinaron mediante ICP-OES (Optima 4300DV, PerkinElmer, Norwalk, CT, EEUU). Se usó agua desionizada para todas las diluciones.

Evaluación del desarrollo vegetativo

Se mide la relación alométrica entre la longitud del nervio principal de las hojas y la superficie foliar de las mismas mediante escaner portátil (Epson DS 410). Se toman 200 hojas de múltiples tamaños de sarmientos principales y 100 hojas de secundarios, en plantas marcadas en los bancales 1, 3, 5 y 8. Una vez obtenida esta relación, se procede a medir la longitud de los nervios principales de las hojas de los sarmientos, estimando la superficie foliar por planta en 2 cepas por bancal, con los que se ha determinado el índice de área foliar (Sánchez-de Miguel et al. 2010).

Evaluación de la producción

Se procede durante las campañas 2018, 2019 y 2020 a evaluar los siguientes parametros productivos, de las plantas marcadas en los bancales 1, 3, 5 y 8, relativo al Blanco Lexítimo, así como en los bancales 13 y 14 para la variedad Godello, siete plantas por bancal. Además se realizó la vendimia de las parcelas de Godello de los viticultores (Santa Cubicia y Vilar do Mato) en las campañas 2019 y 2020, un total de cuatro plantas por parcela.

- Producción por planta, número de racimos y peso del racimo (Balanza PCE-PCS 6).

USC DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Para la variedad Blanco Lexítimo, se llevo a cabo la caracterización de las bayas, realizando las medidas en un total de 100 bayas para cada uno de los cuatro bancales estudiados, en cada uno de los tres años de estudio. En total se midieron 1.200 bayas.

- Caracterización de la baya, peso total, peso de la pulpa, peso del hollejo, número de pepitas, peso de las pepitas (Balanza de precisión MTP-50), analizados a partir de una muestra de 100 bayas por bancal.

Índice de Ravaz

Se emplea para determinar el vigor del viñedo y relaciona la producción de uva con el peso de la madera de poda, se midió en las campañas 2018, 2019 y 2020. El peso de madera se evaluó durante la poda invernal en las cepas control, en los meses de diciembre-enero, midiendose con una balanza PCE_PCS 30.

$$\text{Índice de Ravaz} = \frac{\text{Producción de uva Kg/planta}}{\text{Madera de poda Kg/planta}}$$

3.4.4.3. Análisis espectral de la fisiología del Blanco Lexítimo

La teledetección ha sido utilizada con éxito en la denominada viticultura de precisión, quedando demostrado su interés para caracterizar la variabilidad espacial de las propiedades del suelo de un viñedo y relacionarlas con índices de vegetación obtenidos a partir de fotografías aéreas tomadas desde un dron (Cancela et al. 2018a), así pues, se ofrece la posibilidad de disponer de información sobre el cultivo en los diferentes momentos del año (Bramley et al. 2011; Santesteban et al. 2013).

Procesado de las imágenes

De la parcela experimental se han descargado todas las imágenes disponibles del satélite Sentinel 2, para las campañas 2018, 2019 y 2020. Se empleó el sistema de información geográfico QGIS en el que se delimitó el área a estudio del viñedo, recorte de las imágenes y extracción de los píxeles para la obtención de los datos. Para el cálculo los diferentes índices de vegetación de la parcela de ensayo se han empleado las imágenes del satélite Sentinel 2, pues la combinación de las mismas en diferentes bandas permite obtener una representación gráfica en falso color donde valorar cada pixel. Cada cuadrado de la imagen abarca una dimensión real sobre el terreno de 10 x 10 metros.

Rodríguez et al. (2019), establecen la utilidad del empleo de índices espectrales para observar el estado vegetativo del viñedo, lo que nos resulta de utilidad para ver cómo se

correlacionan con los parámetros fisiológicos analizados previamente, para Blanco Lexítimo y también Godello, con el que comparte la parcela evaluada espectralmente.

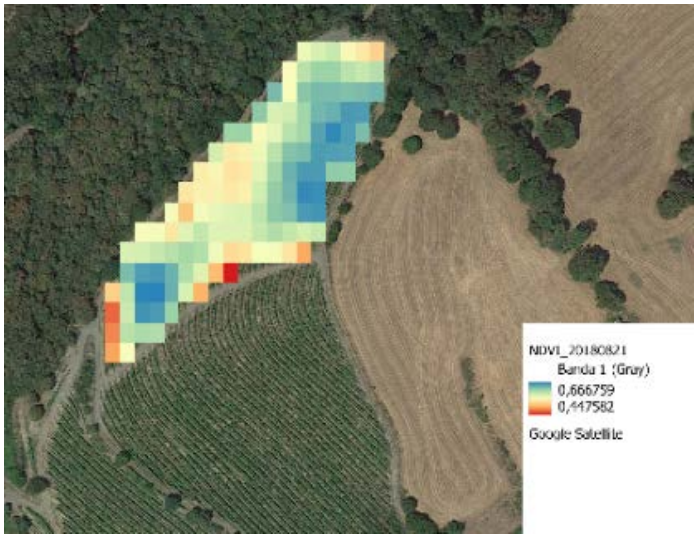
Entre los índices determinados se ha seleccionado el NDVI (Índice de vegetación de diferencia normalizada) (Rouse et al. 1974), por permitir una clasificación del viñedo a nivel espacial, en términos de vigor.

$$\mathrm{NDVI} = \frac{(\mathrm{NIR} - \mathrm{RED})}{(\mathrm{NIR} + \mathrm{RED})}$$

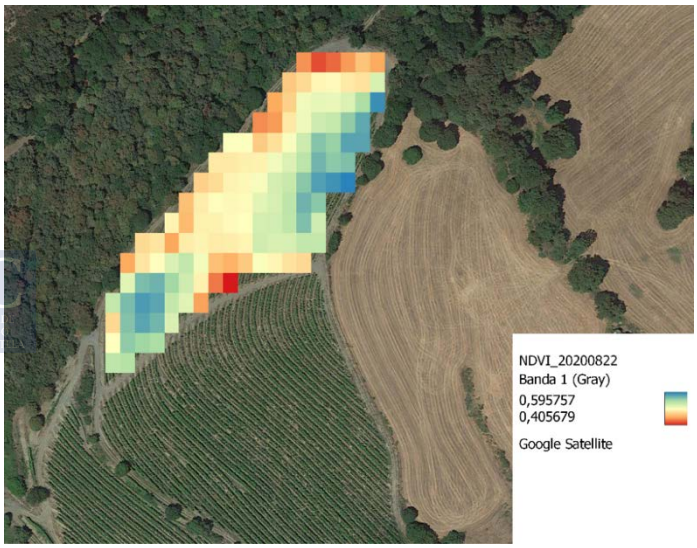
El NDVI nos permite estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación en cada campaña. Un valor más elevado representa un mayor nivel de vegetación, los valores oscilan entre -1 y 1, a mayor valor, mayor vegetación.

Para evaluar el índice se muestran los resultados en la parcela experimental que se encuentra cultivada con Blanco Lexítimo en su tercio Este y Godello en el centro, en un momento próximo al envero en las campañas 2018, 2019 y 2020 (Figura 15).

a)



b)



USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

c)

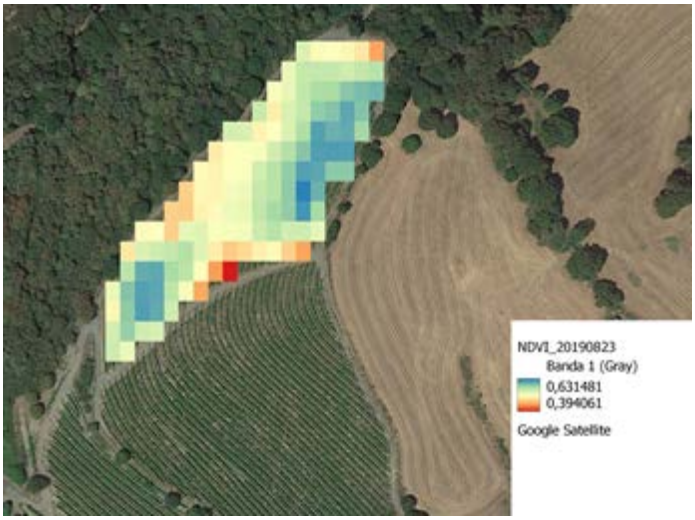


Figura 15. Índice NDVI en la parcela experimental para a) 2018 (21/08/2018), b) 2019 (23/08/2019) y c) 2020 (22/08/2020)

Al evaluar las imágenes en el momento del envero en la parcela de ensayo en las campañas 2018, 2019 y 2020 vemos que, durante los tres años analizados, las zonas de mayor vegetación y mayor vigor se mantienen constantes, si bien, se ven influenciadas las condiciones de cada añada, así en 2018 apreciamos claramente un mayor desarrollo vegetativo (tonos azules), respecto a 2019 y 2020, en todas las áreas de análisis de la parcela

3.5 Caracterización enológica

3.5.1. Control de maduración y vendimia

Sobre las 16 plantas de control marcadas en las distintas filas, se procede, a partir del mes de septiembre y hasta la vendimia, al muestreo y control analítico para la determinación de la fecha de vendimia.

Sobre las plantas control, se recogen 2 bayas por racimo y 2 racimos por planta, alternando racimos expuestos y no expuestos a la radiación solar, bayas en la parte superior, inferior y media del racimo.

Las muestras se trasladaron embolsadas a la bodega donde se prensaron y prepararon para el análisis de los siguientes parámetros:

- Contenido de azúcar: Mediante refractometría (SinoKit HHTEC), se determina el Grado Brix (% de azúcar en disolución).
- pH: Mediante pHmetro (Crison Basic 20), se mide la concentración de H^+ en disolución.
- Acidez Total: Se evalúa mediante alcalimetría y se expresa la concentración en gr/l de tartárico.

USC DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Los análisis se realizan semanalmente, hasta que la uva alcanza los 20 °Brix, momento a partir del cual se realizan de modo más frecuente en función de las condiciones climáticas y se acompañan de un análisis sensorial para determinar el momento óptimo de vendimia.

3.5.2. Evaluación de los mostos

Una vez determinada la fecha de vendimia, el día anterior se procedió a la toma de muestra de 200 bayas, tomadas en diferentes posiciones del racimo, exposiciones y alturas. Las muestras fueron trasladadas a la MBG-CSIC, donde se realizó la extracción de mosto y posteriormente congeladas hasta el momento de su análisis.

3.5.2.1. Composición química

Las variables determinadas fueron, composición mineral (Ca, Cu, K, Mg, Mn, Na, Zn, Al, B, Fe y P), sólidos solubles totales, glucosa + fructosa, pH, acidez total, ácidos tartárico, cítrico y málico. Para la determinación de los parámetros clásicos se empleó un analizador Wine-Scan de Foss-Analitycs y para la composición mineral un analizador ICP-OES (Optima 4300DV, PerkinElmer).

3.5.2.2. Composición aminoacídica

La composición de aminoácidos libres y derivados, (YAN y FAN) fue determinada por cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC) en analizador Waters (Milford, MA, USA), la separación de la fracción aminoacídica se realizó mediante una columna de intercambio iónico. Para la determinación se procedió previamente a la desproteinización de la muestra y a continuación se sometió a análisis cromatográfico, basándose en el método de Moore y Stein (1954) automatizado por análisis de flujo continuo (Poux y Ournac, 1970), empleando un analizador BIOCHROM, separándose los aminoácidos en una columna de intercambio catiónico que posteriormente se analizaron mediante espectrofotometría a 570 nm, excepto la prolina e hidroxiprolina que fueron analizados a 440 nm. La cuantificación se realizó mediante recta calibrada, empleando patrones Sigma-Aldrich específicos para cada aminoácido.

Cálculo del TAN y el YAN

La estimación del nitrógeno total amínico (TAN) se realizó a partir del sumatorio de la aportación de nitrógeno de cada uno de los aminoácidos analizados según la ecuación:

$$\textbf{TAN}\ (\text{mg/l}) = \frac{[\text{aminoacido}]\text{x Número de Nitrogenos}}{\text{Peso Molecular del AA}}\ \text{x Peso atómico}_{\text{N}}$$

El cálculo del nitrógeno amínico asimilable (YAN) se determinó por diferencia entre el TAN y la cantidad de nitrógeno aportada por el aminoácido prolina:

YAN (mg/l) = TAN - $N_{prolina}$

3.5.2.3. Composición aromática de los mostos

El análisis de la composición volátil de la uva se realizó mediante la extracción, la identificación y la cuantificación de los compuestos volátiles libres y glicosilados en mosto, empleando la metodología de extracción en fase solida (SPE) (Vilanova et al. 2012) (Figura 16).

Extracción de compuestos libres y glicosilados en mosto

A 75 ml de mosto centrifugado se le añaden 3 µg de 4-nonanol como patrón interno, pasando la mezcla a través de un cartucho LiChrolut EN (Merck, 500 mg, 40–120 µm), con la resina previamente acondicionada con 10 ml de diclorometano, 5 ml de metanol y 5 ml de una solución etanol/agua al 10% (v/v). Las fracciones libre y glicosilada se eluyen sucesivamente con 5 ml de mezcla azeotrópica (pentano-diclorometano 2:1) y 7 mL de acetato de etilo, respectivamente. La fracción libre se concentra con nitrógeno hasta 200 µl, para su análisis y la fracción ligada, se concentra hasta desecación y se diluye posteriormente en tampón citrato–fosfato (pH = 5.0). Posteriormente se realiza la hidrólisis enzimática (40 ^{o}C durante 12 horas, con enzima Rapidase Revel Aroma (Erbslöh, Germany)) tras la cual, las agliconas aromáticas se extraen con pentano-diclorometano, después de la adición de 4-nonanol como patrón interno, concentrándose finalmente la fase orgánica con nitrógeno hasta 200 µl.

El análisis cromatográfico de los compuestos volátiles se llevó a cabo en un cromatógrafo de gases Agilent Technologies 6890N acoplado un espectrómetro de masas ión-trampa Agilent 55975C. Se empleó una columna capilar CP-Wax 52 CB (50 m x 0,25 mm i.d, 0,2µm espesor, Chrompack). La temperatura del inyector se mantuvo a 250 ^{o}C durante el análisis con un flujo en el Split de 30ml/min. La temperatura inicial del horno se mantuvo a 60 °C durante 2 minutos. Posteriormente se programó un incremento desde 60 °C a 234 °C a una ratio de 3 ^{o}C/min y de 250 ^{o}C a 234 °C, a 5 °C/min. Finalmente se mantuvo a 260 ^{o}C durante 10 min. El gas portador fue helio N60 (Air Liquide) a un flujo contante de 1.3 ml/min. Se inyectó 1 µL de extracto en modo Split-less durante 30 seg (flujo en ventana de Split 30 ml/min). El detector se configuró en modo de impacto electrónico (70 eV) con un rango de adquisición de 2 a 360 m/z y una ratio de adquisición de 610 ms.

La identificación de los compuestos volátiles se realizó usando el software gratuito Wsearch32 mediante la comparación del espectro de masas y el índice de retención con los patrones puros y confirmándolos mediante GC-MS. Todos estos compuestos fueron cuantificados como equivalentes de 4-nonanol.

USC DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

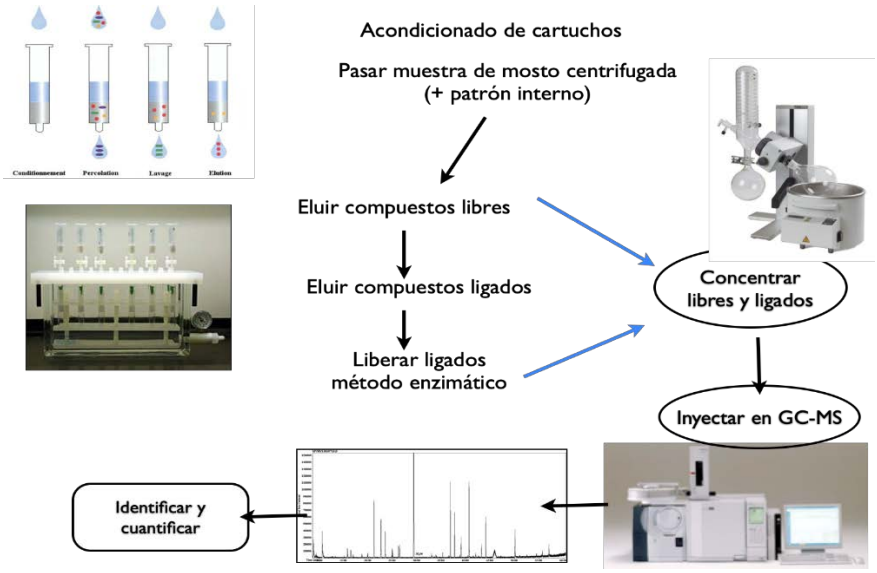


Figura 16. Esquema del proceso de análisis de compuestos volátiles en mostos (SPE)

El análisis de la composición aromática del mosto, realizado en 2018, 2019 y 2020 expresado en µg/l, engloba las siguientes familias químicas (Tabla 10): alcoholes, compuestos en C6, terpenos, C13-norisoprenoides, ésteres, acetatos, ácidos volátiles, fenoles volátiles, lactonas y aldehídos.

Tabla 10. Familias de compuestos químicos

Alcoholes	**Terpenos**	**C13-Norisoprenoides**	**Fenoles Volátiles**
2+3-metil-1-butanol	Linalol	3-hidroxi-β-damascona	4-vinilfenol
4-metil-1-pentanol	Terpinen-4-ol	3-hidroxi-β-damascenona	Guaiacol
1-octanol	Hotrienol	3-hidroxi-7,8-dihidro-beta-ionol	4-etilfenol
Alcohol bencílico	α-terpineol	4-oxo-7,8-dihidro-beta-ionol	**Ésteres + Acetatos**
2-feniletanol	Oxido piranico de linalol *Trans*	3-oxo-7,8-dihidro-alfa-ionol	Hexanoato de etilo
Dodecanol	Oxido piranico de linalol *Cis*	3-hidroxi-7,8-dehidro-beta-ionol	Malato de dietilo
1-butanol	Nerol	3,4-dihidro-3-oxo-actinidol i	Isoamilacetato
Compuestos en C6	Geraniol + Hexanoico	3,4-dihidro-3-oxo-actinidol ii	**Aldehidos**
E-2-hexenal	Diendiol I	3,4-dihidro-3-oxo-actinidol iii	Feniletanal
1-hexanol	Diendiol-II	**Ácidos volátiles**	Hexanal
Z-3-hexanol	E-8-hidroxilinalol	E-2-hexanoico	**Lactonas**
Z-2-hexanol	Z-8-hidroxilinalol	Ácido nonanoico	Butirolactone
E-2-hexanol		Ácido hexadecanoico	

3.5.3. Evaluación de los vinos

3.5.3.1. Vinificación

Una vez realizados los muestreos, determinada la fecha de vendimia, recogidas la muestras para la evaluación agronómica y enológica de la uva, se procede a la vendimia completa de la parcela, 1575 cepas de Blanco Lexítimo plantadas en 2010 y 1450 plantadas en 2011.

Una vez vendimiadas todas las plantas, empleando cajas perforadas, se llevan a la bodega Ponte da Boga, donde se pesan y estabulan en frío (2 ºC) durante 12 horas, antes de proceder a la vinificación, tal y como se expone a seguir.

Protocolo de vinificación

Con la uva a una temperatura inferior a 4 ºC se inicia el procesado de la misma:

- Despalillado y estrujado.
- Sulfitado con 30 mg/l de SO_2 y 30 mg/l de AsC a la salida de la bomba monho.
- Adicción de 10 mg/l de enzima β Glicosidasa, para liberación de fracción aromática glicosilada.
- Maceración pelicular estática durante 24 horas en depósito de acero refrigerado bajo atmósfera de gas inerte.
- Descubado y prensado (Vaslin-Bucher RPF 22 neumática) a un P_{max} 1,8 bar.
- Desfangado estático durante 24 horas.
- Trasiego y ajuste de turbidez a 200 – 300 NTU.
- Inoculación de levadura (LSA) a 30 gr/Hl.
- Fermentación alcohólica (FA) a temperatura controlada.
- A densidad 1060, se trasiega una fracción del vino en fermentación a barricas de roble de 500 l donde continua fermentación.
- Una vez finalizada FA, adicción de SO_2 50 mg/l y conservación con lías del vino.
- Crianza sobre lías durante 4 meses en depósito de acero y barrica de roble.
- Clarificación con bentonita 50 gr/hl y pvpp 10 gr/hl.
- Filtrado de acondicionamiento (filtro de placas de 1-3µm de diámetro de poro).
- Adicción de CMC, 50 mg/l.
- Embotellado con filtro final de 1µ absoluta de diámetro de poro (no estéril).

3.5.3.2. Composición físico-química

Se analizaron los siguientes parámetros de cada vino (Tabla 11).

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 11. Parámetros físico-químicos analizados

Análisis físico-químico		
Parámetro	**Unidades**	**Método Analítico**
Alcohol (% v/v)	gr/l	(FTIR)-IR- 12E 42
Azúcares reductores	gr/l	(FTIR)-IR- 12E 42
pH	gr/l	(FTIR-rva)-IR- 12E 42
A total	gr/L	(FTIR)-IR- 12E 42
A. tartárico	gr/l	(FTIR)-IR- 12E 40
A. cítrico	gr/l	(FTIR)-IR- 12E 40
A. málico	gr/l	(FTIR)-IR- 12E 40
IPT		HPLC
YAN (mg/l)	mg/l	HPLC
FAN (mg/l)	mg/l	HPLC
N. amoniacal	mg/l	HPLC
A. acético	gr/l	(FTIR)-IR- 12E 40

3.5.3.3. Composición aromática de los vinos

La determinación de la composición de aromática de los vinos elaborados (campañas 2018, 2019 y 2020), se llevó a cabo siguiendo el método descrito por Coelho et al. (2020) de extracción líquido-líquido (LLE) (Figura 17).

Extracción de compuestos volátiles

En un tubo de vidrio de 10 mL, se añadieron 8 ml de vino, 3,28 µg de patrón interno (4-nonanol) y una barra de agitación magnética. La extracción de los compuestos volátiles se realizó mediante la agitación de la muestra con 400 µL de diclorometano (durante 15 minutos). Después de enfriar a 0 °C durante 10 min, se retiró la barra de agitación magnética y se separó la fase orgánica por centrifugación (RCF = 5118, 5 min, 4 °C) y se recuperó el extracto en un vial usando una pipeta Pasteur. El extracto aromático (200 µg/L aprox.) se secó con sulfato de sodio anhidro y se trasvasó a un nuevo vial. La extracción de los compuestos volátiles de cada uno de los respectivos vinos se realizó por triplicado.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

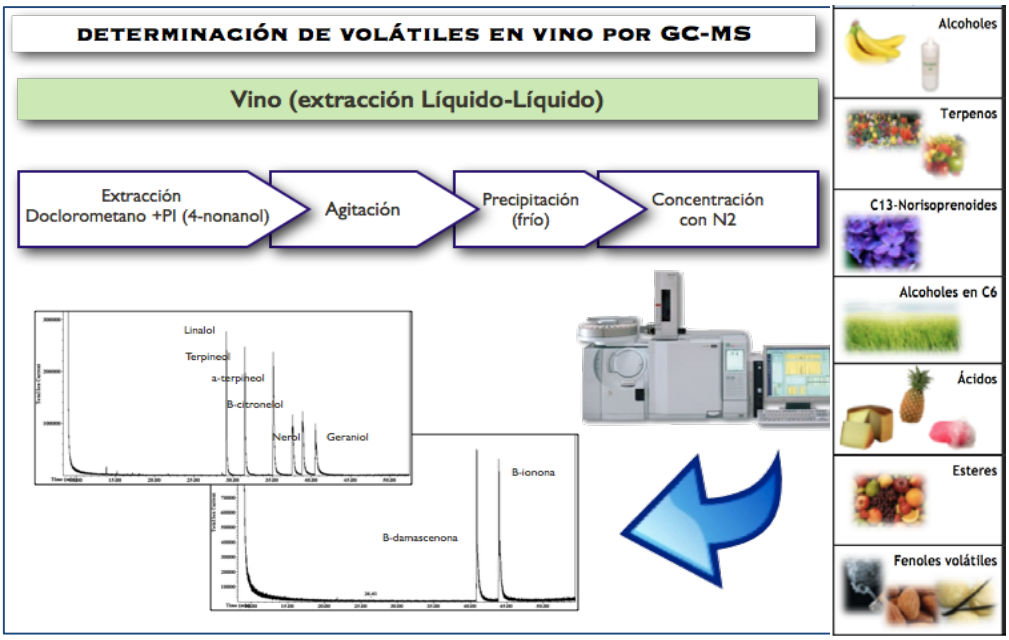


Figura 17. Esquema del proceso de análisis de compuestos volátiles en vinos (LLE)

El análisis cromatográfico de los compuestos volátiles se llevó a cabo en un cromatógrafo de gases Agilent Technologies 6890N acoplado un espectrómetro de masas ión-trampa Agilent 55975C. Se empleó una columna capilar CP-Wax 52 CB (50 m x 0,25 mm i.d, 0,2 µm espesor, Chrompack). La temperatura del inyector se mantuvo a 250 °C durante el análisis con un flujo en el Split de 30mL/min. La temperatura inicial del horno se mantuvo a 60 °C durante 2 minutos. Posteriormente se programó un incremento desde 60 °C a 234 °C a una ratio de 3 °C/min, y de 250 °C a 234 °C, a 5 °C/min. Finalmente se mantuvo a 260 °C durante 10 min. El gas portador fue helio N60 (Air Liquide) a un flujo contante de 1.3 ml/min. Se inyectó 1 µL de extracto en modo Split-less durante 30 seg (flujo en ventana de Split 30 mL/min). El detector se configuró en modo de impacto electrónico (70 eV) con un rango de adquisición desde 2 a 360 m/z y una ratio de adquisición de 610 ms.

La identificación de los compuestos volátiles se realizó usando el software gratuito Wsearch32 mediante la comparación del espectro de masas y el índice de retención con los patrones puros y confirmándolos mediante GC-MS. Todos estos compuestos fueron cuantificados como equivalentes de 4-nonanol.

El análisis de la composición aromática del vino, realizado en 2018, 2019 y 2020 expresado en µg/l, engloba las siguientes familias químicas (Tabla 12): alcoholes, compuestos en C6, terpenos, C13-norisoprenoides, ácidos volátiles, fenoles volátiles y otros.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 12. Compuestos volátiles y sus descriptores

Familia	Compuesto	Descriptor
Alcoholes	Alcohol bencílico 2-feniletanol	Almendra, rosa
	1-butanol	Hierba cortada
	1-propanol	Fruta
Compuestos en C6	Hexanol	Resina de pino
	E-3-hexenol *Z*-3-hexenol *E*-2-hexenol	Hierba cortada
	Z-2-hexenol	Hierba cortada
Terpenos	Linalol	Floral, rosa
	Nerol	Floral, rosa, lima
	Geraniol	Floral, geranio
	Citronelol	Cítrico, limón
	α-terpineol	Pino, lirio
	4-terpineol	Nuez moscada
	Ho-trienol	Tilo
	Limoneno	Cítrico, limón verde
	Farnesol	Floral, lirio
C13-norisoprenoides	α-ionona β-ionona	Violeta
	β-damascenona 3-oxo-α-ionol	Violeta
	α-ionol	Manzana, miel, floral Especias, tabaco
	β-damascona	Fruta, tabaco, té
	Teaspirano Vomifoliol	Floral
Ácidos grasos	Ácido propanoico Ácido butanoico Ácido hexanoico Ácido octanoico	Lácteos, Mantequilla, queso de cabra Rancio
	Ácido decanoico	Cera, rancio, graso
Fenoles volátiles	Eugenol	Clavo
	4-etilfenol	Fenol, cuero
	4-vinilguayacol 4-vinilfenol Vainillina	Curry, clavo, especiado, medicinal, tinta, vainilla
	Guayacol	Humo, fenol
Otros	Metionol	Col cocida
	Benzaldehído Acetaldehído	Almendra amarga, manzana pasada

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

3.6. Evaluación sensorial

Los vinos de las tres campañas 2018, 2019 y 2020 fueron sometidos a análisis organoléptico. También se analizaron los vinos del ensamblaje de las vinificaciones hechas en depósito de acero inoxidable (50 %) y barrica de roble francés nueva 500 litros (50 %).

Para el análisis sensorial se emplearon dos paneles de cata, por una parte, se empleó el **panel de cata de la D.O. Ribeira Sacra** en una sala normalizada (ISO Norma 8589, 1988), compuesto por 7 catadores, mediante cata vertical de los vinos Blanco Lexítimo elaborados. Para ello se empleó la ficha de cata normalizada de la D.O., que tiene un sistema de puntuación que asigna un peso específico a cada fase de la cata, visual, olfativa y gustativa, para obtener una puntuación global que permite, dentro de unos rangos, calificar la calidad del vino.

Adicionalmente se llevó a cabo un **análisis sensorial descriptivo (QDA)** en fase olfativa de los vinos elaborados en las cosechas 2018-2020 con el objetivo de conocer el perfil aromático a nivel sensorial de los vinos Blanco Lexítimo en la Ribeira Sacra. El QDA se realizó siguiendo el método propuesto por Vilanova et al. (2011), donde a partir de las frecuencias e intensidades relativas de cada descriptor, se calcula la media geométrica (% GM), lo que permite "tener en cuenta descriptores que raramente son mencionados pero que son muy importantes en términos de intensidad percibida y descriptores con baja intensidad pero que son mencionados muy a menudo" y de esta forma seleccionar los descriptores que realmente son relevantes y definen el vino.

Para ello se distribuyó a cada uno de los 6 catadores una ficha creada a partir de los descriptores más característicos de cada familia de compuestos aromáticos. La escala utilizada fue de 10 puntos de intensidad, donde cada catador debía cuantificar aquellos descriptores que encontrase. Con los resultados obtenidos por los catadores se calculó la media geométrica por descriptor y por cosecha.

El QDA se utiliza para obtener los principales atributos sensorial de un vino. Esta modalidad de análisis sensorial ha sido aplicada para caracterizar diferentes vinos como Chardonnay (Ohkubo et al. 1987), Semillon y Sauvignon Blanc (Francis et al. 1992), Cabernet Sauvignon (Heymann y Noble, 1989) Shiraz (Abbot, 1991), Touriga Nacional (Falqué et al. 2004). También se ha utilizado esta metodología para estudiar el impacto de la zona geográfica en las propiedades sensoriales de los vinos Mencía y Albariño (Vilanova y Soto, 2005; Vilanova y Vilariño, 2006).

USC UNIVERSIDADE DE COMPOSTELA

3.7. Análisis estadístico

Todos los datos meteorológicos, fisiológicos, agronómicos y de calidad de mostos y vinos, procedentes de los diferentes ensayos, se caracterizaron con un análisis descriptivo. Además, se llevó a cabo el análisis de varianza (ANOVA) de las variables fisiológicas (potencial hídrico, conductancia estomática y contenido relativo en clorofila) para cada día de medida, evaluando el efecto bancal. Para comprobar las diferencias agronómicas entre la variedad Blanco Lexítimo y Godello se realizaron test de comparación de medias. La influencia de la cosecha en los diferentes parámetros analizados se evaluó mediante análisis de la varianza (ANOVA) así como mediante el análisis de componentes principales (ACP). Para evaluar el efecto año, se realizó un análisis de varianza factorial (ANOVA factorial), incluyendo las variables año, variedad y bancal. Todos los análisis estadísticos fueron realizados usando el paquete estadístico XLSTAT 2007 de Addinsoft. Las diferentes figuras que se presentan se realizaron con Microsoft Excel.

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación de las condiciones edafoclimáticas del área de cultivo

4.1.1. Caracterización climática

La variedad Blanco Lexítimo, tradicionalmente cultivada en áreas atlánticas y cantábricas, ha mostrado su buena adaptación a este tipo de condiciones climáticas, por tanto, vamos a analizar las posibles condiciones de cultivo a las que se enfrentaría en un área tan heterogénea como Ribeira Sacra. Para ello se lleva a cabo la comparación de la parcela experimental con las condiciones climáticas de otras subzonas de la D.O. Se utilizan los datos históricos disponibles en cada subzona y se comparan con los años 2018, 2019 y 2020, evaluando así la idoneidad de cada subzona para la variedad Blanco Lexítimo. Además, se caracterizan las parcelas de los viticultores en la Subzona de Quiroga-Bibei.

4.1.1.1. Ribeiras do Sil

La evaluación de las condiciones de cultivo se hace a partir de los datos de la estación de Ponte da Boga en Castro Caldelas (Ourense), situada en medio del viñedo, a 460 m sobre el nivel del mar, con coordenadas de localización: 42º 23’ 15,4’’ N, 7º 25’ 55,1’’ O.

4.1.1.1.1. Análisis de los valores climáticos

La temperatura

La temperatura media anual para el periodo 2003-2017, se situó en 13,01 ºC, mientras que en el periodo de estudio tuvimos 13,03 ºC, en 2018, 12,72 ºC en 2019 y 13,96 ºC en 2020.

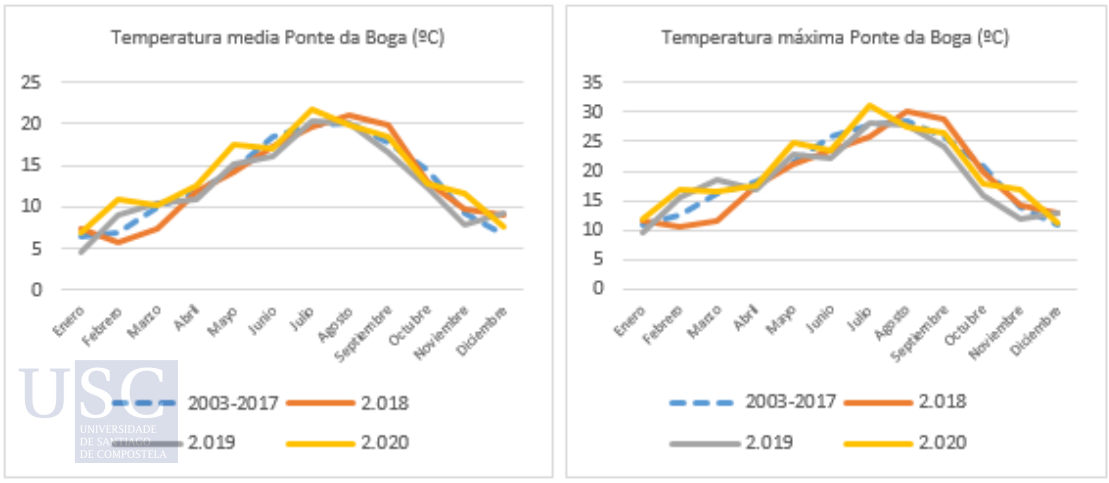


Figura 18. Temperaturas medias y máximas Ponte da Boga

Como vemos en la Figura 18, la cosecha 2018 fue una añada estándar, la 2019 resultó fresca, mientras que 2020 resultó cálida. Cabe señalar que las temperaturas medias máximas durante los meses de agosto, septiembre y octubre resultaron ser más elevadas en 2018, mientras que las cosechas 2019 y 2020 se quedaron por debajo de los valores históricos, si bien la cosecha 2020, disfrutó de una primavera y un mes de julio excepcionalmente cálido.

La pluviometría

La precipitación media anual para el periodo 2003-2017 se sitúo en 786,10 mm, mientras que en los años de estudio 2018,2019 y 2020 se alcanzaron 1099,10 mm, 779,05 mm y 621,30 mm respectivamente. Como podemos ver en la Figura 19, la campaña 2018 es la que disfrutó del régimen hídrico más generoso globalmente, claramente por encima de la media histórica reciente, mientras que 2020 fue un año seco con escasa pluviometría. La media de precipitaciones durante el mes de septiembre (2003-2017), fue de 36,09 mm, claramente inferior a lo recogido en 2018 (43,10 mm), 2019 (66,56 mm) y 2020 (51,50 mm).

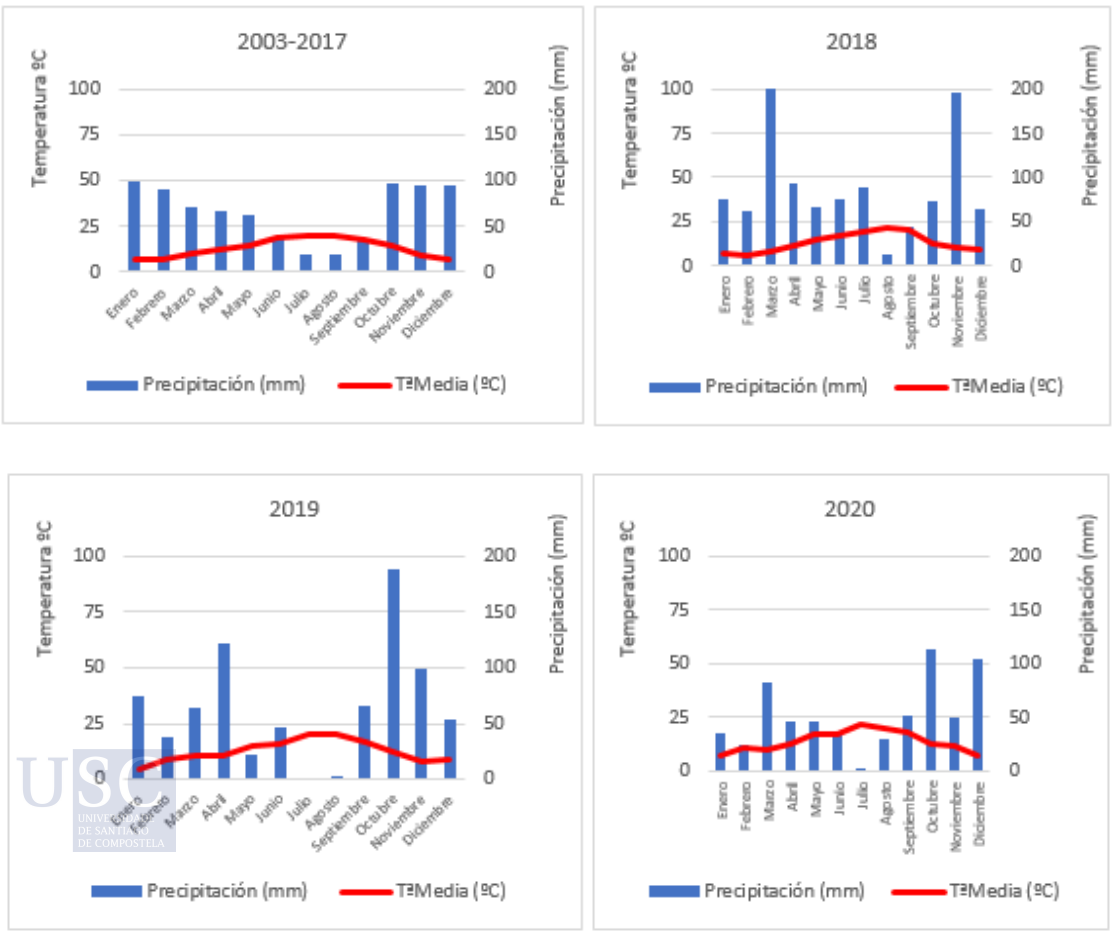


Figura 19. Diagramas ombrotérmicos Ponte da Boga

Al tener en cuenta la temperatura media mensual y la precipitación total mensual de manera combinada, se observa que en el promedio 2003-2017 se produce una ligera sequía ambiental durante los meses de julio y agosto, de acuerdo con el índice xerotérmico de Gaussen (Gaussen y Bagnouls, 1953). Por el contrario, en 2018 esta sequía ambiental se limitó al mes de agosto, mientras que en 2019 y 2020 nos encontramos de nuevo con unos meses de julio y agosto muy secos.

La insolación y radiación

En la figura 20, podemos ver que la campaña 2018, disfrutó de un total de 1998,81 horas de sol, lo que supuso una suma de radiación incidente de 57748 W/m². Los datos para el mes de septiembre fueron de 255,16 h y 6340 W/m² en la campaña 2019, la insolación fue de 2179,13 h (279,39 h en septiembre) y la radiación recibida fue de 60678 W/m² (6436 W/m² en septiembre) en la campaña 2020, las horas de sol fueron 2187,77 (221,98 h en septiembre) y la radiación incidente fue de 60588 W/m² (5865 W/m² en septiembre). Como podemos ver la cosecha 2019 fue la que disfrutó de una mayor energía luminosa recibida, sin embargo, en la gráfica podemos observar cómo, las mejores condiciones para una buena actividad fotosintética durante el periodo de maduración se dieron en la campaña 2018.

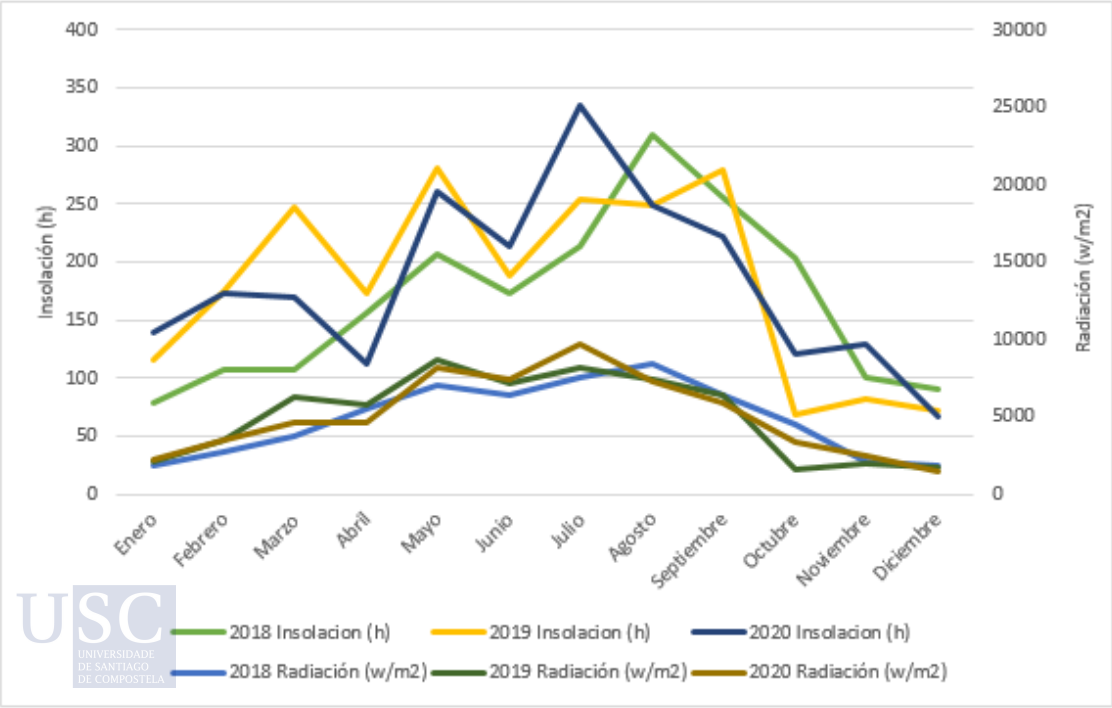


Figura 20. Diagramas Insolación/Radiación de las campañas 2018, 2019 y 2020, Ponte da Boga

4.1.1.1.2. Análisis de los índices climáticos

Los índices climáticos medios para el periodo 2003-2017, nos dan una visión de las condiciones climáticas de un periodo reciente, lo que nos permite tener unos valores de referencia, para caracterizar las añadas 2018, 2019 y 2020 (Tabla 13 y Figura 21).

Tabla 13. Índices climáticos. Ponte da Boga

Período Año	Huglin	Winkler	Integral	Frescura Noches	Índice Sequía	Primera helada	Última helada	Libre heladas
2003-2017	2028,00	1449,10	3565,20	11,90	-20,96	334	81	253
2018	2067,52	1480,52	3467,41	13,63	69,95	365	81	284
2019	1931,40	1331,22	3438,98	10,57	-18,91	326	77	249
2020	2181,08	1545,25	3773,20	12,27	-46,96	338	91	247

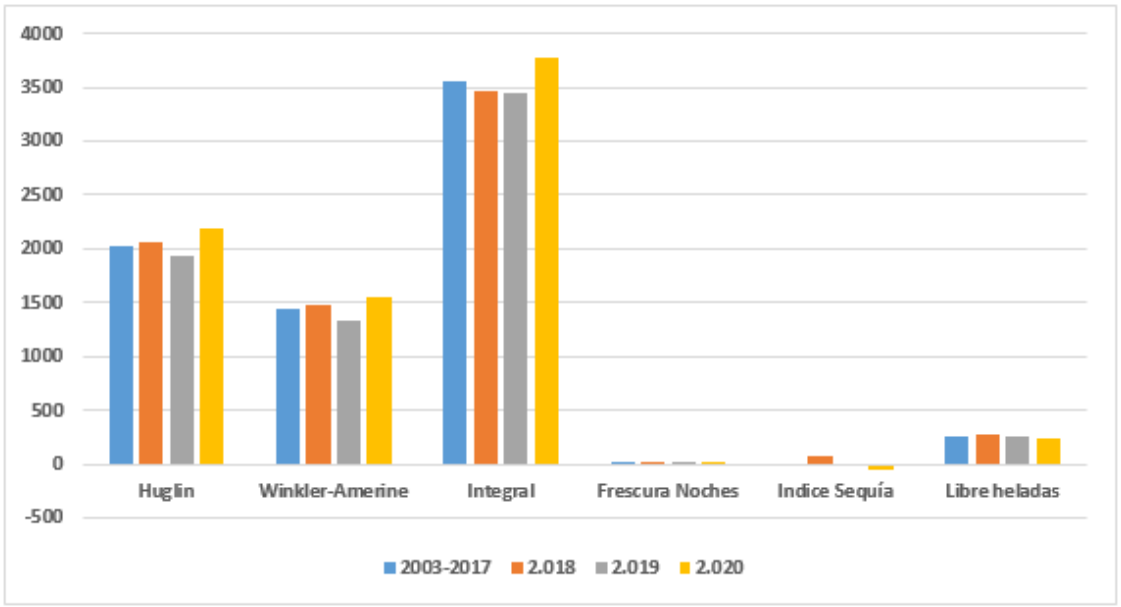


Figura 21. Evolución Índices Climáticos Ponte da Boga

Índice de Huglin

El índice heliotérmico de Huglin tiene en cuenta la integral térmica eficaz y el fotoperiodo, valorando la amplitud térmica de que dispone el cultivo y, por tanto, nos permite evaluar la aptitud de una zona para una determinada variedad.

Los resultados nos muestran que la subzona de Ribeiras do Sil, en Ribeira Sacra, se encuadraría dentro de las zonas de clima templado, salvo en la añada 2020, donde pasaríamos a tener un clima templado-cálido (Tabla 14).

USC DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 14. Índice Huglin. Ponte da Boga

Clase	Sigla	Intervalo	Período
Demasiado frío	IH0	< 1200	
Muy frío	IH1	1200 - 1500	
Frío	IH2	1500 - 1800	
Templado	IH3	1800 - 2100	**2003-2017, 2018, 2019**
Templado cálido	IH4	2100 - 2400	**2020**
Cálido	IH5	2400 - 2700	
Muy cálido	IH6	2700 - 3000	
Demasiado cálido	IH7	> 3000	

Esta clasificación nos señala que la cosecha 2018 dispuso de unas condiciones climáticas ligeramente más cálidas y luminosas que el promedio del periodo 2003-2017, mientras que en 2019 las condiciones de la añada fueron peores. En 2020 se produce un incremento progresivo de las temperaturas y la insolación llegando a subir un escalón en la clasificación climática. En todo caso, el índice de Huglin nos indica las buenas condiciones de que dispondría el Blanco Lexítimo para su cultivo en una zona adecuada para alcanzar una buena maduración, con una adecuada amplitud térmica y sin excesos de temperatura o insolación.

Índice de Winkler

La integral térmica eficaz de Amerine y Winkler, que es la suma de las temperaturas medias eficaces, nos da una idea de la capacidad de maduración que tendrá una variedad en un área vitícola determinada.

Tabla 15. Clasificación Índice de Winkler. Ponte da Boga

Clase	GDA	Período
Región I. Fría	< 1371 ºC (GDA)	**2019**
Región II. Templada	1371 a 1649 ºC (GDA)	**2003-2017, 2018, 2020**
Región III. Templada-Cálida	1650 a 1926 ºC (GDA)	
Región IV. Cálida	1927 a 2204 ºC (GDA)	
Región V. Muy cálida	1927 a 2204 ºC (GDA)	

Ponte da Boga (Ribeiras do Sil) (Tabla 15), en general, se clasifica como una región templada, que es considerada como más adecuada para la producción de vinos de calidad con moderados rendimientos. En la añada 2019, esta zona se puede clasificar como fría, lo que exigiría reducir los rendimientos para mantener una calidad óptima.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Integral Térmica Activa

Es la suma de las temperaturas acumuladas superiores a 10 °C, siendo este, el cero vegetativo de la vid.

Tabla 16. Clasificación Integral Térmica Activa. Ponte da Boga

Temperatura (°C)	**Factor de clasificación**	**Período**
< 2726	1	
2726 -3100	2	
3100-3800	3	**2003-2017, 2018, 2019, 2020**
3800-4000	4	

Ponte da Boga se situaría en un factor de clasificación 3, en todas las campañas evaluadas, lo que la sitúa como una buena zona, sin limitaciones térmicas para una producción cualitativa (Tabla 16). Este es un índice que plantea algunas variaciones entre autores, así Ribereau-Gayón y Peyneaud, consideran que son necesarias temperaturas acumuladas superiores a 3.100 °C, para obtener una buena producción y calidad, si bien otros autores establecen valores inferiores (Branas, Bernon y Levadoux, fijan un intervalo entre 2.726 y 3.837 °C, como óptimo).

Índice de Frío Nocturno

Este índice toma en cuenta las temperaturas medias de las mínimas nocturnas durante el mes en el que se produce la maduración, que es el periodo de mayor trascendencia para la formación y acumulación de compuestos aromáticos y fenólicos, donde la ausencia del frío puede provocar la degradación o inhibición en la formación de los mismos.

Tabla 17. Clasificación Índice de Frío Nocturno. Ponte da Boga

Índice de Frío Nocturno	**Valor (°C)**	**Descripción del clima**	**Período**
IF1	>18	noches cálidas	
IF2	>14 ≤18	noches templadas	
IF3	>12 ≤14	noches frías	**2018, 2020**
IF4	≤12	noches muy frías	**2003-2017, 2019**

Para el caso de Ponte da Boga, como podemos ver en la Tabla 17, se disfruta de unas buenas condiciones de amplitud térmica, que en la secuencia histórica 2003-2017 y en 2019, la situarían como un clima con noches muy frías, mientras que, en las campañas 2018 y 2020, se situaría como una zona de noches frías. En cualquier caso, se dan condiciones óptimas en las tres cosechas para la síntesis de compuestos aromáticos y por tanto para la elaboración de vinos blancos de buena calidad a partir de una variedad Blanco Lexítimo.

Índice de Sequía

El índice de sequía, nos da una idea de la disponibilidad de agua en el suelo y oscila entre los niveles excedentarios y deficitarios. En Ponte da Boga (Tabla 18) se puede clasificar el clima como sub-húmedo en la campaña 2018 y moderadamente seco en el resto de periodos analizados, adecuados a la producción de un blanco de calidad.

Tabla 18. Clasificación Índice de Sequía, Ponte da Boga

Clase	Acrónimo	Intervalo (mm)	Período
Húmedo	DI-2	DI >150	
Sub-húmedo	DI-1	150 ≥ DI >50	**2018**
Moderadamente seco	DI+1	50 ≥ DI >-100	**2003-2017, 2019, 2020**
Muy seco	DI+2	-100 ≥ DI	

Período libre de heladas

Las heladas son un fenómeno extraordinariamente importante en Ribeira Sacra, pues su presencia primaveral es la responsable de la necesidad de cultivar en ladera y a cotas no muy superiores a los 500 m, que permitan evitar los daños recurrentes por helada. Así, el promedio para el periodo 2003-2017, alcanzó 253 días libres de heladas, sin embargo en 2018 este período se amplió hasta los 284 días, aunque la última helada (día 81) estuvo dentro de los parámetros habituales. El periodo en 2020 fue normal, la última helada fue bastante tardía (día 91), lo que dio lugar a ligeros daños en brotes de injertos, que estaban iniciando el ciclo.

4.1.1.2. Ribeiras do Miño

La evaluación de las condiciones de cultivo se hace a partir de los datos de la estación de Míllara, situada a 340 m sobre el nivel del mar, con coordenadas de localización: 42º 32’ 07,4’’ N, 7º 42’ 17,6’’ O.

4.1.1.2.1. Análisis de los valores climáticos

La temperatura

La temperatura media anual para el periodo 2008-2017, se situó en 13,44 ºC, mientras que, en el periodo de estudio, la temperatura media se situó en 13,47 ºC, 13,35 ºC y 14,07 ºC en 2018, 2019 y 2020 respectivamente (Figura 22). Como podemos observar, la cosecha 2018 fue una añada estándar, la 2019 resultó fresca, mientras que 2020 resultó calurosa. Además, las temperaturas medias de las máximas durante los meses de agosto, septiembre y octubre,

resultaron ser más elevadas en 2018, mientras que las cosechas 2019 y 2020 se quedaron por debajo de los valores históricos.

Como podemos observar, respecto a la subzona Ribeiras do Sil, las temperaturas resultan ligeramente más elevadas.

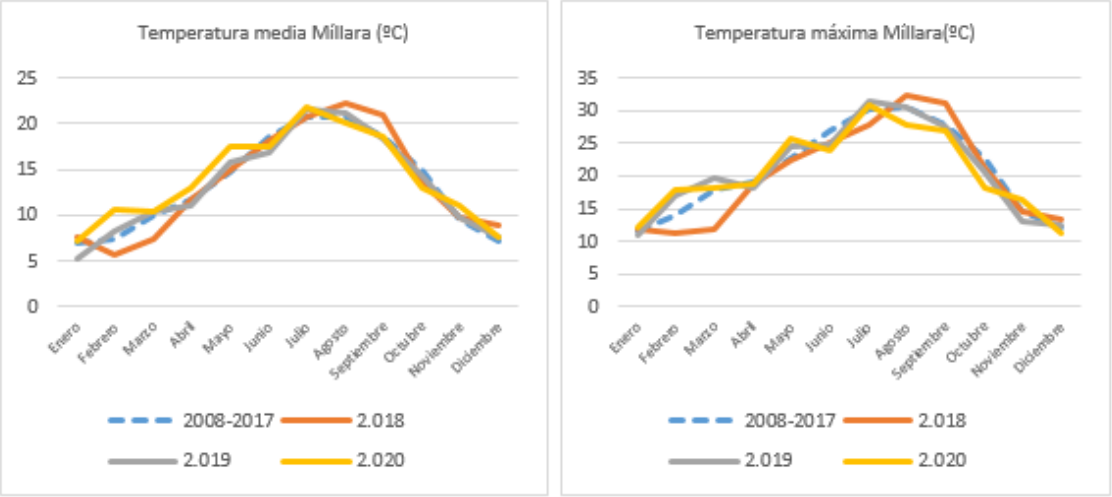


Figura 22. Temperaturas medias y máximas Míllara

La pluviometría

La precipitación media anual para el periodo 2008-2017 se sitúo en 926,31 mm, mientras que en las cosechas 2018, 2019 y 2020 se situó en 1223,90 mm, 1111,90 mm y 920,80 mm, respectivamente. Como podemos observar, en las campañas 2018 y 2019, la pluviometría estuvo claramente por encima de la media histórica reciente, mientras que 2020 fue un año normal. También podemos ver que, la media de precipitaciones durante el mes de septiembre (31,12 mm) estuvo en línea con los datos obtenidos para las campañas 2018 (32,30 mm), 2019 (33,40 mm) y 2020 (32,90 mm). Cabe señalar que el régimen hídrico, siendo anualmente más generoso que en la subzona de Ribeiras do Sil, durante el periodo de maduración la pluviometría resulta inferior y más homogénea.

Los diagramas ombrotérmicos de la estación de Míllara (Figura 23), pese a una pluviometría anual generosa, nos muestran en el promedio 2008-2017, una ligera sequía ambiental durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre, en 2018 el mes de junio fue muy lluvioso, mientras que los meses sucesivos mostraron un ambiente más seco, de modo semejante se comportó la añada 2019, mientras que la campaña 2020 disfrutó de un verano más húmedo, cabe señalar la regularidad y equilibrio en su comportamiento del mes de septiembre, clave para definir la calidad de una añada por su influencia sobre la vendimia.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO

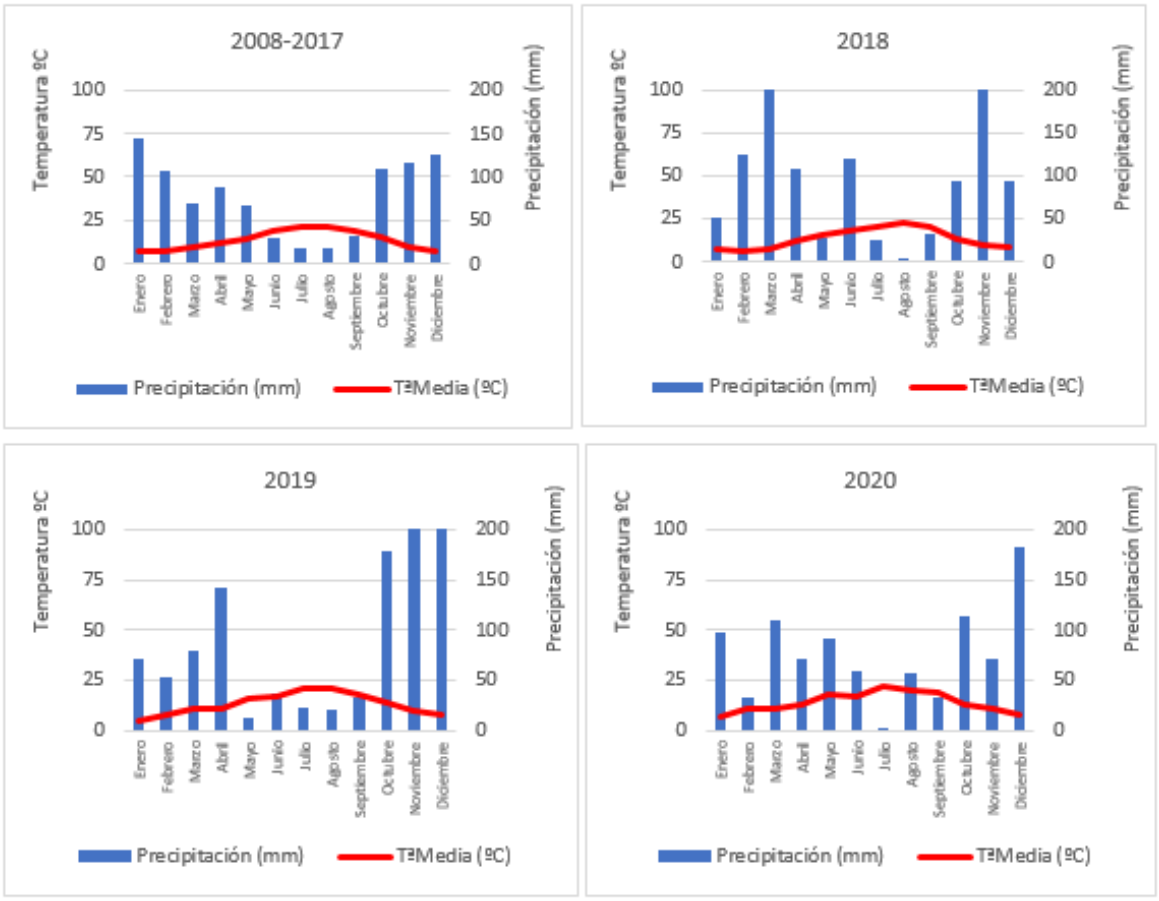


Figura 23. Diagramas ombrotérmicos Míllara

4.1.1.2.2. Análisis de los índices climáticos

El resumen de los índices climáticos para el periodo 2008-2017, 2018, 2019 y 2020, se muestraen la Tabla 19 y la Figura 24.

Tabla 19. Índices climáticos. Míllara

Período Año	Huglin	Winkler	Integral	Frescura Noches	Índice Sequía	Primera helada	Última helada	Libre heladas
2008-2017	2219,80	1542,50	3665,80	12,50	-50,10	345	85	260
2018	2303,16	1632,06	3617,58	14,64	7,78	365	81	284
2019	2249,53	1534,95	3649,88	12,71	-40,60	337	51	286
2020	2249,02	1584,15	3860,58	13,10	2,85	361	12	349

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

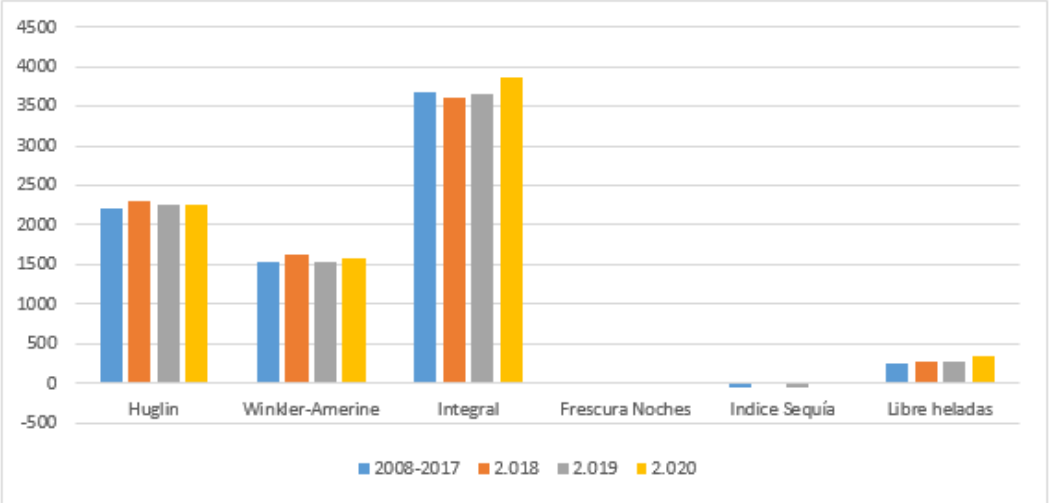


Figura 24. Evolución Índices Climáticos Míllara

Índice de Huglin

En base a la clasificación propuesta por Jones (Tabla 20), los resultados nos muestran que la subzona de Ribeiras do Miño se encuadraría dentro de las zonas de clima templado – cálido. En este caso, el índice de Huglin, nos muestra unas condiciones más cálidas que las de Ribeiras do Sil, lo que permitiría una buena maduración, si bien, cabe la posibilidad que se acorte el ciclo de maduración en exceso.

Tabla 20. Índice Huglin. Míllara

Clase	Sigla	Intervalo	Período
Demasiado frío	IH0	< 1200	
Muy frío	IH1	1200 - 1500	
Frío	IH2	1500 - 1800	
Templado	IH3	1800 - 2100	
Templado cálido	IH4	2100 - 2400	**2008-2017, 2018, 2019, 2020**
Cálido	IH5	2400 - 2700	
Muy cálido	IH6	2700 - 3000	
Demasiado cálido	IH7	> 3000	

Índice de Winkler

Míllara (Ribeiras do Miño), se clasifica como una región templada, muy adecuada para el cultivo y la obtención de vinos de calidad óptima (Tabla 21).

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 21. Clasificación Índice de Winkler. Míllara

Clase	GDA	Período
Región I. Fría	< 1371 ºC (GDA)	
Región II. Templada	1371 a 1649 ºC (GDA)	**2008-2017, 2018, 2019, 2020**
Región III. Templada-Cálida	1650 a 1926 ºC (GDA)	

Región IV. Cálida	1927 a 2204 ºC (GDA)	
Región V. Muy cálida	1927 a 2204 ºC (GDA)	

Integral Térmica Activa

Míllara se situaría en un factor de clasificación 3 en las campañas evaluadas, excepto la campaña 2020, donde se pasa a un factor de clasificación 4, lo que nos viene a indicar que, en esta zona nos encontramos en una banda térmica superior de lo que podríamos considerar viticultura de influencia atlántica (Tabla 22).

Tabla 22. Clasificación Int. Térmica Activa. Míllara

Temperatura (ºC)	**Factor de clasificación**	**Período**
< 2726	1	
2726 -3100	2	
3100-3800	3	**2008-2017, 2018, 2019**
3800-4000	4	**2020**

Índice de Frío Nocturno

En Míllara, las noches son mayoritariamente frías, sin embargo, en la cosecha 2018 se clasificó como una zona con noches templadas, lo que confirma como zona más cálida que Ribeiras do Sil y en general más adecuada para variedades de ciclo largo (Tabla 23).

Tabla 23. Clasificación Índice de Frío Nocturno. Míllara

Índice de Frío Nocturno	**Valor (ºC)**	**Descripción del clima**	**Período**
IF1	>18	noches cálidas	
IF2	>14 ≤18	noches templadas	**2018**
IF3	>12 ≤14	noches frías	**2008-2017, 2019, 2020**
IF4	≤12	noches muy frías	

Índice de Sequía

En Míllara tenemos un clima moderadamente seco, lo que podría originar cierto estrés hídrico en una variedad como Blanco Lexítimo, cuyas zonas de cultivo tradicionales disfrutan de regímenes hídricos generosos (Tabla 24).

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 24. Clasificación Índice de Sequía. Míllara

Clase	**Acrónimo**	**Intervalo (mm)**	**Período**
Húmedo	DI-2	DI >150	
Sub-húmedo	DI-1	150 ≥ DI >50	
Moderadamente seco	DI+1	50 ≥ DI >-100	**2008-2017, 2018, 2019, 2020**
Muy seco	DI+2	-100 ≥ DI	

Período libre de heladas

El promedio para el periodo 2008-2017 nos da 260 días libres de heladas, que en 2018 se amplió hasta los 284 días, sin embargo, la última helada (día 81) coincidió con la de Ponte da Boga. En 2020 el periodo libre de heladas fue más amplio (349 días), lo que permitió evitar la helada tardía que se produjo en Ribeiras do Sil.

4.1.1.3. Chantada

La evaluación de las condiciones de cultivo se hace a partir de los datos de la estación de San Fiz (Chantada), a 391 m sobre el nivel del mar, con coordenadas de localización: 42º 36' 51,8'' N, 7º 43' 06,0'' O.

4.1.1.3.1. Análisis de los valores climáticos

La temperatura

La temperatura media anual para el periodo 2008-2017 (Figura 25) se situó en 12,80 ºC, mientras que, en el periodo de estudio, se alcanzaron 12,88 ºC, en 2018, 12,77 ºC en 2019 y 13,63 ºC en 2020. Como se puede observar, la cosecha 2018 fue una añada estándar, la 2019 resultó fresca, mientras que 2020 resultó calurosa en términos generales. Por otra parte, las temperaturas medias máximas durante los meses de agosto, septiembre y octubre resultaron ser más elevadas en 2018, mientras que las cosechas 2019 y 2020 se quedaron por debajo de los valores históricos, si bien la cosecha 2020 disfrutó de una primavera y un mes de julio excepcionalmente cálido.

Comparado con Ponte da Boga (Ribeiras do Sil), San Fiz (Chantada), muestra unas temperaturas más frescas.

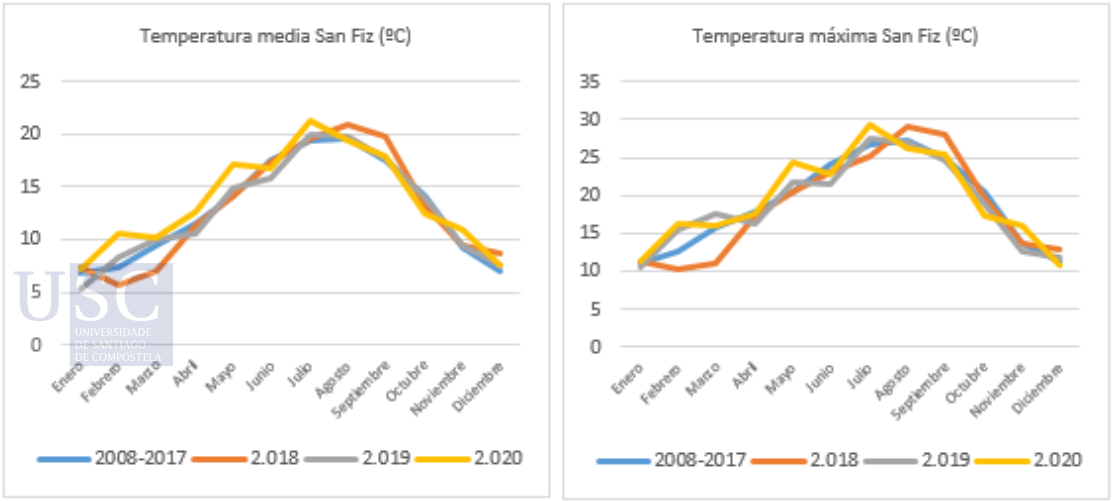


Figura 25. Temperaturas medias y máximas San Fiz

La pluviometría

La precipitación media anual para el periodo 2008-2017 se sitúo en 937,30 mm, mientras que, en 2018 se alcanzaron 1261,60 mm, en 2019, 1014,70 mm y en 2020, 755,50 mm. La campaña 2018 es la que tuvo una pluviometría más elevada, por encima de la media histórica reciente, mientras que 2020 fue un año seco con escasa pluviometría durante el mes de septiembre, importante para las condiciones de maduración y vendimia. El promedio histórico reciente se sitúo en 34,95 mm, inferior a lo recogido en 2018 (37,80 mm), pero muy por encima de la escasa pluviometría de la campaña 2019 (13,60 mm) y próximo al valor registrado en 2020 (33,90 mm).

Los diagramas ombrotérmicos nos muestran una ligera sequía ambiental en julio y agosto en el periodo 2008-2017, que en 2018 se limitó al mes de agosto, mientras que en 2019 los meses más secos fueron agosto y especialmente septiembre. Por el contrario, el año 2020 sufrió unas condiciones de sequía reseñables en los meses de junio y especialmente julio (Figura 26).

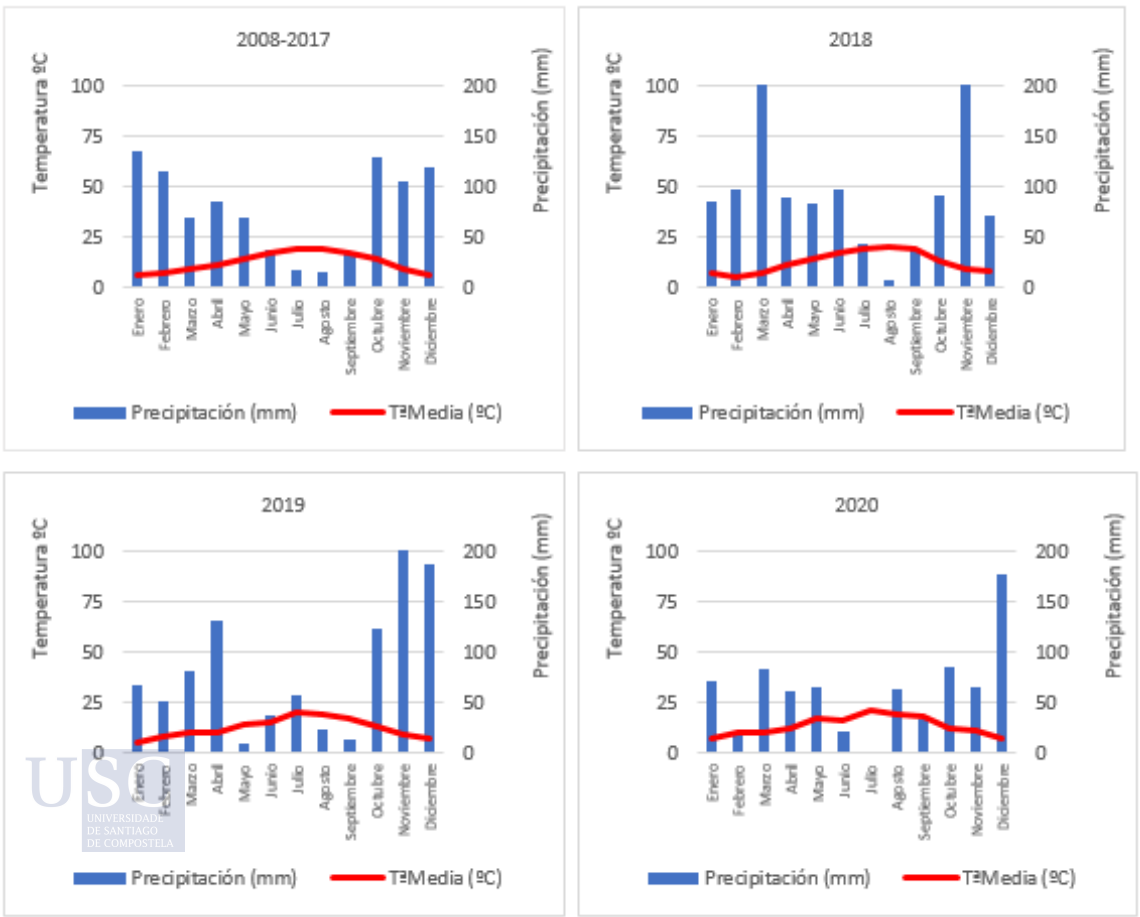


Figura 26. Diagramas ombrotérmicos San Fiz

La insolación y radiación

La campaña 2018, disfrutó de un total de 1923,15 horas de sol, que supusieron una suma de radiación incidente de 59338 W/m² con unos datos para el mes de septiembre de 245,20 h y 6618 W/m². En la campaña 2019 la insolación fue de 2057,67 h (211,94 h en septiembre) y la radiación recibida fue de 61244 W/m² (6207 W/m² en septiembre) y en la campaña 2020 las horas de sol fueron 2070,04 (213,16 h en septiembre) y la radiación incidente fue de 61010 W/m² (6149 W/m² en septiembre). Como podemos ver, la cosecha 2020 tuvo la mayor insolación mientras que 2019 fue la que disfruto de una mayor energía luminosa recibida (2019 disfruto de una primavera con mayor insolación, que permite acumular un buen gradiente de energía recibida). Por otra parte, en la Figura 27 podemos observar cómo, las mejores condiciones para una buena actividad fotosintética, durante el periodo de maduración, se dieron en la campaña 2018. En general podemos observar como con menor insolación que Ponte da Boga, en Chantada la energía recibida es superior.

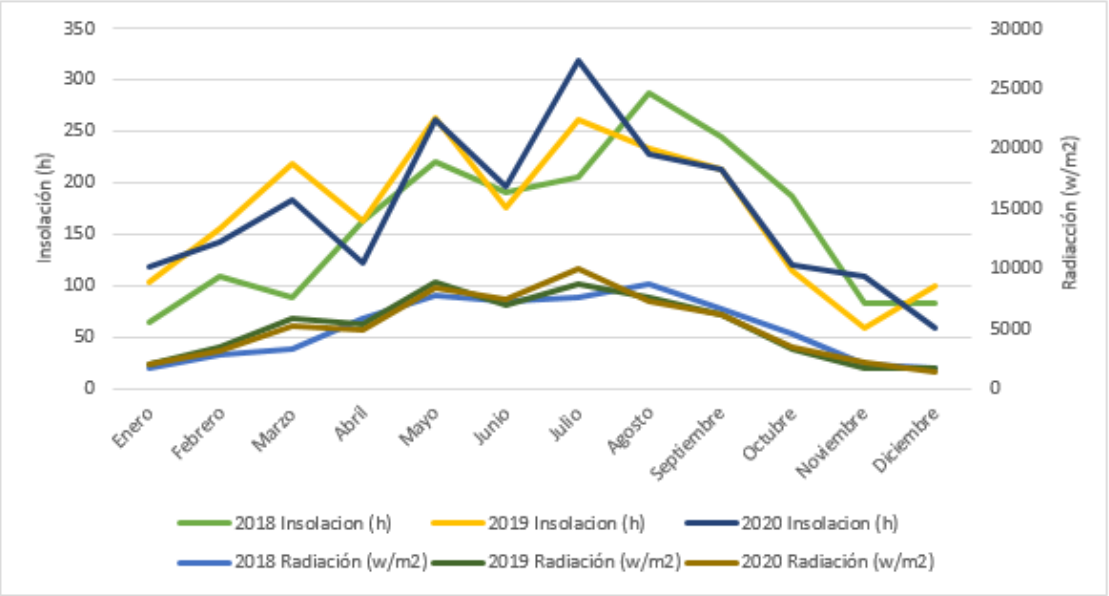


Figura 27. Diagramas Insolación/Radiación de las campañas 2018, 2019 y 2020, San FIz

4.1.1.3.2. Análisis de los índices climáticos

El resumen de los índices climáticos para el periodo 2008-2017, 2018, 2019 y 2020, se expone en la Tabla 25 y la Figura 28.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 25. Índices climáticos San Fiz

Periodo Año	Huglin	Winkler-Amerine	Integral	Frescura Noches	Índice Sequía	Primera helada	Última helada	Libre heladas
2008-2017	1882,90	1362,70	3441,70	12,10	12,96	343,00	76,00	267,00

2018	1997,69	1454,34	3408,41	14,09	65,46	365,00	81,00	284,00
2019	1871,26	1344,42	3421,27	12,52	23,46	337,00	51,00	286,00
2020	2060,21	1463,80	3712,21	12,68	-8,89	361,00	12,00	349,00

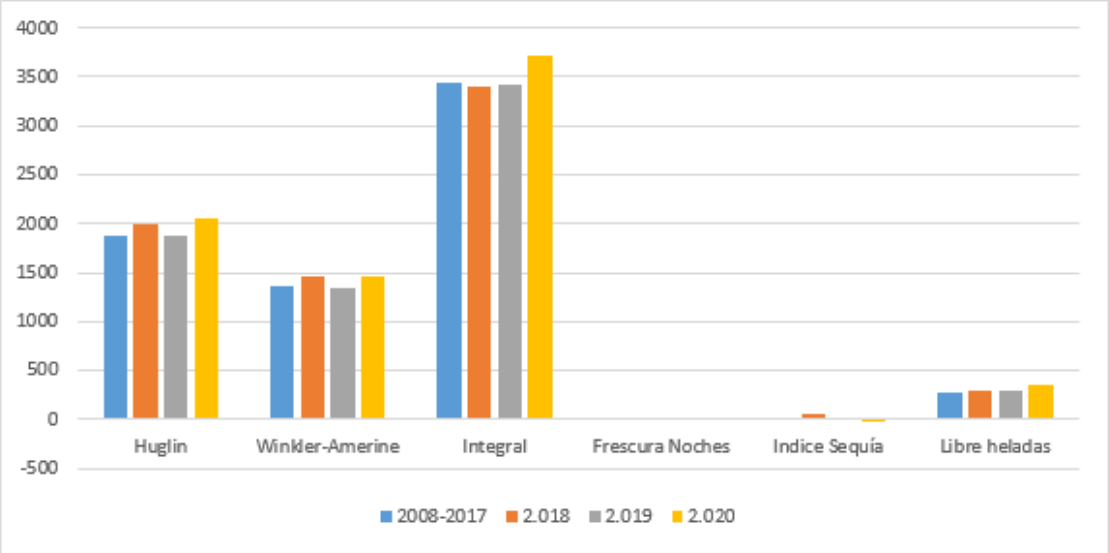


Figura 28. Evolución Índices Climáticos San Fiz

Índice de Huglin

Los resultados nos muestran que la subzona de Chantada (Tabla 26), se encuadraría dentro de las zonas de clima templado, con las cosechas 2018 y 2020 por encima de la media, mientras la cosecha 2019 se mostró más fresca que el promedio.

Tabla 26. Índice Huglin. San Fiz

Clase	Sigla	Intervalo	Período
Demasiado frío	IH0	< 1200	
Muy frío	IH1	1200 - 1500	
Frío	IH2	1500 - 1800	
Templado	IH3	1800 - 2100	**2008-2017, 2018, 2019, 2020**
Templado cálido	IH4	2100 - 2400	
Cálido	IH5	2400 - 2700	
Muy cálido	IH6	2700 - 3000	
Demasiado cálido	IH7	> 3000	

Índice de Winkler

La zona de San Fiz (Chantada) se clasifica como una región fría (2008-2017 y 2019) (Figura 27), aunque las campañas 2018 y 2020 se encuadrarían como región templada (lo que se puede asumir como más probable en el futuro), siendo, por tanto, una zona muy adecuada para la producción de vinos de calidad, como Blanco Lexítimo.

Tabla 27. Clasificación Índice de Winkler. San Fiz

Clase	GDA	Período
Región I. Fría	< 1371 ºC (GDA)	**2008-2017, 2019**
Región II. Templada	1371 a 1649 ºC (GDA)	**2018, 2020**
Región III. Templada-Cálida	1650 a 1926 ºC (GDA)	
Región IV. Cálida	1927 a 2204 ºC (GDA)	
Región V. Muy cálida	1927 a 2204 ºC (GDA)	

Integral Térmica Activa

San Fiz se situaría con un factor de clasificación 3 en todas las campañas evaluadas, que la sitúa como una buena zona, sin limitaciones térmicas para una producción de vinos de calidad (Tabla 28).

Tabla 28. Clasificación Int. Térmica Activa. San Fiz

Temperatura (ºC)	Factor de clasificación	Período
< 2726	1	
2726 -3100	2	
3100-3800	3	**2008-2017, 2018, 2019, 2020**
3800-4000	4	

Índice de Frío Nocturno

San Fiz, como podemos ver en la Tabla 29, disfruta de unas buenas condiciones de amplitud térmica, que en la secuencia histórica 2008-2017 y en 2019 y 2020, la situarían como un clima con noches frías, aunque en 2018 se encuadraría como una zona de noches templadas.

Tabla 29. Clasificación Índice de Frío Nocturno. San Fiz

Índice de Frío Nocturno	Valor (ºC)	Descripción del clima	Período
IF1	>18	noches cálidas	
IF2	>14 ≤18	noches templadas	**2018**
IF3	>12 ≤14	noches frías	**2008-2017, 2019, 2020**
IF4	≤12	noches muy frías	

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Índice de Sequía

San Fiz, encuadraría la subzona de Chantada dentro de un clima moderadamente seco (2008-2017, 2019 y 2020), aunque 2018 presento los valores de una zona de clima sub-húmedo (Tabla 30).

Tabla 30. Clasificación Índice de Sequía. San Fiz

Clase	Acrónimo	Intervalo (mm)	Período
Húmedo	DI-2	DI >150	
Sub-húmedo	DI-1	150 ≥ DI >50	**2018**
Moderadamente seco	DI+1	50 ≥ DI >-100	**2008-2017, 2019, 2020**
Muy seco	DI+2	-100 ≥ DI	

Período libre de heladas

El promedio para el periodo 2008-2017 es de 267 días libres de heladas, en 2018 el periodo se amplió hasta los 284 días (286 en 2019), coincidiendo la última helada (día 81) con la de Ponte da Boga, sin embargo, en 2020 el periodo libre de heladas fue mas amplio (349 días), lo que permitió evitar la helada tardía que se produjo en Ribeiras do Sil, al igual que en Míllara.

4.1.1.4. Marroxo (Amandi)

La evaluación de las condiciones de cultivo se hace a partir de los datos de la estación de Marroxo en Monforte de Lemos (Lugo), a 645 m sobre el nivel del mar, con coordenadas de localización: 42º 28’ 23,5’’ N, 7º 30’ 06,4’’ O. Como podemos observar, esta estación, a diferencia de las anteriores, no se encuentra en las condiciones representativas del viñedo de Amandi, por tanto, los valores que obtenemos, no se pueden vincular directamente al carácter climático de la subzona. Sin embargo, tienen un gran valor por proporcionar los datos correspondientes a una cota elevada sin protección de la ribera del río, que nos servirá para fijar los posibles límites de cultivo.

4.1.1.4.1. Análisis de los valores climáticos

La temperatura media anual para el periodo 2001-2017 se situó en 12,14 ºC, mientras que, en el periodo de estudio, tuvimos 12,14 ºC en 2018, 12,20 ºC en 2019 y 13,03 ºC en 2020 (Figura 29). Como vemos, las temperaturas se mantuvieron próximas al promedio histórico, salvo en 2020 que se mostró más cálido. Cabe señalar que, las temperaturas medias máximas durante los meses de agosto, septiembre y octubre resultaron ser más elevadas en 2018, mientras que las cosechas 2019 y 2020 se quedaron próximas a los valores históricos recientes, si bien 2020 fue un año con un mes de julio especialmente cálido, con 29,54 ºC de media de las máximas.

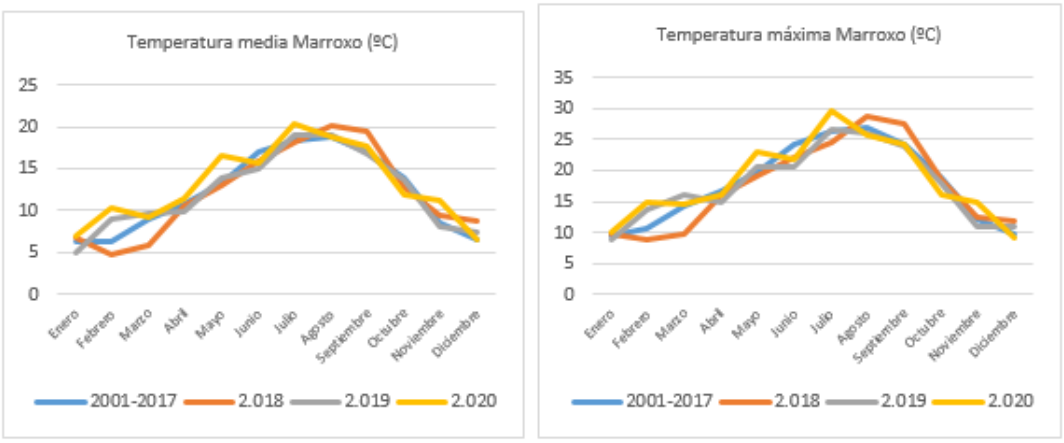


Figura 29. Temperaturas medias y máximas Marroxo

La pluviometría

La precipitación media anual para el periodo 2001-2017 se sitúo en 734,58 mm, mientras que, en 2018, se alcanzaron 1013,70 mm, en 2019, 986,00 mm y en 2020, 683,80 mm. Como podemos ver, la campaña 2018 es la que tuvo una pluviometría más elevada, por encima de la media histórica reciente, mientras que 2020 fue un año seco con escasa pluviometría. Durante el mes de septiembre, el promedio histórico reciente se sitúo en 39,72 mm, superior a lo recogido en 2018 (18,60 mm), 2019 (19,20 mm) y 2020 (37,80 mm).

Los diagramas ombrotérmicos (Figura 30), nos muestran una ligera sequía ambiental en julio y agosto en el periodo 2001-2017, que en 2018 y 2019 se centró en los meses de agosto y septiembre, mientras la cosecha 2020 la sequía ambiental se centró en el mes de julio.

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

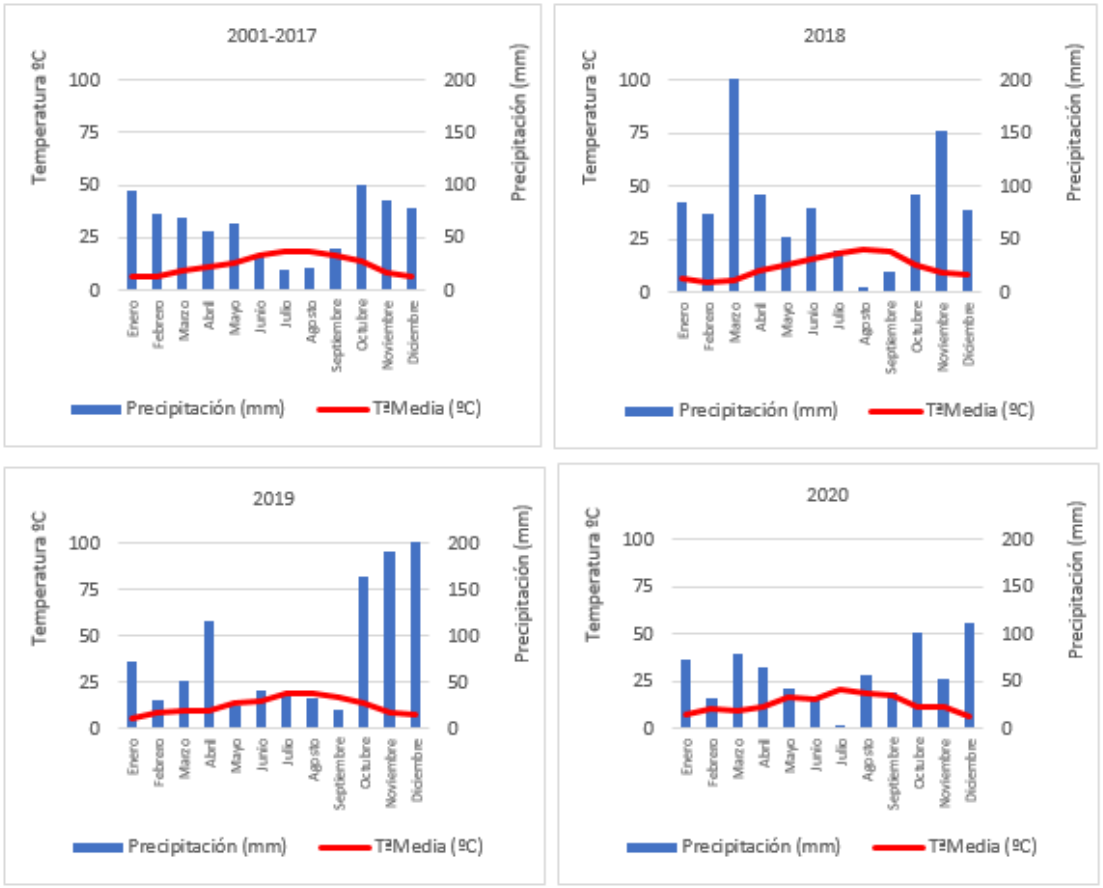


Figura 30. Diagramas ombrotérmicos Marroxo

La insolación y radiación

La campaña 2018, disfrutó de un total de 1939,49 horas de sol, que supusieron una suma de radiación incidente de 53776 W/m² con datos para el mes de septiembre de 269,92 h y 6110 W/m². En la campaña 2019, la insolación fue de 2198,38 h (226,91 h en septiembre) y la radiación recibida fue de 57636 W/m² (5716 W/m² en septiembre). En la campaña 2020, las horas de sol fueron 2144,03 (228,85 h en septiembre) y la radiación incidente de 57895 W/m² (5812 W/m² en septiembre) (Figura 31). Como podemos observar, la cosecha 2020 tuvo la mayor insolación mientras que 2019 fue la que disfrutó de una mayor energía luminosa recibida (se explica por la proximidad de los valores y que 2019 disfruto de una primavera con mayor insolación, que permite acumular un buen gradiente de energía recibida). Mientras la cosecha 2018 mostró una inferior insolación y radiación en términos absolutos, con unas condiciones para una buena actividad fotosintética durante el periodo de maduración y vendimia. En general podemos observar como con una insolación muy semejante a Ponte da Boga, la energía recibida es inferior.

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

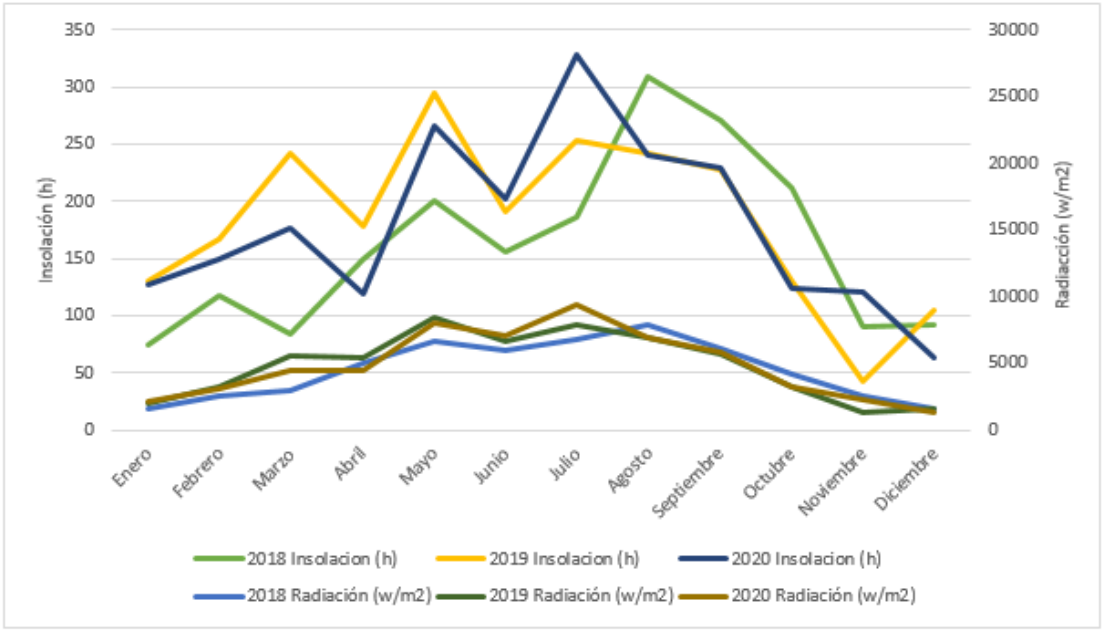


Figura 31. Diagramas Insolación/Radiación campañas, 2018, 2019, 2020, Marroxo

4.1.1.4.2. Análisis de los índices climáticos

El resumen de los índices climáticos para el periodo 2001-2017, 2018, 2019 y 2020, se expone en la Tabla 31 y la Figura 32.

Tabla 31. Índices climáticos Marroxo

Período Año	Huglin	Winkler	Integral	Frescura Noches	Índice Sequía	Primera helada	Última helada	Libre heladas
2001-2017	1762,70	1234,20	3209,50	12,10	12,80	340	76	264
2018	1845,79	1303,20	3174,38	14,26	66,76	364	77	287
2019	1718,01	1208,04	3170,01	11,92	32,01	337	34	303
2020	1897,65	1306,28	3355,93	12,78	-4,98	339	91	248

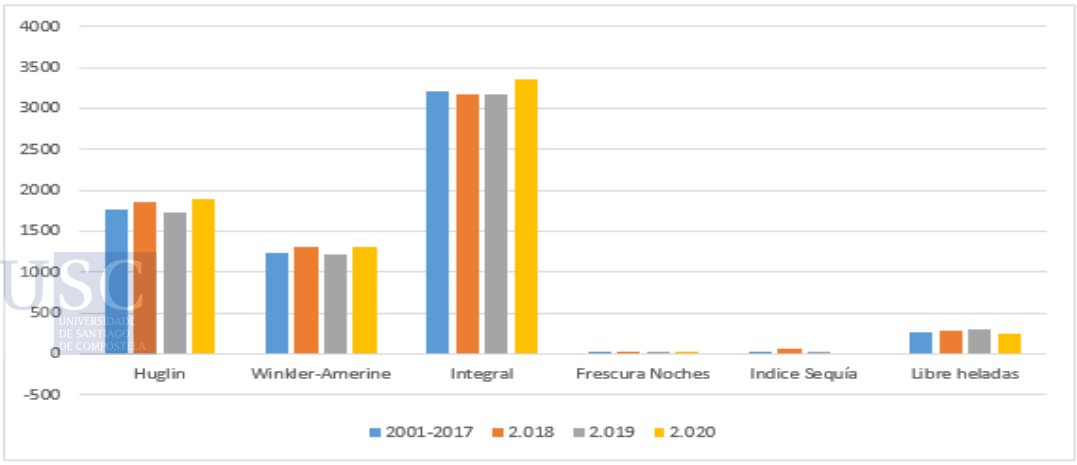


Figura 32. Evolución Índices Climáticos Marroxo

Índice de Huglin

Los resultados nos muestran que, a pesar de encontrarnos a 645 m de altitud, Marroxo se clasificaría como frío o templado en 2018 y 2020, por lo que se trataría de una zona adecuada para el cultivo de una variedad como Blanco Lexítimo (Tabla 32).

Tabla 32. Indice Huglin. Marroxo

Clase	Sigla	Intervalo	Período
Demasiado frío	IH0	< 1200	
Muy frío	IH1	1200 - 1500	
Frío	IH2	1500 - 1800	**2001-2017, 2019**
Templado	IH3	1800 - 2100	**2018, 2020**
Templado cálido	IH4	2100 - 2400	
Cálido	IH5	2400 - 2700	
Muy cálido	IH6	2700 - 3000	
Demasiado cálido	IH7	> 3000	

Índice de Winkler

El I.W clasificaría la zona de montaña de Marroxo como fría, con lo que se requeriría de un rendimiento moderado para obtener una buena maduración en una variedad como Blanco Lexítimo (Tabla 33).

Tabla 33. Clasificación Índice de Winkler. Marroxo

Clase	GDA	Período
Región I. Fría	< 1371 ºC (GDA)	**2001-2017, 2018, 2019, 2020**
Región II. Templada	1371 a 1649 ºC (GDA)	
Región III. Templada-Cálida	1650 a 1926 ºC (GDA)	
Región IV. Cálida	1927 a 2204 ºC (GDA)	
Región V. Muy cálida	1927 a 2204 ºC (GDA)	

Integral Térmica Activa

Se situaría en la banda inferior de un factor de clasificación 3, que entraría dentro de los parámetros de cultivo de rango inferior para una variedad como Blanco Lexítimo (Tabla 34).

Tabla 34. Clasificación Int. Térmica Activa. Marroxo

Temperatura (ºC)	Factor de clasificación	Período
< 2726	1	
2726 -3100	2	
3100-3800	3	**2001-2017, 2018, 2019, 2020**
3800-4000	4	

Índice de Frío Nocturno

Marroxo, en general disfruta de noches frías en el periodo 2001-2017 y en 2020, aunque en añadas concretas puede oscilar a noches templadas (2018) o muy frías como en 2019, de cualquier modo, posee una buena amplitud térmica (Tabla 35).

Tabla 35. Clasificación Índice de Frío Nocturno, Marroxo

Índice de Frío Nocturno	Valor (ºC)	Descripción del clima	Período
IF1	>18	noches cálidas	
IF2	>14 ≤18	noches templadas	**2018**
IF3	>12 ≤14	noches frías	**2001-2017, 2020**
IF4	≤12	noches muy frías	**2019**

Índice de Sequía

Marroxo, disfruta de un clima moderadamente seco, aunque en años concretos como 2018, la mayor pluviometría podría clasificar la zona como sub-húmeda (Tabla 36).

Tabla 36. Clasificación Índice de Sequía Marroxo

Clase	Acrónimo	Intervalo (mm)	Período
Húmedo	DI-2	DI >150	
Sub-húmedo	DI-1	150 ≥ DI >50	**2018**
Moderadamente seco	DI+1	50 ≥ DI >-100	**2008-2017, 2019, 2020**
Muy seco	DI+2	-100 ≥ DI	

Período libre de heladas

El promedio para el periodo 2001-2017, es de 264 días libres de heladas, en 2018 el periodo se amplió hasta los 287 días (303 en 2019) y en 2020 (248 días libres) la última helada se produjo el día 91, como en otras zonas. El efecto de la altitud y encontrarse fuera de la influencia del cañón de río sobre el riesgo de helada primaveral, parece no darse en las condiciones de Marroxo.

4.1.1.5. Quiroga-Bibei (Parcelas viticultores)

La evaluación de las condiciones de cultivo se hace a partir de los datos de la estación de San Clodio en Ribas de Sil (Lugo) a 257 m, sobre el nivel del mar, con coordenadas de localización: 42º 27’ 47,2’’ N, 7º 17’ 13,8’’ O. Esta estación es representativa de las condiciones climáticas de las parcelas de los viticultores, que posteriormente emplearemos para la comparación del comportamiento de la variedad Godello, con la parcela experimental en San Victorio.

4.1.1.5.1. Análisis de los valores climáticos

La temperatura

La temperatura media anual para el periodo 2008-2017 se situó en 13,57 ºC, mientras que, en el periodo de estudio mostró una temperatura de 13,68 ºC, en 2018, 13,54 ºC en 2019 y 14,56 ºC en 2020. Como vemos en la Figura 33, la cosecha 2018 fue una añada estándar, la 2019 resultó fresca, mientras que 2020 fue calurosa. Las temperaturas medias máximas durante los meses de agosto, septiembre y octubre resultaron ser más elevadas en 2018, mientras que las cosechas 2019 y 2020 los valores se quedaron próximos a los valores históricos recientes, no obstante 2020 fue un año muy cálido, como confirman los 33,51 ºC de media de las máximas del mes de julio.

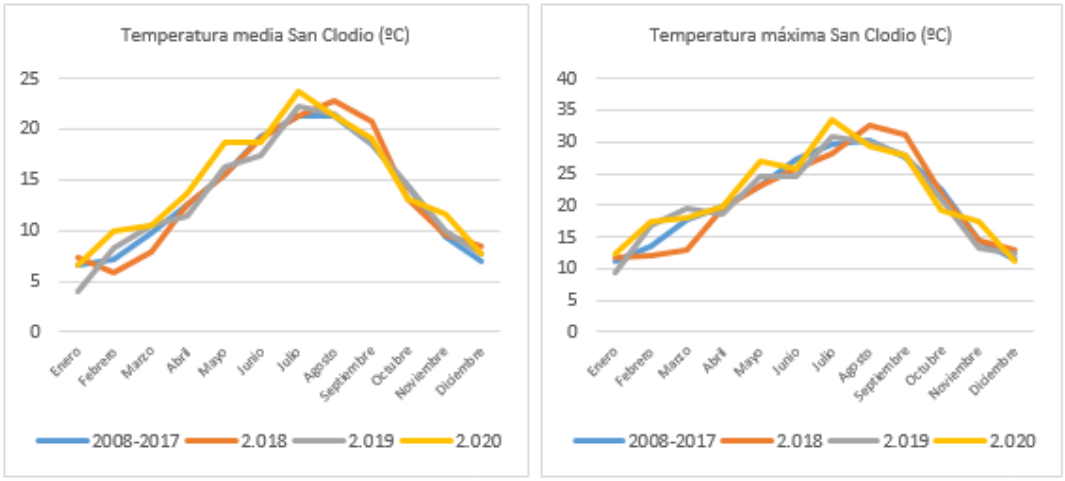


Figura 33. Temperaturas medias y máximas San Clodio

Como podemos observar, el valle de Quiroga presenta las temperaturas más elevadas de toda la D.O.

La pluviometría

La precipitación media anual para el periodo 2008-2017 se sitúo en 841,55 mm, mientras que en 2018, se alcanzaron 1065,60 mm, en 2019, 1017,80 mm y en 2020, 771,20 mm. Como podemos ver, la campaña 2018 es la que tuvo una pluviometría más elevada, por encima de la media histórica reciente, mientras que 2020 fue un año seco con escasa pluviometría, durante el mes de septiembre, importante para las condiciones de maduración y vendimia, el promedio histórico reciente se sitúo en 37,30 mm, superior a lo recogido en 2018 (31,00 mm), por encima de la escasa pluviometría de la campaña 2019 (20,80 mm) e inferior al valor registrado en 2020 (42,80 mm).

Los diagramas ombrotérmicos (Figura 34) nos muestran en el periodo 2008-2017 una ligera sequía ambiental en julio y agosto, que en 2018 y 2019 incluyó también el mes de julio. Por el contrario, 2020 solo sufrió unas condiciones de sequía reseñables en el mes de julio.

USC DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

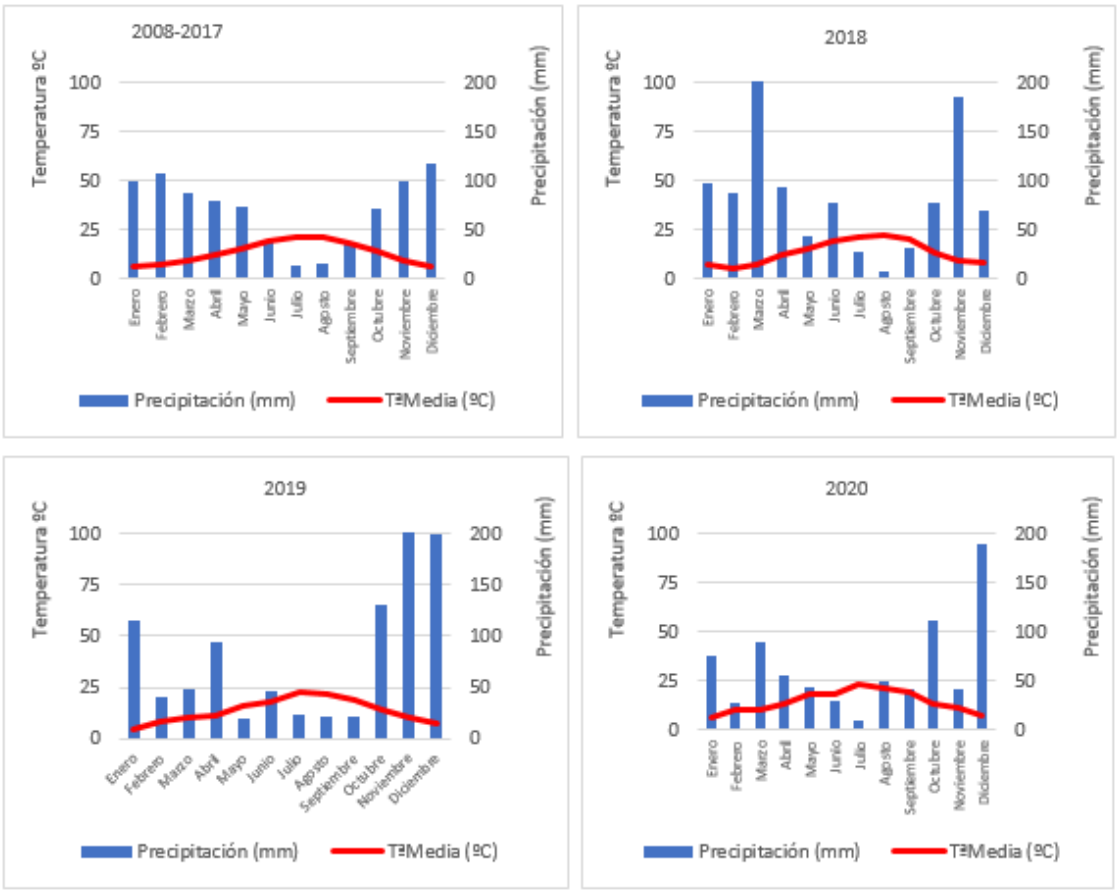


Figura 34. Diagramas Ombrotérmicos San Clodio

4.1.1.5.2. Análisis de los índices climáticos

El resumen de los índices climáticos para el periodo 2008-2017, 2018, 2019 y 2020, se expone en la Tabla 37 y la Figura 35.

Tabla 37. Índices climáticos San Clodio

Período Año	Huglin	Winkler	Integral	Frescura Noches	Indice Sequía	Primera helada	Última helada	Libre heladas
2008-2017	2277,90	1631,30	3778,00	11,40	-62,50	337	89	248
2018	2403,41	1703,41	3751,04	12,86	-38,11	364	81	283
2019	2280,37	1617,12	3748,59	11,01	-70,74	338	86	252
2020	2494,68	1785,50	4059,05	11,97	-77,17	361	91	270

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

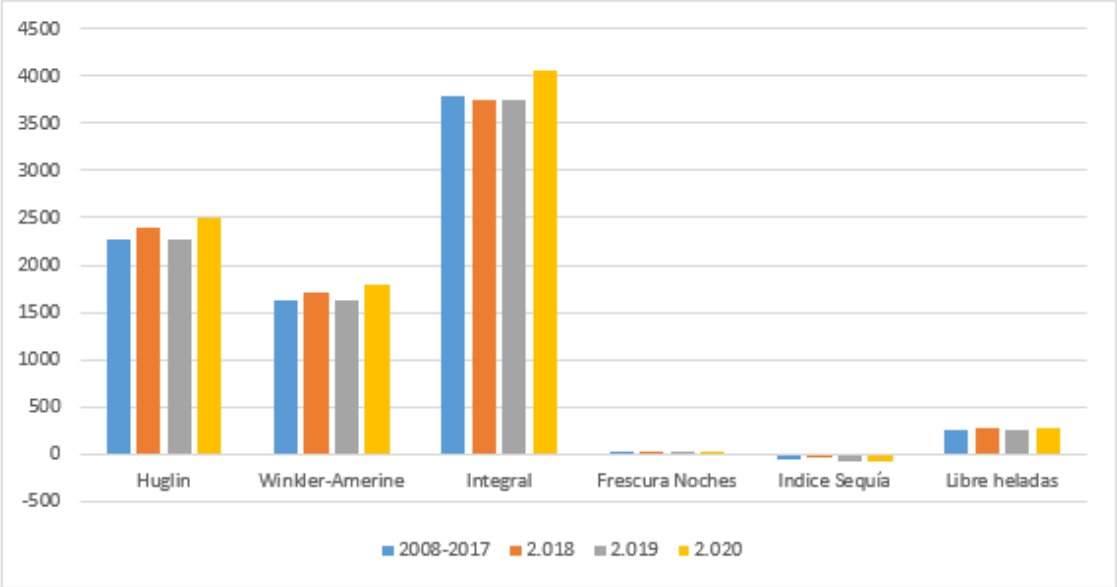


Figura 35. Evolución Índices Climáticos San Clodio

Índice de Huglin

Los resultados muestran que la subzona de Quiroga-Bibei (Tabla 38), se encuadraría dentro de las zonas de clima templado-cálido, pero con tendencia a convertirse en una zona cálida, como nos muestran las cosechas 2018 y 2020.

Tabla 38. Índice Huglin. San Clodio

Clase	Sigla	Intervalo	Período
Demasiado frío	IH0	< 1200	
Muy frío	IH1	1200 - 1500	
Frío	IH2	1500 - 1800	
Templado	IH3	1800 - 2100	
Templado cálido	IH4	2100 - 2400	**2008-2017, 2019**
Cálido	IH5	2400 - 2700	**2018, 2020**
Muy cálido	IH6	2700 - 3000	
Demasiado cálido	IH7	> 3000	

Índice de Winkler

San Clodio se clasifica como una región templada (2008-2017 y 2019) (Tabla 39), aunque las campañas 2018 y 2019 se encuadrarían como región templada-cálida. La variedad Blanco Lexítimo, una zona tan cálida, podría acortar en exceso el ciclo vegetativo o conducir a fenómenos de sobremaduración, sin una buena gestión del viñedo.

Tabla 39. Clasificación Índice de Winkler. San Clodio

Clase	GDA	Período
Región I. Fría	< 1371 ºC GDA)	

Región II. Templada	1371 a 1649 ºC (GDA)	**2008-2017, 2019**
Región III. Templada-Cálida	1650 a 1926 ºC (GDA)	**2018, 2020**
Región IV. Cálida	1927 a 2204 ºC (GDA)	
Región V. Muy cálida	1927 a 2204 ºC (GDA)	

Integral Térmica Activa

San Clodio, se situaría con un factor de clasificación 3 en las campañas 2008-2017 y 2019, mientras que las añadas 2018 y 2020, se incluiría en un factor 4 (Tabla 40). La integral térmica nos muestra unas condiciones que resultarían óptimas para variedades de ciclo largo.

Tabla 40. Clasificación Int. Térmica Activa. San Clodio

Temperatura (ºC)	**Factor de clasificación**	**Período**
< 2726	1	
2726 -3100	2	
3100-3800	3	**2008-2017, 2018, 2019**
3800-4000	4	**2020**

Índice de Frío Nocturno

San Clodio disfruta de unas muy buenas condiciones de amplitud térmica, que en la secuencia histórica 2008-2017 y en 2019 y 2020, la situarían como un clima con noches muy frías (frías en 2018), lo que puede atenuar los rigores de las elevadas temperaturas diurnas, siendo un factor altamente positivo para la calidad de la uva (Tabla 41).

Tabla 41. Clasificación Índice de Frío Nocturno, San Clodio

Índice de Frío Nocturno	**Valor (ºC)**	**Descripción del clima**	**Período**
IF1	>18	noches cálidas	
IF2	>14 ≤18	noches templadas	
IF3	>12 ≤14	noches frías	**2018**
IF4	≤12	noches muy frías	**2008-2017, 2019, 2020**

Índice de Sequía

San Clodio, situaría la subzona de Quiroga-Bibei dentro de un clima moderadamente seco (2008-2017, 2018,2019 y 2020) (Tabla 42).

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 42. Clasificación Índice de Sequía San Clodio

Clase	**Acrónimo**	**Intervalo (mm)**	**Período**
Húmedo	DI-2	DI >150	
Sub-húmedo	DI-1	150 ≥ DI >50	
Moderadamente seco	DI+1	50 ≥ DI >-100	**2008-2017, 2018, 2019, 2020**
Muy seco	DI+2	-100 ≥ DI	

Período libre de heladas

El promedio para el periodo 2008-2017, es de 248 días libres de heladas, en 2018 el periodo se amplió hasta los 283 días (252 en 2019), coincidiendo la última helada (día 81) con la de Ponte da Boga, sin embargo, en 2020 la última helada se produjo el día 91, causando ligeros daños. El efecto del valle sobre la circulación de aire y los fenómenos de inversión térmica hacen que el riesgo de helada sea muy superior al de otras zonas de esta D.O, especialmente para aquellas variedades de brotación precoz, como la variedad Blanco Lexítimo. La disposición de las parcelas de los viticultores estudiadas, al estar rodeadas de elementos de protección, vegetación o laderas, minimizan el riesgo de heladas, puesto que en ninguno de los tres años estudiados se ha observado riesgo en este sentido.

4.1.1.6. San Victorio (Ribeiras do Miño). Parcela experimental

La evaluación de las condiciones de cultivo de la parcela de ensayo se hace a partir de los datos de la estación situada en medio del viñedo en San Victorio (O Saviñao), a 459 m sobre el nivel del mar, con coordenadas de localización: 42º 40’ 13,6 N, 7º 43’ 50.5 O, en este caso, los valores analizados se centran en las campañas 2018, 2019 y 2020, al no disponer de valores completos y fiables previos.

4.1.1.6.1. Análisis de los valores climáticos

La temperatura

La temperatura media anual en 2018 fue de 12,41 ºC (19,44 ºC en septiembre), en 2019, 12,52 ºC (17,18 ºC en septiembre) y en 2020 la media anual fue de 13,08 ºC (17,45 ºC en septiembre) (Figura 36). La campaña 2018 se caracterizó por una temperatura media anual inferior, compensada por las buenas condiciones térmicas durante la fase de maduración, especialmente en septiembre, mientras que las añadas 2019 y 2020, a pesar de la diferencia de temperatura media anual, dispusieron de un régimen térmico durante la de maduración muy semejante.

Respecto a Ponte da Boga, podemos ver que se trata de una zona más fresca.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

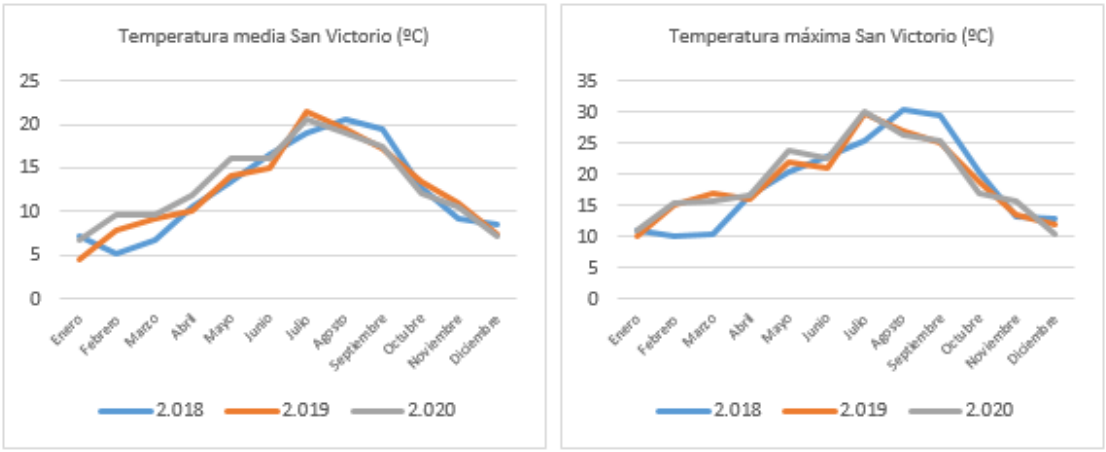


Figura 36. Temperaturas medias y máximas San Victorio

La pluviometría

La precipitación anual de la campaña 2018 se situó en 935,20 mm (18,20 mm en septiembre), en 2019 fue de 1207,38 mm (10,40 mm en septiembre) y en 2020 se quedó en 644,05 mm (57,80 mm en septiembre). Se puede observar como el año 2019, que disfrutó de una pluviometría más generosa, con e mes de septiembre más seco, por el contrario 2020, que fue un año muy seco, aunque con un mes de septiembre lluvioso (Figura 37). En 2018, los meses de julio, agosto y septiembre, fueron secos y la pluviometría anual se concentró en marzo y noviembre, es decir con un buen régimen hídrico al comienzo del periodo vegetativo, en cambio, en 2019, la precipitación se distribuyó a lo largo del año, recogiéndose una elevada cantidad fuera del periodo vegetativo de la vid. En 2020, un año de escasa precipitación, esta se distribuyó de modo bastante homogéneo a lo largo de todo el periodo vegetativo, y si bien, en los meses de junio y especialmente julio la sequía ambiental fue alta, los meses de agosto y septiembre, importantes para la maduración y calidad de la vendimia, disfrutaron de unas buenas condiciones.

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

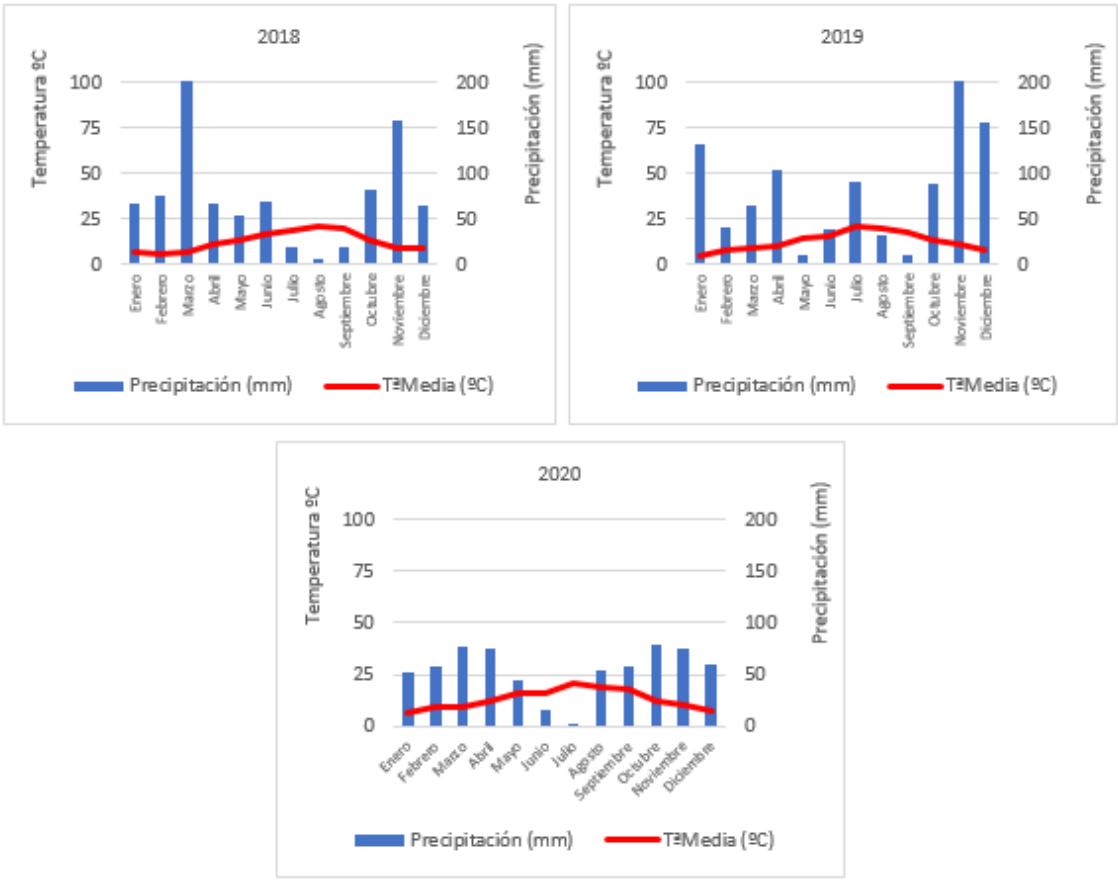


Figura 37. Diagramas ombrotérmicos San Victorio

La insolación y radiación

En 2018, la insolación fue de un total de 1479,43 horas, que supusieron una suma de radiación incidente de 44223 W/m². Los datos para el mes de septiembre fueron de 172,77 h y 4089 W/m². En la campaña 2019, la insolación fue de 1646,74 h (171,43 h en septiembre) y la radiación recibida fue de 48900 W/m² (4627 W/m² en septiembre), sin embargo, en la campaña 2020, las horas de sol fueron 1607,67 (171,99 h en septiembre) y la radiación incidente fue de 48125 W/m² (4510 W/m² en septiembre) (Figura 38). La cosecha 2019 fue la que disfrutó de una mayor energía luminosa recibida, sin embargo, en la figura 38 podemos observar cómo, las mejores condiciones para una buena actividad fotosintética durante el periodo de maduración se dieron en la campaña 2018, mientras que, en 2020, el mes de julio, dispuso de la intensidad luminosa más elevada.

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

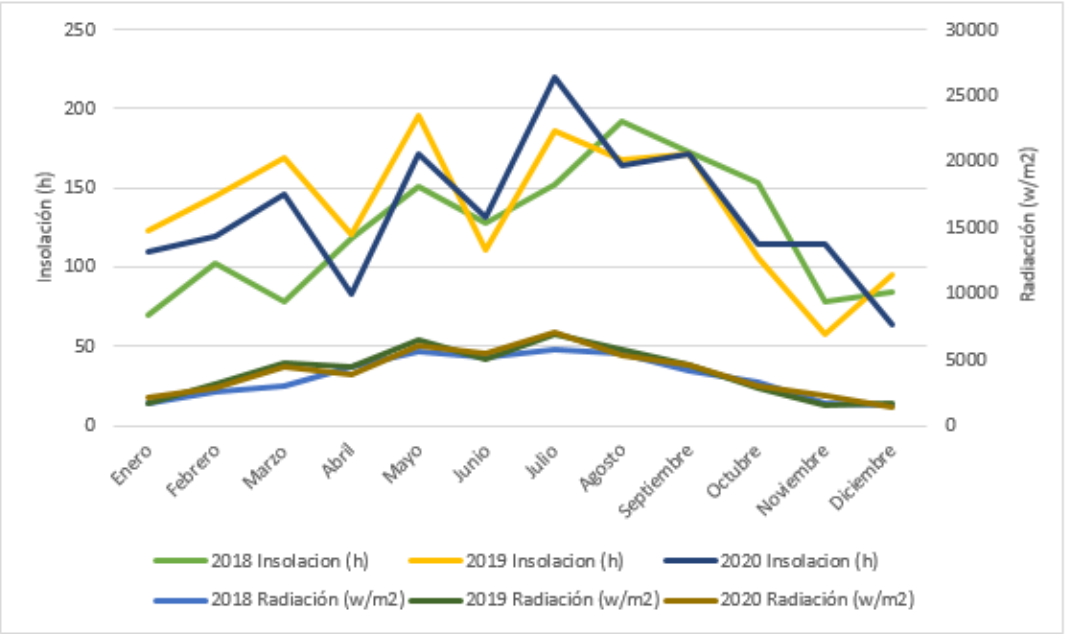


Figura 38. Diagramas Insolación/Radiación campañas, 2018, 2019, 2020 San Victorio

Los datos de insolación y radiación nos muestran que San Victorio es la zona evaluada de D.O Ribeira Sacra que menor insolación recibe y, además, la de menor potencia radiante recibida. Este aspecto era previsible en función de su latitud y por tanto la diferencia con Ponte da Boga, un 25,64 % menos de insolación y un 21,13 % menos de radiación incidente recibida, esperable, sin embargo, respecto a Marroxo, la diferencia se sitúa en 24,61 % menos de insolación y un 16,60 % menos de radiación, con lo que parece que la altura (641 m, Marroxo) tiene una influencia moderada sobre la radiación incidente, respecto a la latitud.

4.1.1.6.2. Análisis de los índices climáticos

El resumen de los índices climáticos para los años 2018, 2019 y 2020, se expone en la Tabla 43 y la Figura 39.

Tabla 43. Índices climáticos San Victorio

Año	Huglin	Winkler	Integral	Frescura Noches	Índice Sequía	Primera helada	Última helada	Libre heladas
2018	1980,09	1351,71	3265,02	13,55	137,70	365	81	284
2019	1875,68	1283,95	3260,88	11,98	153,45	337	75	262
2020	1992,08	1335,26	3556,71	12,24	129,48	361	51	310

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

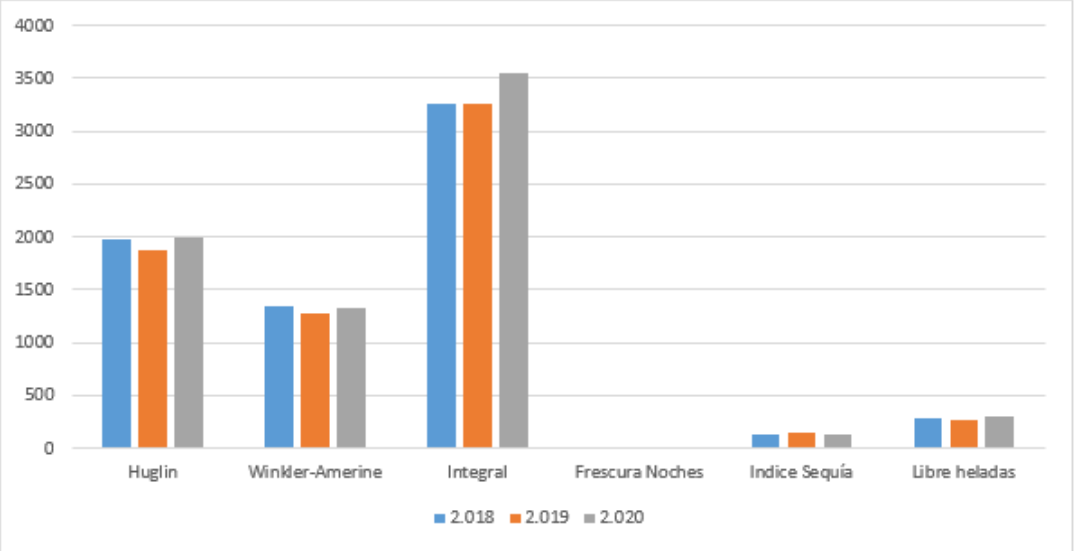


Figura 39. Evolución Índices Climáticos San Victorio

Índice de Huglin

Los resultados para la parcela de San Victorio (Tabla 44), nos muestran que la parcela experimental se encuadraría dentro de las zonas de clima templado, que serían unas buenas condiciones para el cultivo de una variedad de ciclo corto como la Blanco Lexítimo.

Tabla 44. Índice Huglin. San Victorio

Clase	Sigla	Intervalo	Años
Demasiado frío	IH0	< 1200	
Muy frío	IH1	1200 - 1500	
Frío	IH2	1500 - 1800	
Templado	IH3	1800 - 2100	**2018, 2019, 2020**
Templado cálido	IH4	2100 - 2400	
Cálido	IH5	2400 - 2700	
Muy cálido	IH6	2700 - 3000	
Demasiado cálido	IH7	> 3000	

Índice de Winkler

La integral térmica eficaz para San Victorio, la suma de las temperaturas medias eficaces (que superan el cero fisiológico), nos da una aproximación de las condiciones de maduración que tendrá la variedad Blanco Lexítimo (Tabla 45).

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 45. Clasificación Índice de Winkler. San Victorio

Clase	GDA	Período
Región I. Fría	< 1371 ºC (GDA)	**2018, 2019, 2020**
Región II. Templada	1371 a 1649 ºC (GDA)	
Región III. Templada-Cálida	1650 a 1926 ºC (GDA)	
Región IV. Cálida	1927 a 2204 ºC (GDA)	
Región V. Muy cálida	1927 a 2204 ºC (GDA)	

En el caso de la parcela experimental, las tres añadas analizadas permitirían clasificar esta zona como fría, lo que requería rendimientos de cultivo moderados para garantizar la calidad.

Integral Térmica Activa

Es la suma de las temperaturas acumuladas superiores a 10 ºC, siendo este el cero vegetativo de la vid (Tabla 46). Para San Victorio, se situaría con un factor de clasificación 3 en todas las campañas evaluadas, por lo que se trataría de una buena zona sin limitaciones térmicas.

Tabla 46. Clasificación Int. Térmica Activa. San Victorio

Temperatura (ºC)	Factor de clasificación	Período
< 2726	1	
2726 -3100	2	
3100-3800	3	**2018, 2019, 2020**
3800-4000	4	

Índice de Frío Nocturno

En San Victorio, nos encontramos con noches frías (2018, 2020) o muy frías (2019), lo que nos indica que disponemos de una buena amplitud térmica (Tabla 47), importante para una variedad como Blanco Lexítimo, cuyo potencial se manifiesta a través de su riqueza aromática y buena acidez.

Tabla 47. Clasificación Índice de Frío Nocturno. San Victorio

Índice de Frío Nocturno	Valor (ºC)	Descripción del clima	Período
IF1	>18	noches cálidas	
IF2	>14 ≤18	noches templadas	
IF3	>12 ≤14	noches frías	**2018, 2020**
IF4	≤12	noches muy frías	**2019**

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Índice de Sequía

El índice de sequía caracteriza la parcela de Blanco Lexítimo en San Victorio como húmeda en 2019 y sub-húmeda en 2018 y 2020, lo que es un régimen adecuado para una variedad de porte vigoroso como es la variedad Blanco Lexítimo (Tabla 48).

Tabla 48. Clasificación Índice de Sequía. San Victorio

Clase	Acrónimo	Intervalo (mm)	Período
Húmedo	DI-2	DI >150	**2019**
Sub-húmedo	DI-1	150 ≥ DI >50	**2018, 2020**
Moderadamente seco	DI+1	50 ≥ DI >-100	
Muy seco	DI+2	-100 ≥ DI	

Período libre de heladas

La parcela experimental, en suave ladera a una cota relativamente elevada que fija el límite de cultivo en la zona, podría, a priori, resultar sensible a las heladas primaverales, sin embargo, en 2018 el periodo libre de heladas fue de 284 días, con la última helada el día 81 (igual que en Ponte da Boga), mientras que 2019, disfrutó de 262 libres de heladas (la ultima el día 75) y 2020 dispuso de un prolongado ciclo de 310 días sin helada, localizándose la última el día 51. De estos datos se deriva que el riesgo de helada en la parcela se situaría en línea con las zonas no especialmente sensibles de la D.O.

4.1.1.7. Clasificación Climática Multicriterio (C.C.M.)

Tonietto y Carbonneau (2004) establecieron una clasificación de climas vitícolas, que denominaron Clasificación Climática Multicriterio (C.C.M.), que distingue 36 climas, integrando tres índices climáticos, concretamente el índice heliotérmico de Huglin (IH), el índice de frescor nocturno (IF) y el índice de sequía (IS). Blanco Ward et al. (2007), en su estudio sobre la Variabilidad Climática y la Viticultura de Galicia, establece 13 zonas climáticas diferenciadas que representan un tercio de todos los climas vitícolas presentes en el Mundo y establece que la CCM no solamente es adecuada para diferenciar climas vitícolas a escala global, sino que también permite su diferenciación a escalas espaciales menores.

Este sistema nos permite, empleando el promedio de los índices de 2018, 2019 y 2020, diferenciar y clasificar los diferentes climas presentes en Ribeira Sacra (Tabla 49) y compararlo con otras zonas vitícolas (Tabla 50).

Tabla 49. Valores promedio 2018, 2019 y 2020, para I.H, I.F, I.S. (C.C.M)

CCM	Valor	Clima	Ponte da Boga	Millara	San Fiz	Marroxo	San Clodio	San Victorio
IH-1	> 1800 ≤ 2100	Templado	2.060,00		1.976,39	1.820,48		1.927,88
IH +1	> 2100 ≤ 2400	Templado cálido		2.267,23			2.392,82	
IF+1	>12 ≤14	Noches frías	12,16	13,48	13,10	12,99		12,77
IF+2	≤12	Noches muy frías					11,95	
DI-1	150 ≥ DI >50	Sub-húmedo						145,58
DI+1	50 ≥ DI >-100	Moderadamente seco	1,36	-9,99	26,68	31,26	-62,01	

Índice de Huglin (I.H); Índice de Frío Nocturno (I.F); Índice de Sequía (D.I)

También podemos observar, respecto a la clasificación llevada a cabo por Blanco-Ward et al. (2007) para el periodo 1971-2000, como se producen variaciones en la clasificación de las zonas directamente comparables (Ponte da Boga, San Fiz, Marroxo) en el promedio 2018-2020, que evolucionan hacía un clima más cálido y seco. De igual forma Fraga et al. (2014), caracterizan de forma global las denominaciones de origen de la península Ibérica, mostrando ciertos cambios en la clasificación, al igual que para la obtenida por Blanco-Ward et al. (2007).

Tabla 50. Equivalencia CCM con otras zonas vitícolas

Estación	I.H	I.F	I.S	Equivalencia CCM Geovitícola
Ponte da Boga	-1	+1	+1	Francia, Carcassonne 43°13'N, 2°19', Alt 126m, 2085 IH; 14.0 IF, -18 IS.
Millara	+1	+1	+1	España, Rioja 42°27'N, 2°19'O, Alt 352m, 2107 IH, 12,9 IF, 1 IS.
San Fiz	-1	+1	+1	Francia, Carcassonne 43°13'N, 2°19', Alt 126m, 2085 IH; 14.0 IF, -18 IS.
Marroxo	-1	+1	+1	Francia, Carcassonne 43°13'N, 2°19', Alt 126m, 2085 IH; 14.0 IF, -18 IS.
San Clodio	+1	+2	+1	Argentina, Mendoza (Valle del Uco) 32°21'S, 68°49'O, Alt 970m, 2398 IH 10.4 IF, -48 IS.
San Victorio	-1	+1	-1	Francia, Bordeaux 44°49'N, 0°42'O, Alt 47m, 1995 IH, 12.9 IF, 147 IS.

Índice de Huglin (I.H); Índice de Frío Nocturno (I.F); Índice de Sequía (D.I)

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO

4.1.2. Caracterización edáfica del suelo de cultivo de Blanco Lexítimo

Para catalogar el suelo de la parcela de ensayo, emplearemos la Base Mundial del Recurso Suelo (WRB) de la FAO, que emplea la Guía la descripción de suelos (FAO, 2009), donde las notaciones de color son de acuerdo con las Munsell Soil Color Charts (KIC, 1990). Las muestras se tomaron el invierno anterior al comienzo de cada campaña.

4.1.2.1. Horizonte de diagnóstico

Se trata de un horizonte *Paralítico (Criosol)*, compuesto por roca dura continua que tiene, desde los 10 cm de profundidad, un contacto con roca partida separada, con fisuras próximas que permiten que las raíces penetren en la roca subyacente. El horizonte resulta suficientemente homogenéo y duro, aún en condiciones de humedad, para que sea impracticable cavar manualmente con una pala.

4.1.2.2. Propiedades físicas

El resultado de la escasa profundidad analizable hace que las muestras de suelo se hayan tomado siempre del único horizonte posible (A), asumiendo que el sistema radicular de la planta a más de 60 cm de profundidad se nutrirá de los mismos elementos debido a la percolación y saturación de los huecos de suelo insertados en las grietas de las foliaciones de la pizarra donde se alojan las raíces. Del análisis granulométrico se obtiene que se trata de un suelo franco (Tabla 51).

Tabla 51. Análisis granulométrico de la parcela de ensayo (± Desv. Est.)

Parámetro	**Parámetros Texturales San Vitorio %**		
	2017	**2018**	**2019**
Fracción fina	35,14 ± 1,95	32,74 ± 5,47	30,09 ± 69,91
Fracción gruesa	64,86 ± 1,95	67,26 ± 5,47	69,91 ± 3,84
Arena	50,45 ± 1,14	44,82 ± 2,97	45,21 ± 3,65
Limo	31,00 ± 0,94	30,12 ± 3,27	33,23 ± 4,16
Arcilla	18,55 ± 0,76	25,07 ± 1,55	21,55 ± 4,02
Clasificación Textural	**Suelo Franco**		

4.1.2.3. Propiedades químicas

A partir de los resultados obtenidos en las tres campañas analizadas podemos establecer algunas características de la parcela de ensayo, que junto con las condiciones climáticas van a influir sobre el comportamiento de la variedad Blanco Lexítimo (Tabla 52).

Como vemos, el pH es muy ácido, si bien la enmienda caliza granulada aplicada en 2018 permitió mejorar ligeramente las condiciones, situando el pH en torno a 5, reduciendo la saturación en aluminio y mejorando la disponibilidad de las bases de cambio.

Tabla 52a. Valores anuales promedio del análisis de suelo de la parcela de ensayo (± Desv. Est.)

Parámetro	Unidades	Parámetros Químicos San Victorio		
		2017	2018	2019
pH (H_2O)	-	4,51 ± 0,10	5,12 ± 0,48	5,12 ± 0,36
pH (KCl)	-	3,84 ± 0,07	4,10 ± 0,41	4,11 ± 0,39
Ca	cmol(+)kg^{-1}	2,87 ± 0,84	4,23 ± 2,97	2,97 ± 1,78
Mg		0,87 ± 0,27	1,08 ± 0,69	0,86 ± 0,57
Na		0,06 ± 0,01	0,14 ± 0,11	0,05 ± 0,02
K		0,76 ± 0,10	0,74 ± 0,36	0,63 ± 0,30
Al		3,72 ± 0,59	2,42 ± 1,76	2,65 ± 1,90
Capacidad de Intercambio Catiónico efectiva		8,28 ± 0,92	8,60 ± 2,28	7,17 ± 1,31
Ca/Mg	-	3,43 ± 0,31	3,89 ± 1,67	3,75 ± 1,34
K/Mg	-	1,16 ± 0,11	0,86 ± 0,43	0,91 ± 0,40
Saturación aluminio	%	50,17 ± 6,69	33,76 ± 29,08	39,28 ± 27,25
P	mg kg^{-1}	39,50 ± 4,75	40,89 ± 16,05	54,35 ± 21,22
Carbono	%	3,72 ± 0,38	3,79 ± 0,67	3,81 ± 0,73
Nitrógeno		0,29 ± 0,02	0,32 ± 0,05	0,32 ± 0,05
C/N	-	12,54 ± 0,33	11,77 ± 0,60	11,82 ± 0,60
Materia orgánica	%	6,41 ± 0,66	6,54 ± 1,15	6,57 ± 1,26

La materia orgánica, resulta elevada en la analítica debido a las limitaciones de la toma de muestra originadas por la estructura de suelo, superando en todos los casos el 6 % y muy por encima del 2,5 % que se considera un valor adecuado (Crespy, 2007). Sin embargo, la localización real de las zonas absorbentes de las raíces (grietas a más de 40 cm de profundidad), hacen que no se manifiesten los problemas de exceso de vigor y producción, con la consecuente merma de calidad, que se podrían vincular a un porcentaje de M.O tan elevado. Además, la relación C/N en torno a 12, nos indica una elevada tasa de reciclaje de la materia orgánica en superficie y una buena actividad nitrificante de los microorganismos del suelo (Van Leeuwen y De Rességuier, 2018), pese a unas condiciones de pH tan ácido.

Para el caso de las variedades blancas aromáticas, como la Blanco Lexítimo, un nivel elevado de nitrógeno, si no es excesivo, puede favorecer la síntesis de precursores aromáticos como los tioles y de glutatión que contribuye a proteger los compuestos aromáticos en mosto y vino (Choné et al. 2006; Helwi et al. 2016). Al mismo tiempo, los adecuados niveles de fósforo pueden contribuir a evitar el exceso de absorción de nitrógeno y colaborar a la buena implantación radicular.

Para las bases de cambio, tenemos niveles muy bajos de calcio, en torno a 3 cmol(+) kg^{-1}, considerándose adecuados valores de 10 a 20 cmol(+) kg^{-1} (Nicholas, 2004). También el nivel de Mg, en torno a 1 cmol(+) kg^{-1}, se encuentra alejado de los parámetros adecuados (2,5-5 cmol(+) kg^{-1}), mientras que los niveles de potasio, sin ser elevados, si se encuentran dentro de lo habitual (0,6-1,2 cmol(+) kg^{-1}). Las relaciones Ca/Mg y K/Mg, muestran un ligero desequilibrio, que podría afectar a la calidad y a la producción, así como a la disponibilidad real de nutrientes.

Respecto a la Capacidad de Intercambio Catiónica efectiva (medida a pH del suelo), que tiene una alta correlación con el porcentaje de arcilla presente en el suelo (Fassbender y Bornemisza, 1987). En este caso, dado el desfavorable nivel de pH, parece tener una favorable influencia de la materia orgánica, lo que hace que la CICe se sitúe en torno a 7-8 cmol(+) kg^{-1}, que es un nivel adecuado para este tipo de suelo y debe permitir una adecuada movilidad de las bases de cambio, facilitando la nutrición de la planta y compensando los efectos de la acidez de cambio (H^+ y Al^{3+}).

En el mapa de variabilidad espacial de la CEa, no se observa una gran variabilidad en cuanto a la medición vertical (Figura 40), lo que supone que la roca madre se encuentra muy próxima a la superficie, indicando la escasa profundidad de suelo. Para la capa superficial del suelo se observa una mayor variabilidad (Figura 41), pero con valores siempre por debajo de 12 (mS m^{-1}) lo que supone que no existen grandes diferencias entre los bancales seleccionados para el estudio de la variedad Blanco Lexítimo.

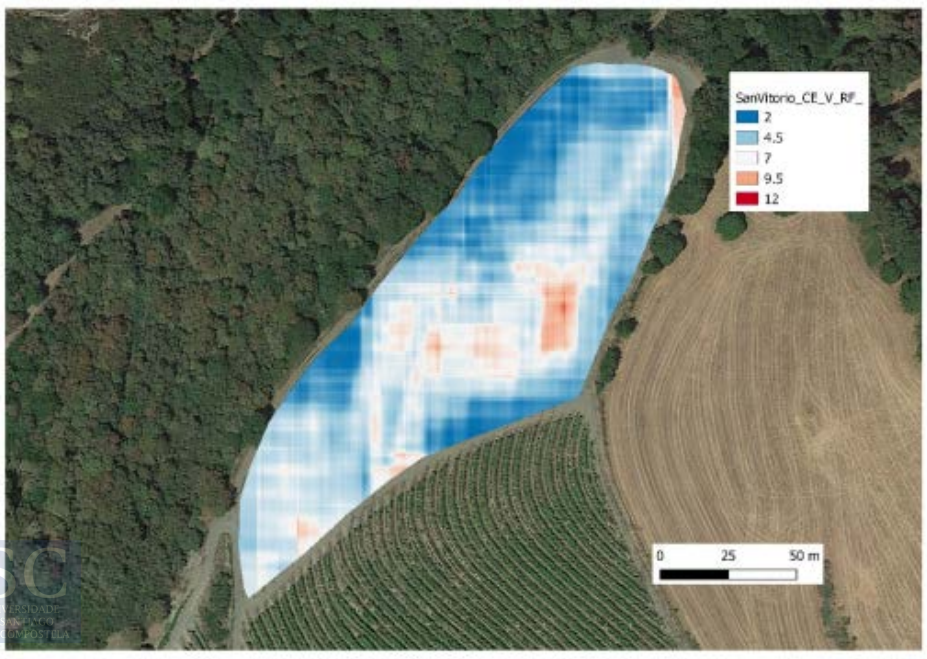


Figura 40. Conductividad eléctrica aparente vertical (0-150 cm) (mS m^{-1})

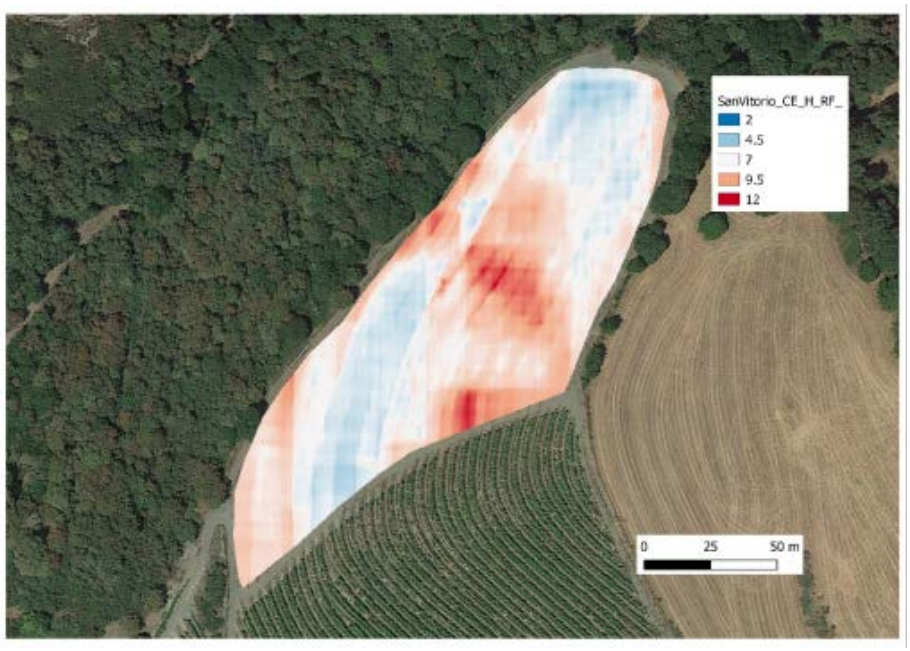


Figura 41. Conductividad eléctrica aparente horizontal (0-75 cm) (mS m^{-1})

Como resumen, el suelo de la parcela muestra las típicas características de un suelo gallego evolucionado a partir de pizarras o esquistos, con resultados semejantes a los encontrados por Rodríguez Vega (T. D. 2014) en su análisis de los tipos de suelo de las distintas subzonas de la D.O Ribeira Sacra y por Trigo Córdoba (T.D. 2015), en su evaluación de los suelos de la D.O Valdeorras, con una elevada acidez y un alto porcentaje de saturación de aluminio, que no comprometen el buen desarrollo fisiológico de la vid y que, en general, se pueden considerar condiciones endémicas de la viticultura gallega.

4.2. Caracterización varietal de Blanco Lexítimo

La parcela experimental se encuentra plantada con material vegetal estándar proporcionado por viveros Vedo, sobre patrón 110R certificado, y sobre este material vamos a detallar su morfología, genética y expresión fisiológica, en las condiciones climáticas y de suelo de la parcela.

4.2.1. Caracterización ampelográfica de la variedad Blanco Lexítimo

Para la descripción de la variedad seguiremos las pautas de la Lista de Descriptores OIV para Variedades de Vid y Especies de *Vitis* según establece la OIV (RESOLUCIÓN OIV-VITI 609-2019). En la Tabla 52, se muestran los niveles de expresión en cada uno de los tres años en estudio. Se han obtenido los mismos niveles para la práctica totalidad de los caracteres, si bien hay alguna excepción.

Tabla 52b. Descripción ampelográfica de 39 caracteres OIV

Lista mínima de caracteres ampelográficos (En negrita, caracteres prioritarios)					
Código OIV	**Carácter**	**Nivel de expresión**	**Nivel de expresión observado**		
			2018	**2019**	**2020**
1	**Pámpano joven: apertura de la extremidad**	**1 cerrado (globosa), 3 semi - abierto, 5 completamente abierto**	**5**	**5**	**5**
3	Pámpano joven: intensidad de la pigmentación antociánica de los pelos tumbados de la extremidad	1 muy débil, 3 débil, 5 media, 7 fuerte, 9 muy fuerte	5	5	5
4	**Pámpano joven: densidad de los pelos tumbados de la extremidad**	**1 nula o muy baja, 3 baja, 5 media, 7 alta, 9 muy alta**	**3**	**3**	**3**
6	Pámpano: Porte (antes de ser tutorado)	1 erguido, 3 semi-erguido, 5 horizontal, 7 semi-rastrero, 9 rastrero	1	1	1
7	Pámpano: color de la cara dorsal de entrenudo	1 verde, 2 verde y rojo, 3 rojo	2	2	2
8	Pámpano: color de la cara ventral del entrenudo	1 verde, 2 verde y rojo, 3 rojo	2	2	2
16	**Pámpano: número de zarcillos consecutivos**	**1, 2 ó menos, 2, 3 ó más**	**1**	**1**	**1**
51	**Hoja joven: color del haz del limbo (4ª hoja)**	**1 verde, 2 amarillo, 3 bronceado, 4 cobrizo - rojizo**	**3**	**3**	**3**
53	Hoja joven: densidad de los pelos tumbados entre los nervios en el envés del limbo (4ª hoja)	1 nula o muy baja, 3 baja, 5 media, 7 alta, 9 muy alta	5	5	5
67	**Hoja adulta: forma del limbo**	**1 cordiforme, 2 cuneiforme, 3 pentagonal, 4 orbicular, 5 reniforme**	**3**	**3**	**3**
68	**Hoja adulta: número de lóbulos**	**1 uno (hoja entera), 2 tres, 3 cinco, 4 siete, 5 más de siete**	**3**	**3**	**3**
70	**Hoja adulta: distribución de la pigmentación antociánica de los nervios principales del haz del limbo**	**1 nula, 2 punto peciolar, 3 hasta la primera bifurcación, 4 hasta la segunda 5 por encima de la segunda bifurcación bifurcación**	**2**	**2**	**2**
75	Hoja adulta: hinchazón del haz del limbo	1 nula o muy, 3 débil, 5 débil, 7 media, 9 fuerte muy fuerte	5	5	5
76	**Hoja adulta: forma de los dientes**	**1 ambos lados cóncavos, 2 ambos lados rectilíneos, 3 ambos lados convexos, 4 un lado cóncavo, 5 mezcla de ambos lados rectilíneos (nivel 2) y ambos lados convexos (nivel 3)**	**2**	**2**	**2**
79	**Hoja adulta: grado de apertura / solapamiento del seno peciolar**	**1 muy abierto, 3 abierto, 5 cerrado, 7 superpuesto, 9 muy superpuesto**	**5**	**5**	**5**
80	Hoja adulta: forma de la base del seno peciolar	1 en U, 2 en llave ({), 3 en V	1	1	1
081-1	Hoja adulta: dientes en el seno peciolar	1 ausentes, 2 presentes	1	1	1
081-2	**Hoja adulta: base del seno peciolar limitada por la nervadura**	**1 no delimitada, 2 en un lado, 3 en ambos lados**	**1**	**1**	**1**
083-2	Hoja adulta: dientes en los senos laterales superiores	1 ausentes, 2 presentes	2	2	2
84	**Hoja adulta: densidad de los pelos tumbados entre los nervios principales sobre el limbo**	**1 nula o muy, 3 baja, 5 baja, 7 media, 9 alta muy alta**	**3**	**3**	**3**
87	**Hoja adulta: densidad de los pelos erguidos sobre los nervios principales del envés del limbo**	**1 nula o muy, 3 baja, 5 baja, 7 media, 9 alta muy alta**	**3**	**3**	**3**
94	Hoja adulta: profundidad de los senos laterales superiores	1 ausentes o muy superficiales, 3 superficiales, 5 medios, 7 profundos, 9 muy profundos	1	1	1

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Lista mínima de caracteres ampelográficos (En negrita, caracteres prioritarios)					
Código OIV	**Carácter**	**Nivel de expresión**	**Nivel de expresión observado**		
			2018	**2019**	**2020**
151	Flor: órganos sexuales	1 estambres completamente desarrollados y gineceo ausente, 2 Estambres completamente desarrollados y gineceo reducido, 3 Estambres completamente desarrollados y gineceo completamente desarrollado, 4 Estambres completamente desarrollados y gineceo completamente desarrollado.	3	3	3
202	Racimo: longitud (excluyendo el pedúnculo)	1 hasta unos 80 mm, 3 unos 120 mm, 5 unos 160 mm, 7 unos 200 mm, 9 unos 240 mm y más.	3	3	3
204	Racimo: compacidad	1 muy suelto, 2 suelto, 3 medio, 4 compacto, 5 muy compacto	4	4	4
206	Racimo: longitud del pedúnculo del racimo principal	1 muy corto, hasta unos 30 mm, 3 corto, hasta unos 50 mm, 5 medio, hasta unos 70 mm, 7 largo, hasta unos 90 mm, 9 muy largo, hasta unos 110 mm y más	3	5	3
208	Racimo: forma	1 cilíndrico, 2 cónico, 3 forma de embudo	2	2	2
209	Racimo: número de alas del racimo primario	1 ausentes, 2, 1 - 2 alas, 3, 3 - 4 alas, 4, 5 - 6 alas, 5 más de 6 alas	2	2	2
221	Baya: anchura	1 hasta unos 8 mm, 3 unos 13 mm, 5 unos 18 mm, 7 unos 23 mm, 9 unos 28 mm y más	3	3	3
223	**Baya: forma**	**1 esférica achatada, 2 esférica, 3 elíptica corta, 4 elíptica, 5 cilíndrica, 6 troncovoide, 7 ovoide, 8 ovoide inversa 9 en forma de cuerno, 10 apezonado**	**3**	**3**	**3**
225	**Baya: color de la epidermis**	**1 verde, 2 amarilla, 3 rosa, 4 roja, 5 gris 6 roja, 7 violeta, 8 oscura, 9 azul, 10 negra**	**2**	**2**	**2**
231	Baya: intensidad de la pigmentación antociánica de la pulpa	1 ausente o muy débil, 3 débil, 5 media, 7 fuerte, 9 muy fuerte	1	1	1
235	Baya: consistencia de la pulpa	1 blanda, 2 ligeramente firme, 3 muy firme	2	2	2
236	Baya: sabor particular	1 ninguno, 2 gusto a moscatel, 3 gusto foxé, 4 gusto herbáceo, 5 otro sabor aparte de moscatel, foxé o herbáceo	2	2	2
241	Baya: formación de pepitas	1 ausentes, 2 rudimentarias, 3 bien formadas	3	3	
301	Época de desborre	1 muy precoz, 3 precoz, 5 medio, 7 tardía, 9 muy tardío	3	3	3
303	Época del comienzo del envero	1 muy precoz, 3 precoz, 5 medio, 7 tardío, 9 muy tardío	3	3	3
502	Racimo: peso de un racimo	1 hasta unos 100 g, 3 unos 300 g, 5 unos 500 g, 7 unos 700 g, 9 unos 900 g y más	3	3	1 a 3
503	Baya: peso de una baya	1 hasta unos 1 g, 3 unos 3 g, 5 unos 5 g, 7 unos 7 g, 9 unos 9 g y más	3	3	3

A continuación, se incluyen las imágenes descriptivas de los 14 caracteres prioritarios de la OIV (Figura 42).

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

COD OIV 1. Apertura de la extremidad, pámpano joven

COD OIV 4. Densidad pelos tumbados extremidad

COD OIV 16. Nº zarcillos consecutivos

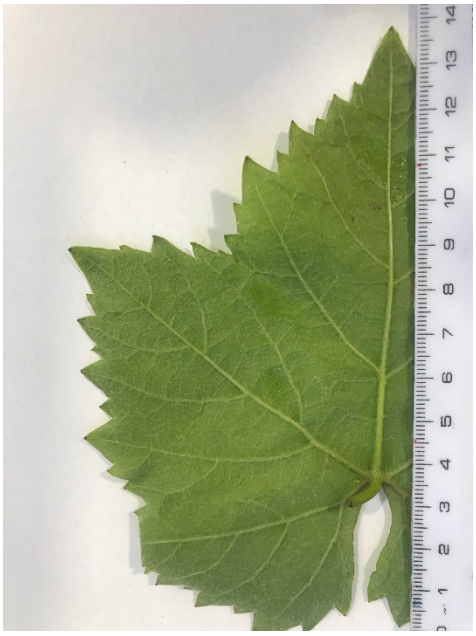
COD OIV 51. Color del haz del limbo

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

COD OIV 70. Pigmentación antociánica nervios

COD OIV 67. Forma del limbo, hoja adulta

COD OIV 68. Nº lóbulos, hoja adulta



COD OIV 76. Forma de los dientes

COD OIV 79. Apertura seno peciolar

COD OIV 81.2. Limitación nervios seno peciolar

COD OIV 84. Pelos tumbados entre nervios

COD OIV 87. Pelos erguidos sobre nervios del limbo

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

COD OIV 223. Forma de la baya

COD OIV 225. Color de la baya

Figura 42. Imágenes descriptivas de los 14 caracteres prioritarios de la OIV

Descripción ampelográfica del pámpano

La variedad Blanco Lexítimo presenta una sumidad con la extremidad abierta, una densidad baja de los pelos tumbados de la extremidad y una pigmentación media. Los pámpanos presentan un porte erguido y la coloración de los entrenudos es verde-rojiza en su cara ventral y dorsal, con un zarcillo consecutivo.

Descripción ampelográfica de la hoja

Las hojas jóvenes presentan un color verde con el haz del limbo bronceado y una densidad media de los pelos tumbados entre los nervios del envés. La hoja adulta presenta una forma pentagonal con cinco lóbulos y ligera pigmentación antociánica hasta el punto peciolar del envés y una hinchazón débil del limbo. La hoja presenta dientes de lados rectilíneos y el seno peciolar cerrado, sin llegar a solaparse y con forma de U, sin dientes en el seno peciolar que no se encuentra delimitado por nervios. Los senos laterales superiores se encuentran dentados. El peciolo presenta una longitud normal semejante al nervio principal.

Descripción ampelográfica del racimo

Los racimos presentan una forma cónica y una longitud media, con una o dos alas, el grado de compacidad es alto, las bayas presentan una forma elíptica corta y una coloración dorada y traslúcida en plena madurez, la consistencia de la pulpa es ligeramente firme y cuando la maduración es buena presenta un gusto amoscatelado.

Con respecto a las observaciones realizadas por la EVEGA (A colección de vides da estación de viticultura e enoloxía de Galicia, Xunta de Galicia, 2011) y el SERIDA (Variedades de vid de Asturias, Gobierno de Asturias, 2011) en sus catálogos, se aprecian algunas diferencias descriptivas en la coloración de los entrenudos, en el grado de cerramiento y forma del seno peciolar, así como en el nivel de compacidad del racimo. Estas ligeras diferencias pueden deberse a la diferente expresión de la variedad sobre diferentes terrenos y condiciones climáticas, así como la presencia de diferentes clones sometidos a identificación, no alterando la coincidencia en la descripción ampelográfica general de la variedad.

4.2.2. Caracterización molecular de la variedad Blanco Lexítimo

Como se ha comentado en la introducción, la variedad Blanco Lexítimo, dado su escaso cultivo y por tanto relevancia económica e interés científico, ha tardado bastante en ser identificada a nivel molecular. A continuación, se expone el resultado obtenido en la identificación molecular del material vegetal estándar implantado en la parcela experimental y su comparación con las bases de datos disponibles para evaluar su identidad.

IMIDRA

El primer análisis genético fue realizado por el laboratorio de biología molecular del IMIDRA, bajo la dirección de María Teresa de Andrés en 2018, a partir de brotes jóvenes próximos al ápice, identificándose 17 *loci* de microsatélites nucleares, 4 de ellos propuestos por la OIV (VVIN16; VVIQ52; VVIB01; VMC1B11; **VVMD25**; **VVMD7**; VVMD21; VVMD24; VRZAG83; VVIH54; VVIP31; VVIV37; VMC4F3-1; VRZAG29; **VVMD32**; **VVMD5**; VVIV67). Los tamaños de los alelos resultantes se compararon con la base de datos del ENCIN para su identificación varietal.

Los resultados mostraron que la variedad plantada en la parcela experimental coincide con el GENOTIPO 3676 (antes 1160), Albarín Blanco (Blanco Lexítimo).

INIAV-Dois Portos

Un segundo análisis de material vegetal, hojas jóvenes próximas al ápice, fue realizado en el Instituto Nacional de Investigación Agraria y Veterinaria de Portugal (INIAV, Quinta da Almohina), por los investigadores Jorge Cunha y Francisco Baeta, a finales de 2019, donde procedieron a analizar 9 *loci* microsatélite recomendados por la OIV (**VVS2, VVMD5, VVMD7, VVMD25, VVMD27, VVMD28, VVMD32, VrZag62, VrZag79**), de los que se obtuvo el tamaño de los alelos para su comparación con la base de datos de la *Vitis International Variety Catalogue* (VIVC).

Los resultados mostraron de nuevo, que la variedad plantada en la parcela experimental coincide con GENOTIPO 22838 de la VIVC (Figura 43), Albarín Blanco (Blanco Lexítimo).

Además, no se encontró coincidencia con ningún varietal portugués, lo que descarta inicialmente, la presencia de la variedad en Portugal.

A nivel estadístico cabe señalar que el número de microsatélites empleado por ambos laboratorios nos permite un elevado nivel de confianza, pues Ibáñez y Van Euwijk (2003), establecieron que con el empleo de 5 *loci* de microsatélites para la identificación varietal (nivel de confianza del 95 %), la probabilidad de encontrar dos genotipos iguales es inferior al 0,05 %, de modo que podemos considerar como enormemente fiables los resultados de identificación obtenidos por ambos laboratorios.

Vitis International Variety Catalogue www.vivc.de

Passport data

Prime name	ALBARIN BLANCO
Color of berry skin	BLANC
Variety number VIVC	22838
Country or region of origin of the variety	SPAIN
Species	VITIS VINIFERA LINNÉ SUBSP. VINIFERA
Pedigree as given by breeder/bibliography	
Pedigree confirmed by markers	SAVAGNIN = TRAMINER X ?
Full pedigree	YES
Prime name of parent 1	SAVAGNIN = TRAMINER
Prime name of parent 2	?
Parent - offspring relationship	YES
Offspring	
Breeder	
Breeder institute code	
Breeder contact address	
Year of crossing	
Year of selection	
Year of protection	
Formation of seeds	COMPLETE
Sex of flowers	HERMAPHRODITE
Taste	MUSCAT
Chlorotype	D
Photos of the cultivar	
SSR-marker data	YES
Loci for resistance	
Degree of resistance	
Loci of traits	
Table of accession names	YES
Table of area	YES
Registered in the European Catalogue	YES

Links to:

- Bibliography
- Bibliography to pedigree confirmed by markers
- Remarks to prime names and institute codes

Synonyms: 12

ALVARIN BLANCO	BLANCA DEL PAIS	BLANCA LEXITIMA	BLANCO LEGITIMO
BLANCO LEXITIMO	BLANCO PAIS	BLANCO VERDIN	BRANCA DO PAIS
BRANCA LEXITIMA	BRANCO LEXITIMO	RAPOSO	TINTA FINA

Holding institutions (institute codes): 1

FRA139

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Figura 43. Ficha VIVC, Albarín Blanco (Blanco Lexítimo)

Como se puede ver en la ficha de VIVC (Figura 43), la variedad presenta hasta 12 sinonimias documentadas, mientras que, a nivel de pedigrí, muestra como primer parental la variedad Savagnin (Traminer), desconociéndose el segundo parental.

A continuación, se muestra la longitud de los alelos de la variedad obtenida (para microsatélites comunes) por distintos centros de identificación y conservación del material vegetal (Tabla 53). Los datos del IMIDRA e INIAV, corresponden al material vegetal de la parcela de ensayo, mientras que los datos del CSIC corresponden a material vegetal de la zona de Betanzos (Variedades de vid de interés comercial para la zona de Betanzos, Juana de Vega, 2012), el material de la EVEGA corresponden al material vegetal de la finca de A Quinza (Colección de vides de la EVEGA, Xunta de Galicia, 2011), los datos de VIVC al material del INRA (Montpellier) y los datos del SERIDA al material de la finca El Acebo (Variedades de Vid de Asturias, Gobierno de Asturias, 2011).

Tabla 53. Marcadores Microsatélite de Blanco Lexítimo

Marcadores SSR (tamaño de cada alelo) Blanco Lexítimo													
Código OIV	**Marcador SSI OIV**	**Tamaño alelos IMIDRA**		**Tamaño alelos INIAV**		**Tamaño alelos CSIC**		**Tamaño alelos EVEGA**		**Tamaño alelos VVIC**		**Tamaño alelos SERIDA**	
		alelo 1	**alelo 2**	**alelo 1**	**alelo 2**	**alelo 1**	**alelo 2**	**alelo 1**	**alelo 2**	**alelo 1**	**alelo 2**	**alelo 1**	**alelo 2**
801	**VVS2**	131	151	132	150	131	151	130	150	133	151	129	148
802	**VVMD5**			220	236	219	235	218	234	224	240	220	237
803	**VVMD7**			236	254	238	256	237	255	239	257	240	258
804	**VVMD27**	181	189	179	187	179	187			182	190	178	186
805	**VrZAG62**	186	194	184	192	186	194	185	193	186	194	185	193
806	**VrZAG79**	245	247	244	246	242	244	243	245	245	247	246	248
807	**VVMD32**			238	250								
808	**VVMD25**			241	249					241	249		
809	**VVMD28**			235	247					234	246	234	246
Genotipo según base dato		**Blanco Lexítimo GEN 1160**		**Blanco Lexítimo COD VVIC 2283**		-		-		**Blanco Lexítimo COD VVIC 2283**		-	

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

En las siguientes figuras (Figuras 44 y 45) se observan las diferencias en las longitudes de los alelos para cada uno de los 9 *loci* estudiados.

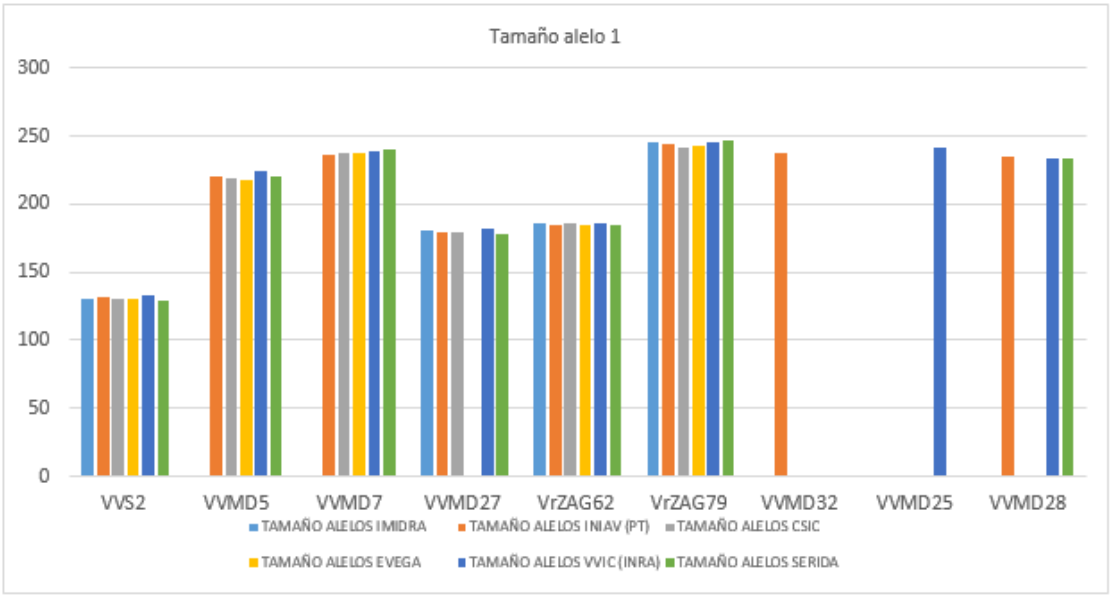


Figura 44. Comparación de la longitud del Alelo 1 de Blanco Lexítimo

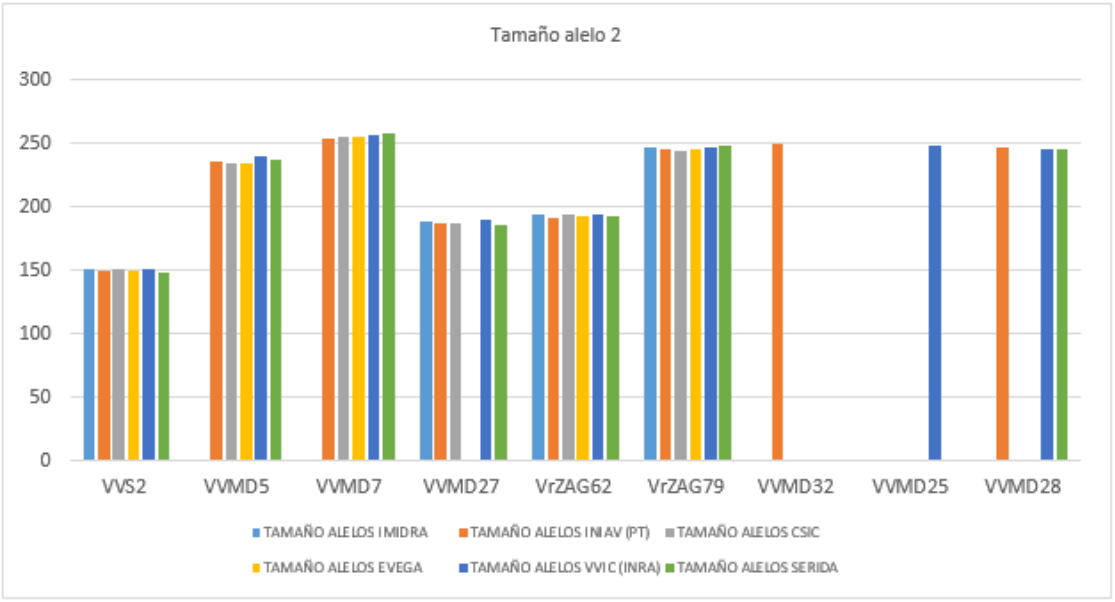


Figura 45. Comparación de la longitud del Alelo 2 de Blanco Lexítimo

Para evaluar los resultados obtenidos nos hemos basado en las conclusiones expuestas por Vélez (2007), en su *Estudio de un sistema de marcadores microsatélites para la protección y defensa legal de variedades de vid (Vitis vinifera L.)*, donde establece que, la distancia más pequeña entre dos variedades para considerarlas pertenecientes a sortogrupos diferentes mediante el uso de 9 *loci*, sería de 2 alelos, valores que señala, coinciden con otros trabajos que marcan que dos variedades se considerarían pertenecientes a sortogrupos diferentes, si se

diferencian en más de un alelo en 6 *loci*. En ese trabajo, se analizó con especial atención, la distancia mínima en nucleótidos en el tamaño de los alelos, que no debe estar sujeta, en la medida de lo posible, a diferencias entre laboratorios. Como vemos para nuestro caso, se presentan algunas diferencias en la longitud de los alelos, entre las muestras de material vegetal de la parcela experimental y las colecciones de los centros conservadores.

Estas diferencias en la estabilidad y homogeneidad genómica de la variedad pueden explicarse por dos razones:

Diferencias analíticas entre laboratorios

Estas diferencias pueden ser debidas bien a la PCR, pues debido a la actividad Nucleotidil Terminal Transferasa que poseen algunas enzimas, añaden al final del fragmento de ADN amplificado una Adenina que, en ocasiones, no tiene un comportamiento reproducible, generando errores en esta fase que pueden afectar a la longitud de la secuencia.

Las diferencias también pueden deberse a la electroforesis y la falta de resolución de los analizadores genéticos, obteniéndose valores ligeramente diferentes en un mismo alelo, llegando a apreciarse diferencias de hasta 1 pb al cambiar los capilares para el mismo equipo (Grando y Frisinghelli, 1998).

Mutaciones en los alelos

La presencia de quimeras en las muestras analizadas es una posibilidad, ya que, en las hojas de la vid existen dos capas celulares (Thompson y Olmo, 1963), lo que puede explicar la aparición de más de dos alelos por locus, siendo uno de ellos el que ha mutado en una de las dos capas celulares y que mediante reproducción vegetativa esta mutación se ha mantenido, mientras que el genotipo original se ha mantenido en la otra capa, de modo que al analizarlos y extraer el ADN tendríamos una mezcla de genotipos de las dos capas (un tercer alelo). El que la hoja presente este fenómeno no quiere decir que todos los órganos de la planta lo tengan, ya que no todas las partes de la vid presentan las dos capas celulares.

Presencia de mutaciones producidas por el aumento o disminución de repeticiones de la unidad básica, un tipo de variabilidad que se ha descrito varias veces en vid. Se describió por primera vez en el trabajo de Sefc et al. (2000), donde se encontró una diferencia de 2 pb en un alelo del microsatélite VVMD7 entre dos variedades sinónimas de Corinto negro (Black currant, 246 pb y Mavri corinthiaki, 248 pb), se hipotetizó que ese cambio era debido a un aumento o disminución de una repetición de la unidad básica, más mutaciones de este tipo han sido encontradas en otras variedades como Pinot (Regner et al. 2000).

USC DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Moncada et al. (2006), empleando microsatélites, llevaron a cabo un estudio de diversidad genética y dispersión geográfica en clones de Cabernet Sauvignon, analizando 59 clones de esta variedad, de los que sólo 2 mostraron el genotipo original, mientras los restantes 57 clones fueron distribuidos en 21 genotipos diferentes, que llegaron a mostrar para un mismo locus entre 2 y 4 genotipos distintos, encontrándose que la mayoría de los nuevos alelos diferían del alelo esperado en un rango de entre 1 y 4 repeticiones del motivo básico. Con estos resultados concluyeron que la diversidad genética presente en los clones de la variedad Cabernet Sauvignon es debida a una estructura quimérica similar a la obtenida en las variedades de "Pinot". Tanto Cabernet como "Pinot" presentan un origen muy antiguo, por lo que los resultados obtenidos en estos cultivares podrían explicar la diversidad genética existente en otras antiguas variedades de vid, no esperando encontrar esta variabilidad en clones de variedades más recientes.

A continuación (Tabla 54), se exponen los resultados derivados del análisis estadístico realizado para las diferentes bases de material vegetal, así como de análisis realizados.

Tabla 54. Valores estadísticos de la longitud de los alelos de cada microsatélite

Marcador SSR OIV	**Alelo 1**				**Alelo 2**			
	Promedio	Desv Est	Varianza	Coef Var	Promedio	Desv Est	Varianza	Coef Var
VVS2	131,00	1,41	2,00	0,01	150,17	1,58	1,37	0,01
VVMD5	220,20	2,28	5,20	0,01	236,40	2,28	5,30	0,01
VVMD7	238,00	1,58	2,50	0,01	256,00	1,58	2,50	0,01
VVMD27	179,80	1,64	2,70	0,01	187,80	1,73	2,70	0,01
VrZAG62	185,33	0,82	0,67	0,00	193,33	0,84	0,67	0,00
VrZAG79	244,17	1,47	2,17	0,01	246,17	1,58	2,17	0,01

Como podemos ver las longitudes de pares de bases para el Alelo 1 y 2, son ligeramente diferentes entre IMIDRA e INIAV-Dois Portos, sobre el material vegetal analizado en los cuatro *loci* comunes, a pesar de ello según las bases de datos, ambas muestras se corresponden con Blanco Lexítimo, pudiendo ser explicadas estas diferencias por las razones antes expuestas.

Es evidente que el escaso cultivo de la variedad, así como el elevado grado de aislamiento geográfico de sus reservorios, parecen indicar que se trata de una variedad muy antigua, posiblemente resultado de la hibridación espontanea de material vegetal autóctono con Traminer (Martínez-Zapater y Ibáñez, 2017), cuyo genotipo original ha ido evolucionando lentamente en cada zona de cultivo mediante mutaciones somáticas a lo largo del tiempo. Este aspecto explicaría la relativamente amplia diversidad genética que podemos encontrar en una variedad que no ha sido sometida a grandes procesos de selección y multiplicación. Sin duda, a medida que se vaya ampliando el conocimiento sobre la variedad y se vayan estudiando un mayor número de ejemplares de las distintas áreas de cultivo, estas hipótesis se irán clarificando.

USC DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

4.3. Caracterizacion agronómica de Blanco Lexítimo

4.3.1. Fenología de la variedad Blanco Lexítimo

Vamos a analizar los resultados obtenidos a partir de las observaciones fenológicas realizadas para la variedad Blanco Lexítimo en las campañas 2018, 2019 y 2020 en la parcela de ensayo, según la metodología descrita en el apartado material y métodos (Tabla 55 y Figura 46).

Tabla 55. Estados fenológicos de Blanco Lexítimo

Estado fenológico	2018	2019	2020
Estado A: Yema de invierno	28/03	03/03	06/03
Estado B: Yema de algodón	8/04	11/03	15/03
Estado C: Punta verde	12/04	16/03	27/03
Estado D: Salida de hojas	20/04	22/03	03/04
Estado E: Hojas extendidas	26/04	04/04	09/04
Estado F: Racimos (inflorescencias) visibles	02/05	14/04	16/04
Estado G: Racimos (inflorescencias) separados	06/05	30/04	22/04
Estado H: Botones florales separados	14/06	12/05	01/05
Estado I: Floración	24/06	15/06	29/05
Estado J: Cuajado	30/06	28/06	10/06
Estado K: Grano tamaño guisante	07/07	06/07	18/06
Estado L: Racimo cerrado	02/08	05/08	14/07
Estado M: Envero	17/08	20/08	28/07
Estado N: Maduración	24/09	22/09	07/09
Estado P: Caída de la hoja	22/11	18/11	31/10

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

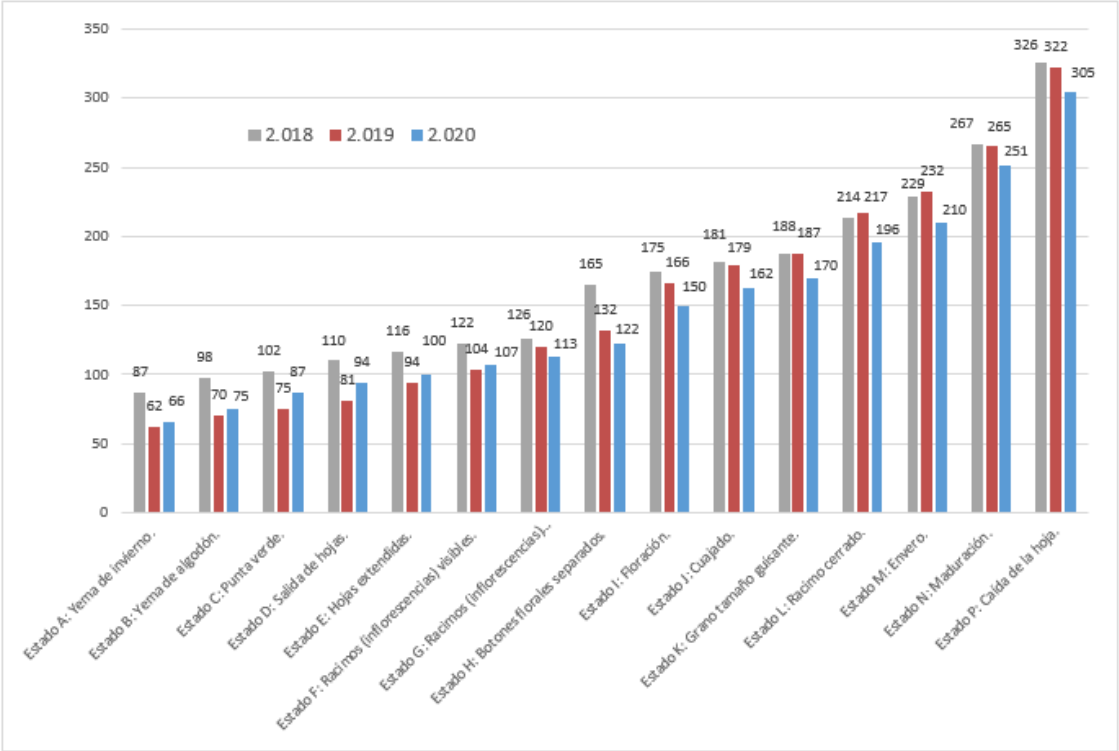


Figura 46. Fenología del Blanco Lexítimo, día de cada campaña

Observando la fenología de la variedad Blanco Lexítimo vemos que, en la campaña 2018 hubo un importante retraso en el comienzo del ciclo (nótense las temperaturas de brotación, Figura 47), que progresivamente se fue recuperando para igualarse con 2019 a partir del cuajado (cada fecha corresponde a su número de colocación de día del año).

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Figura 47. Temperaturas medias anuales San Victorio

Por el contrario, la campaña 2020 disfrutó de un ciclo general adelantado debido a una brotación temprana que, junto con una buena temperatura media y una elevada insolación en

los meses de junio, julio y agosto, hizo que las condiciones óptimas de madurez se alcanzasen 15-17 días antes que en 2018 y 2019.

Como vemos en la Tabla 56, el periodo brotación-floración es el que más diferencia llega a presentar, al encontrarse fuertemente influenciado por las condiciones ambientales, alcanzándose los 21 días de diferencia entre 2019 y 2020. Por el contrario, en el año 2018, que inició el ciclo con gran retraso, se consiguió completar esta fase en prácticamente el mismo tiempo que en el año 2020, esto es lógico debido a que las temperaturas medias para este periodo se desplazan tres semanas, permitiendo acumular muchos más grados día, en el mismo tiempo.

El periodo floración-envero presenta durante las tres campañas una diferencia máxima de 12 días entre 2018 y 2019, encontrándose la campaña 2020 entre ambas, recuperando de este modo el retraso acumulado la campaña 2018 respecto a la 2019 (Figura 48). Esta diferencia es un tanto mayor a la esperada, dado que el periodo floración-envero viene determinado principalmente por el genotipo de la variedad (Caló et al. 1998) y no tanto por las condiciones ambientales y de cultivo.

El periodo envero-maduración, que en gran medida está influenciado por las condiciones ambientales y de cultivo, presenta una diferencia de 9 días entre 2019 y 2020, esta diferencia se debe a que el retraso de la campaña 2019, hizo que dispusiese de menos días para alcanzar la madurez (que alcanzó no obstante sin problema), mientras que 2020 dispuso de mucho más tiempo para alcanzar la madurez y 2018, finalmente, dispuso de prácticamente los mismos días de maduración que 2020, con algo más de dos semanas de retraso.

Tabla 56. Duración entre fases del ciclo (nº de días)

Períodos fenológicos	**2.018**	**2.019**	**2.020**
Periodo brotación-floración	77	96	75
Periodo floración-envero	54	66	60
Periodo envero-maduración	38	33	41
Duración del ciclo	**169**	**195**	**176**

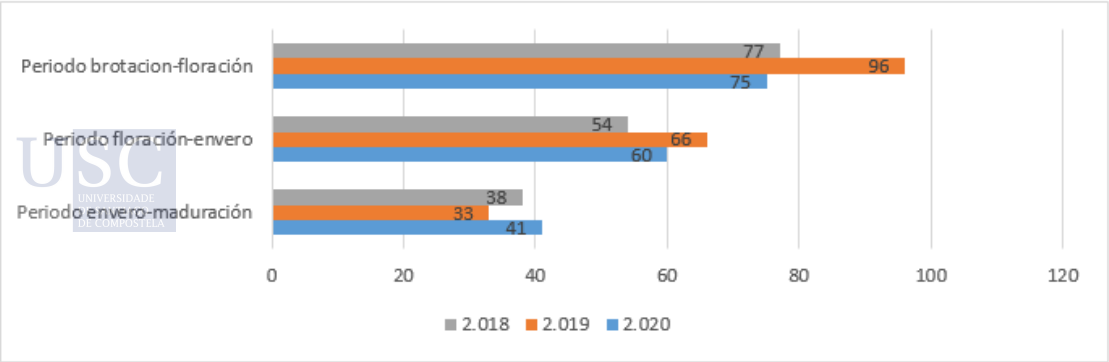


Figura 48. Duración entre fases fenológicas clave

El ciclo fenológico de cada campaña se puede ver claramente al observar las curvas de Grados Día Acumulados (GDA) (Figura 49), donde vemos que en septiembre la campaña 2020 (1221 GDA) ha acumulado en torno a un 8% más que en la campaña 2018 (1131 GDA) y un 11% más que en la campaña 2019 (1098 GDA).

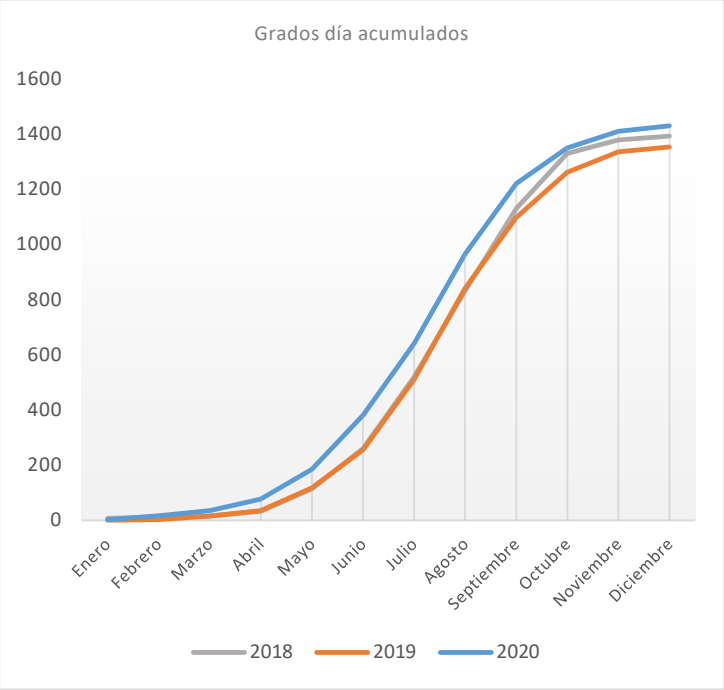


Figura 49. Evolución Grados día acumulados (GDA). San Victorio

Como conclusión sobre la fenología de la variedad Blanco Lexítimo, podemos ver que, en general, es una variedad de ciclo corto, que incluso en condiciones de insolación moderadas, como 2019, va a alcanzar una perfecta maduración y cuyo ciclo anual se puede correlacionar con los GDA para cada campaña. En la parcela experimental, Blanco Lexítimo comparte localización con Godello, mostrando ambas variedades un ciclo anual muy semejante.

4.3.2. Parámetros fisiológicos

4.3.2.1. Potencial hídrico de tallo

El potencial hídrico foliar de tallo al mediodía se determinó siguiendo el procedimiento detallado en material y métodos. Durante la campaña 2018 únicamente se llevaron a cabo mediciones del estado fisiológico de Blanco Lexítimo en dos fechas durante el mes de septiembre (Figura 50), los datos corresponden a los valores medios tomados en cuatro plantas de cada bancal.

USC DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

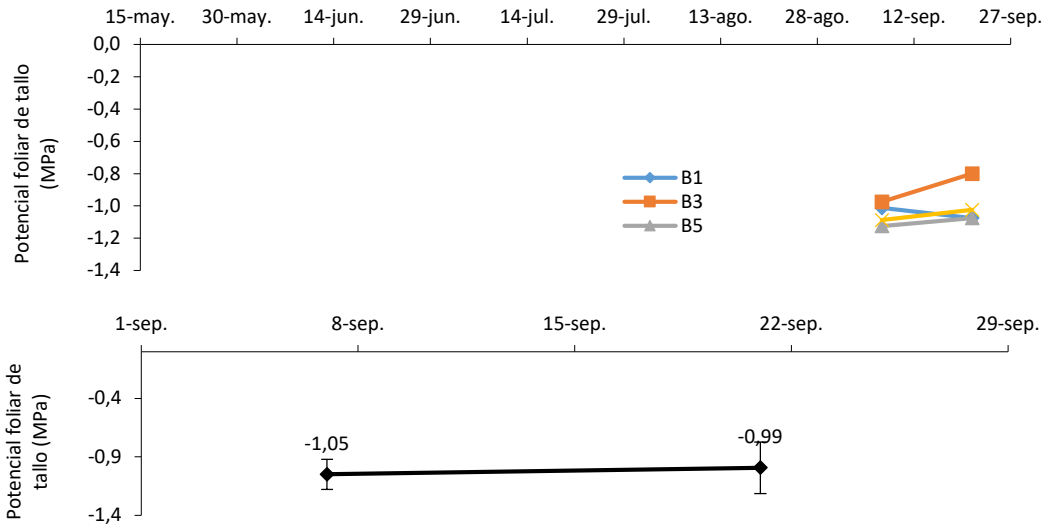


Figura 50. Evolución del potencial hídrico foliar de tallo. Medidas por bancal y Promedio. 2018

De los resultados medidos en 2018 se desprende que ha existido un ligero estrés hídrico, pues se han medido valores en torno a -1,0 MPa en ambos días de medida. Estos valores se encuadran en un estado de *déficit hídrico moderado a débil* establecido por van Leeuwen et al. (2009) y Mirás-Avalos y Araujo (2021), para mediciones de potencial hídrico foliar de tallo. No se han observado diferencias significativas entre las plantas medidas en los diferentes bancales.

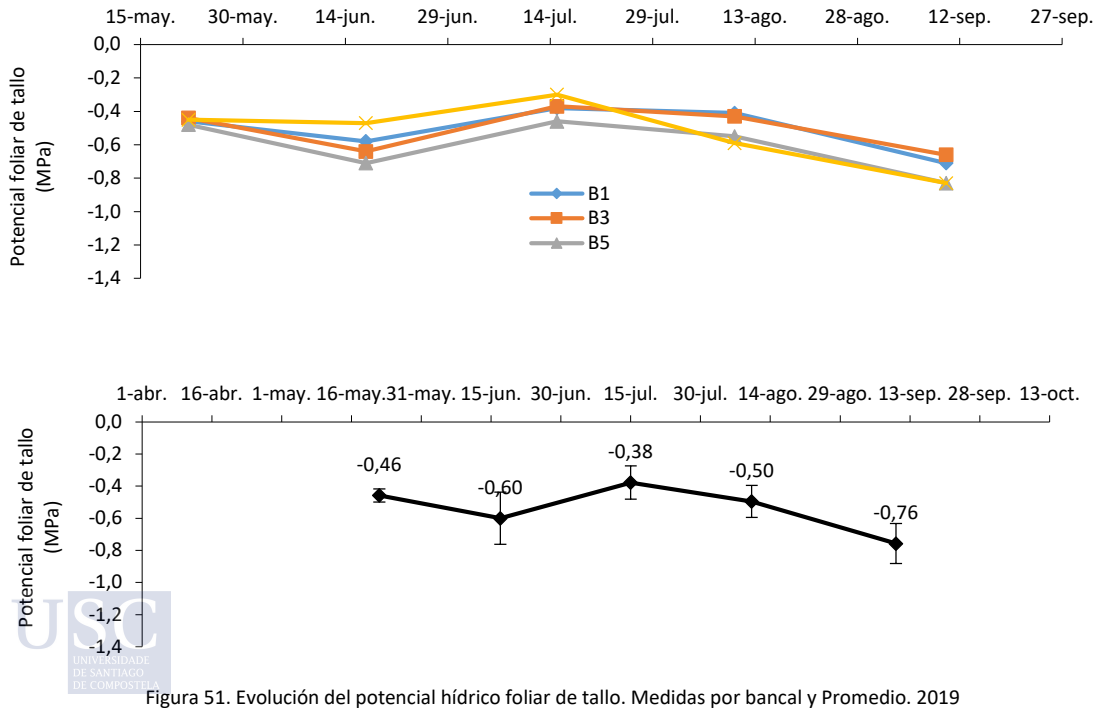


Figura 51. Evolución del potencial hídrico foliar de tallo. Medidas por bancal y Promedio. 2019

De los resultados medidos en el año 2019, se concluye que no ha existido estrés hídrico, pues se han medido valores por debajo de a -0,6 MPa, en todos los días de medida, excepto para la

medición realizada en septiembre, que se encuadra en un estado de *déficit de agua débil* establecido por van Leeuwen et al. (2009) y Mirás-Avalos y Araujo (2021), para mediciones de potencial hídrico foliar de tallo (Figura 51). No se han observado diferencias significativas entre las plantas medidas en los diferentes bancales. Estos valores se corresponden con la situación climática descrita en apartados anteriores.

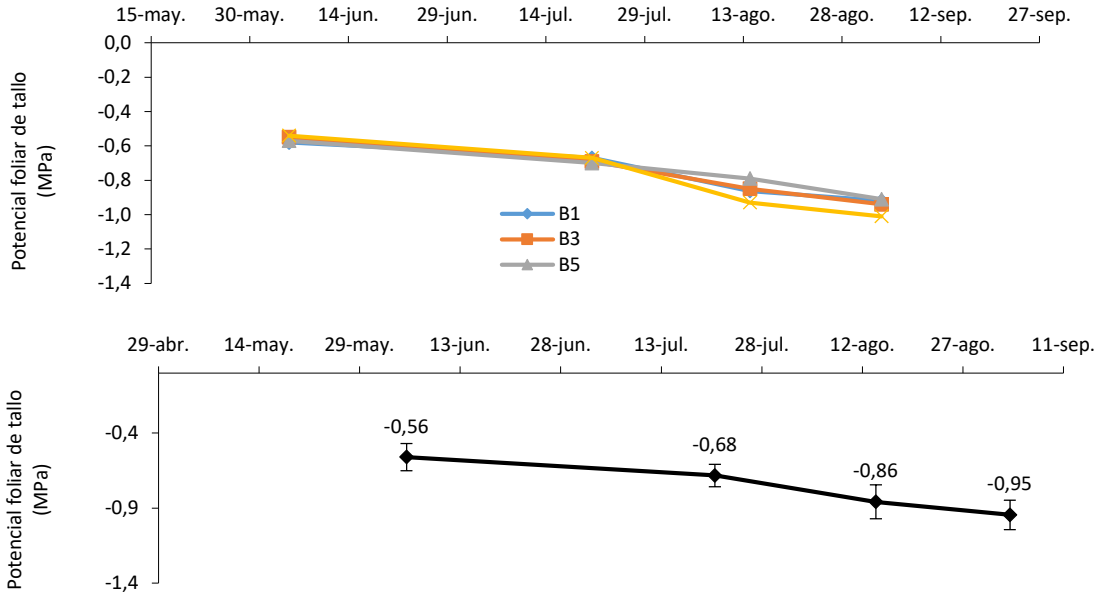


Figura 52. Evolución del potencial hídrico foliar de tallo. Medidas por bancal y Promedio. 2020

En 2020 se ha observado un incremento en el nivel de estrés hídrico, desde mayo a septiembre, siendo la medición realizada en septiembre (Figura 52), la que se encuadra en un estado de *déficit de agua moderado*, según los intervalos establecidos por van Leeuwen et al. (2009) y Mirás-Avalos y Araujo, (2021).

En términos generales existe un comportamiento similar del potencial hídrico foliar de tallo, siendo los meses de agosto y septiembre donde se alcanzan los valores más negativos, claramente relacionado con la disponibilidad de agua para la planta. Los valores máximos obtenidos en las tres campañas para el Blanco Lexítimo se encuentran en una situación intermedia de los valores reportados para el Albariño (Rías Baixas) y el Godello (Ribeiro) por Cancela et al. (2016).

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO

4.3.2.2. Potencial hídrico foliar: Blanco Lexítimo y Godello

Para poder valorar el comportamiento de Blanco Lexítimo respecto a la variedad Godello en las mismas condiciones de cultivo, o bien en otras subzonas de la DO Ribeira Sacra, durante las campañas 2019 y 2020 se procedió a evaluar el potencial hídrico foliar de la variedad Godello

localizada en la parcela experimental y por tanto en condiciones edafoclimáticas y de cultivo comparables (Figuras 53 y 54).

En la parcela experimental, podemos ver como Blanco Lexítimo muestra un comportamiento más lineal y estable que Godello, en 2019 al comienzo de las mediciones el 15 de junio, en floración, el Godello muestra un potencial inferior, para a partir de ese momento descender hasta valores próximos a - 1,4 MPa, si bien el Godello parece sufrir en mayor medida y de modo más rápido las condiciones de sequía, durante 2020, ambas variedades mostraron potenciales muy elevados, pero de nuevo el Blanco Lexítimo parece soportar un poco mejor que Godello las condiciones estivales de sequía y elevada evapotranspiración. Los valores medios por encima de -1,4 MPa representan un estrés hídrico severo según la clasificación establecida por van Leeuwen et al. (2009) y Mirás-Avalos y Araujo (2021). Los valores obtenidos para la variedad Godello han sido superiores a los reportados por Mirás-Avalos et al. (2014), Cancela et al. (2015) y Trigo-Córdoba et al. (2015a) en la DO Valdeorras.

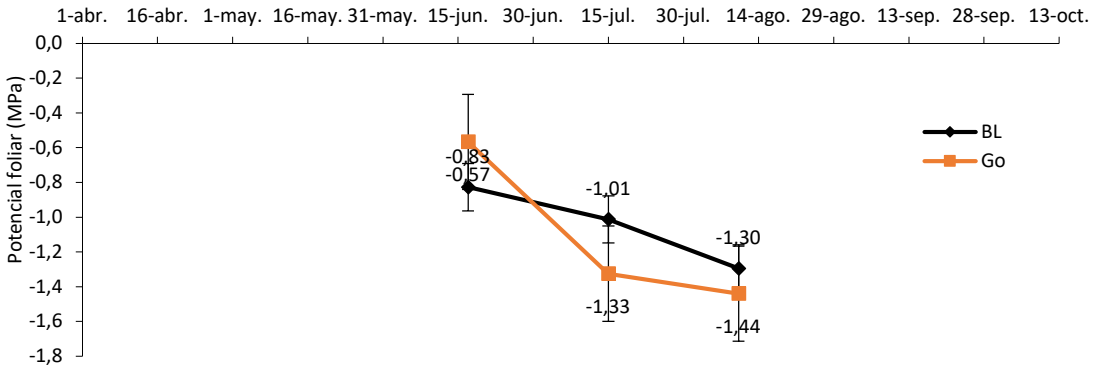


Figura 53. Evolución del potencial hídrico foliar. Medidas Promedio para Blanco Lexítimo y Godello. 2019. San Victorio

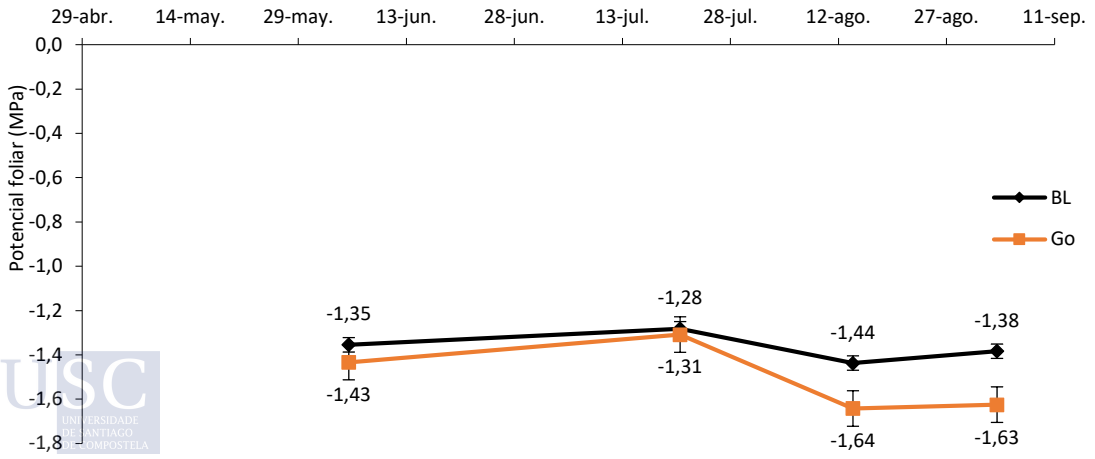


Figura 54. Evolución del potencial hídrico foliar. Medidas Promedio para Blanco Lexítimo y Godello. 2020. San Victorio

Además, se han llevado a cabo medidas del potencial hídrico de tallo, al ser más estable y menos dependiente de las condiciones ambientales (Figura 55 y 56). En los dos años estudiados los valores de Ψ_{stem}, han sido menores para la variedad Godello en comparación con Blanco Lexítimo. Destacar las diferencias más acusadas en los meses de agosto y septiembre de 2019. Estos valores sugieren una buena adaptación de la variedad, puesto que no alcanza valores de estrés moderados como ocurre con la variedad Godello.

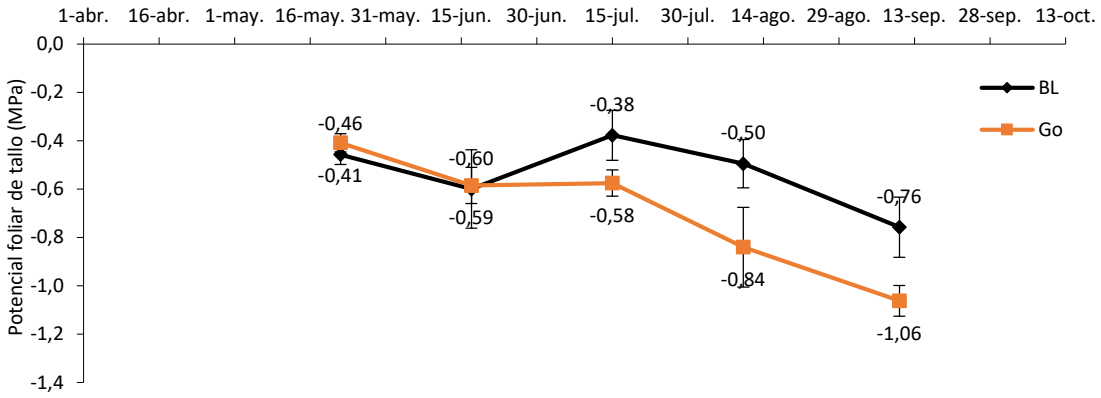


Figura 55. Evolución del potencial hídrico de tallo. Medidas Promedio para Blanco Lexítimo y Godello. 2019. San Victorio

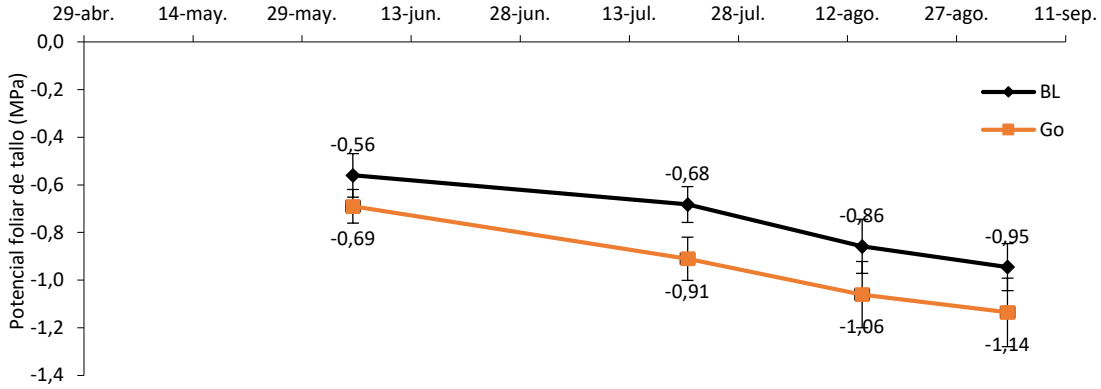


Figura 56. Evolución del potencial hídrico de tallo. Medidas Promedio para Blanco Lexítimo y Godello. 2020. San Victorio

Al comparar la evolución del balance hídrico frente a potencial hídrico foliar en ambas campañas (Figuras 57 y 58), podemos ver como mediante la regulación de la apertura estomática, Blanco Lexítimo muestra un comportamiento próximo a un carácter isohídrico, donde el potencial se mantiene relativamente estable independientemente de las condiciones de estrés ambiental mientras que en el Godello se observa una mayor variación, establece un control menos estricto de la apertura estomática y con ello un comportamiento más próximo a un carácter anisohídrico (Schultz, 2003).

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

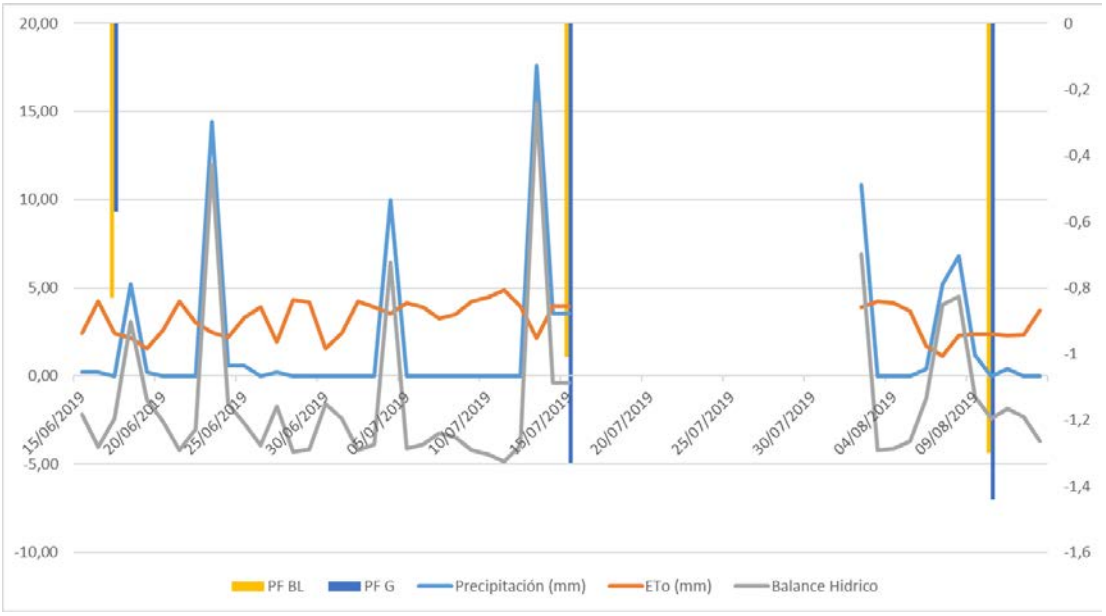


Figura 57. Evolución del Balance Hídrico en San Victorio. 2019

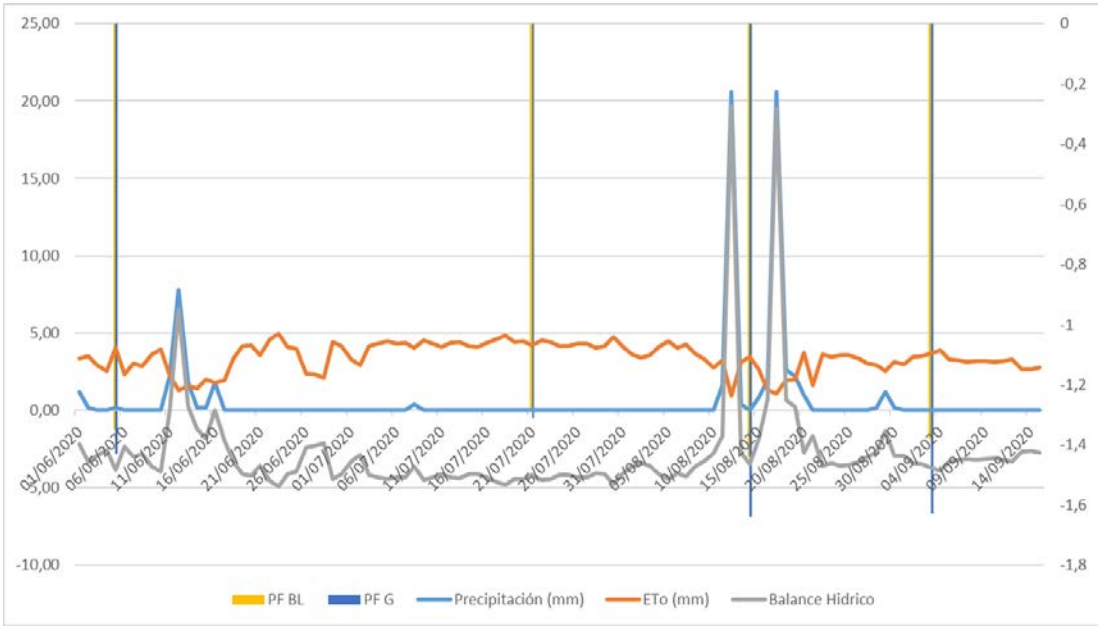


Figura 58. Evolución del Balance Hídrico en San Victorio. 2020

Podemos observar como el potencial en general se incrementa a lo largo de la campaña, sin que muestre relación con el balance hídrico del suelo, como sería esperable y cuya buena correlación ha sido señalada en trabajos como el de Chacón-Vozmediano et al. (2021), al evaluar el comportamiento estomático de distintas variedades en Castilla la Mancha, dado que los recursos hídricos de la planta dependen del nivel de agua disponible en el suelo. Esto se debe a que, el cálculo de la evapotranspiración debe tener en cuenta el cultivo y el desarrollo vegetativo del mismo, para establecer un coeficiente corrector de cálculo (K_c), que modificaría, dada la variación de superficie foliar expuesta, la evapotranspiración del cultivo a lo largo de la campaña, incrementando su nivel y por tanto aumentando las necesidades agua de la planta y explicando

el progresivo incremento del potencial. Queda por establecer el coeficiente de cultivo para cada variedad y cada zona, para poder correlacionar el balance hídrico de la parcela con el potencial hídrico foliar de cada variedad. Aun así, podemos ver como las condiciones ambientales de la campaña 2020 tuvieron una fuerte influencia sobre el estrés al que se sometieron Blanco Lexítimo y Godello respecto a 2019.

Parcelas viticultores

Además, se han realizado mediciones del potencial hídrico foliar al mediodía solar, en las parcelas de los viticultores, para la variedad Godello, lo que ha permitido realizar una comparación del comportamiento del estado hídrico en diferentes localizaciones de la DO. Se muestran los resultados en la Figura 59, donde puede observarse que la variedad Godello ha mostrado un comportamiento similar en la parcela experimental y la parcela de Santa Cubicia (Quiroga) en el año 2019.

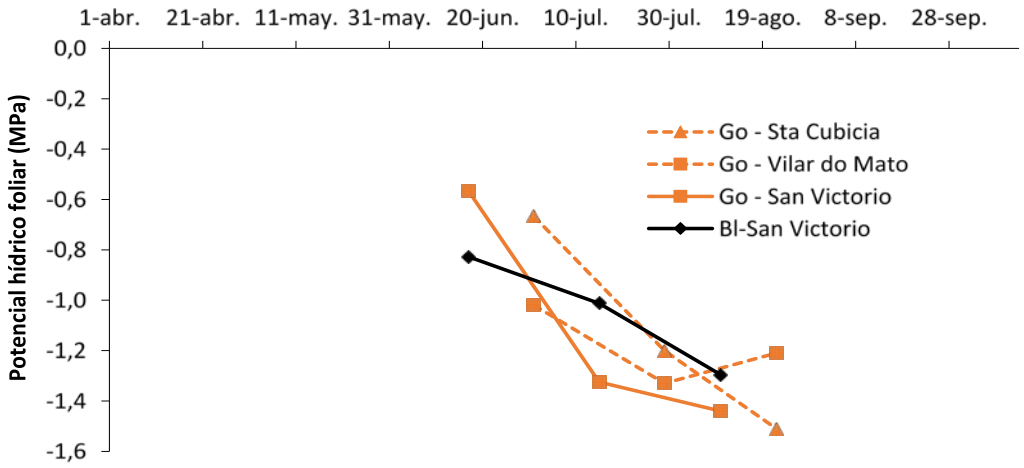


Figura 59. Evolución del potencial hídrico foliar para Godello en diferentes subzonas de la DO Riberia Sacra. 2019

En el año 2020, la variedad Godello ha alcanzado valores inferiores de potencial hídrico foliar en las parcelas de los viticultores (Figura 60), si bien las producciones obtenidas para la variedad Godello en las distintas localizaciones estudiadas en el año 2020, han sido similares. Lo que muestra una adaptación de la variedad a las condiciones climáticas de la DO, con importantes diferencias entre sí, como se ha mostrado en los apartados anteriores. Los valores reportados en el año 2019 son más negativos que los medidos por otros autores, mientras que el año 2020, muestra valores más pequeños en las parcelas de los viticultores, respecto a estudios previos en la variedad Godello Mirás-Avalos et al. (2014) y Trigo-Córdoba et al. (2015b) en la DO Valdeorras.

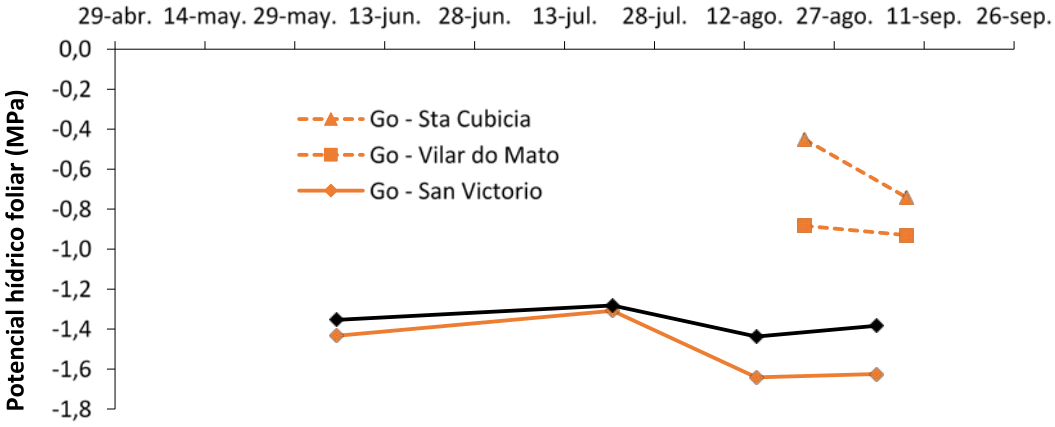


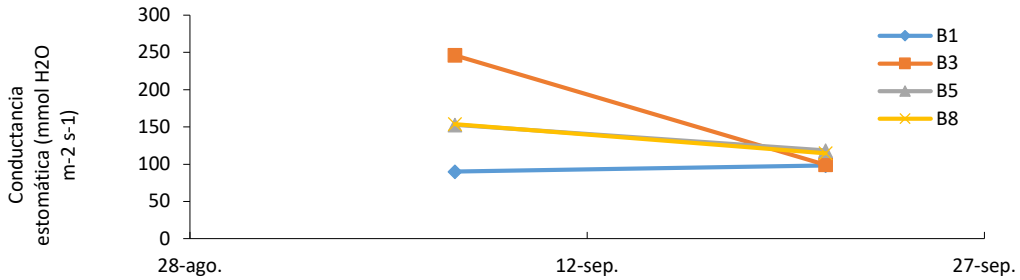
Figura 60. Evolución del potencial hídrico foliar para la variedad Godello en diferentes Subzonas de la DO Riberia Sacra. 2020

4.3.2.3. Conductancia estomática

Sobre las mismas hojas en las que se llevaron a cabo las determinaciones de potencial hídrico foliar, se midió previamente la conductancia estomática a mediodía solar.

Variedad Blanco Lexítimo

Los valores obtenidos en 2018 son bajos (Figura 61). Medrano et al. (2002), señalan 0,15 mol H_2O $m^{-2}s^{-1}$ como valor a partir del cual pueden aparecer fenómenos de estrés. Las condiciones climáticas del día de medidas en 2018, forzó el cierre estomático para la variedad, por otro lado, no se han observado diferencias significativas entre las plantas medidas en los diferentes bancales.



USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

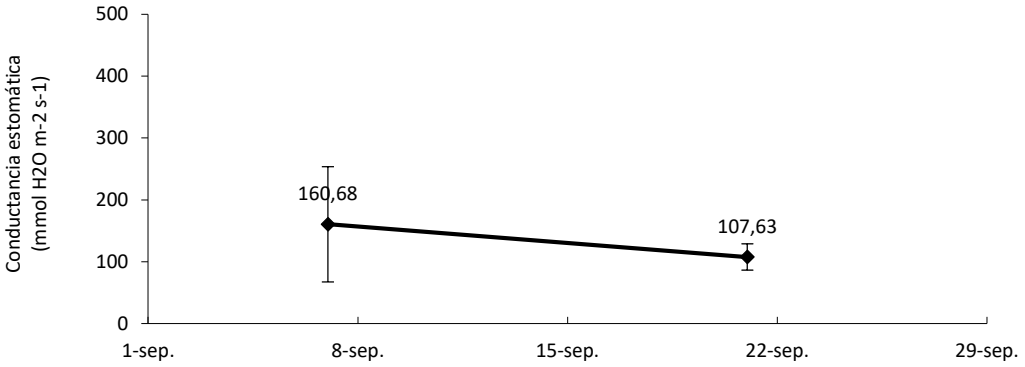


Figura 61. Evolución de la conductancia estomática. Medidas por bancal y Promedio. 2018

Los valores obtenidos en 2019 también son bajos debido a las condiciones climáticas de los días en que se realizaron las mediciones, lo que forzó el cierre estomático de la planta. Del análisis de varianza, se han observado diferencias significativas entre las plantas medidas en los diferentes bancales, en mayo y septiembre (Figura 62). Los días de medidas en agosto y septiembre han mostrado valores inferiores, comparativamente, a los tres primeros días de medida. Las medidas de septiembre han sido ligeramente inferiores a las determinadas en el año 2018.

Durante el año 2020, se han observado valores inferiores de conductancia estomática en comparación con el año 2018, derivados de la situación climática (Figura 63). Por el contrario, la dinámica de las medidas es muy similar a la determinada durante el año 2019, con valores ligeramente superiores. No se han observado diferencias entre bancales, a pesar de observarse una tendencia a que el bancal 5 en los primeros días de medida, haya mostrado los mayores valores de conductancia estomática.

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

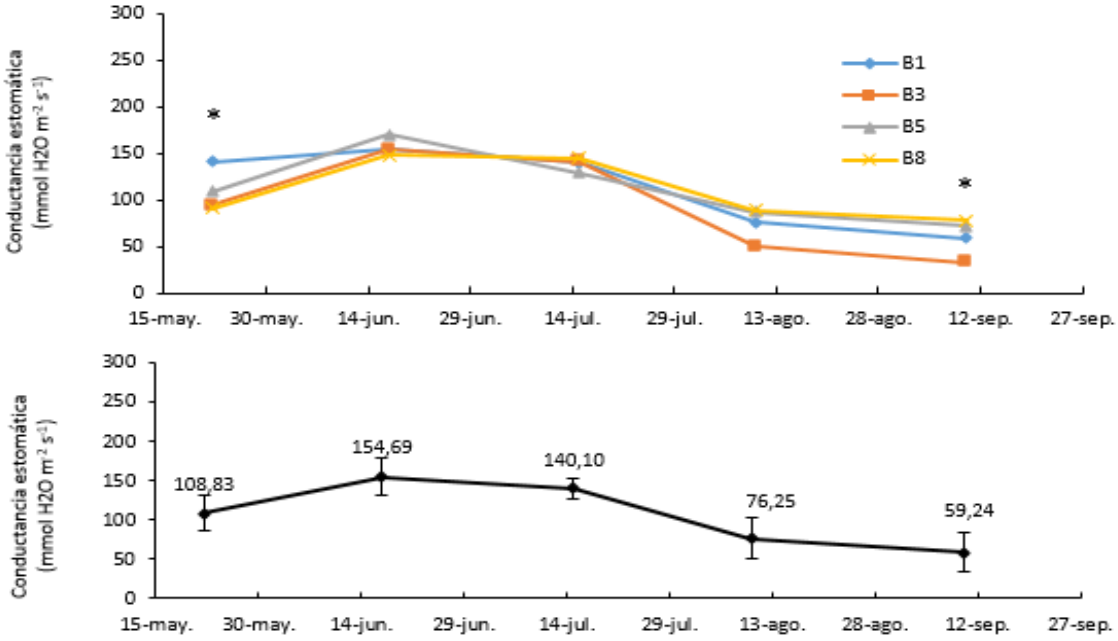


Figura 62. Evolución de la conductancia estomática. Medidas por bancal y Promedio. 2019

* Diferencias significativas entre bancales

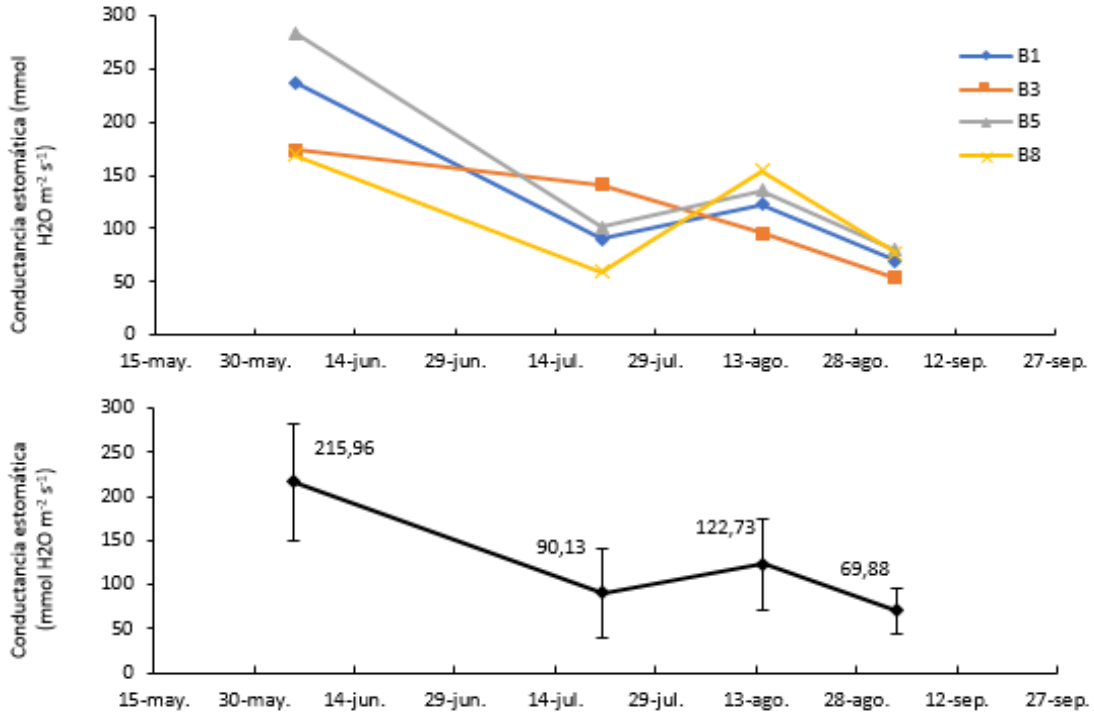


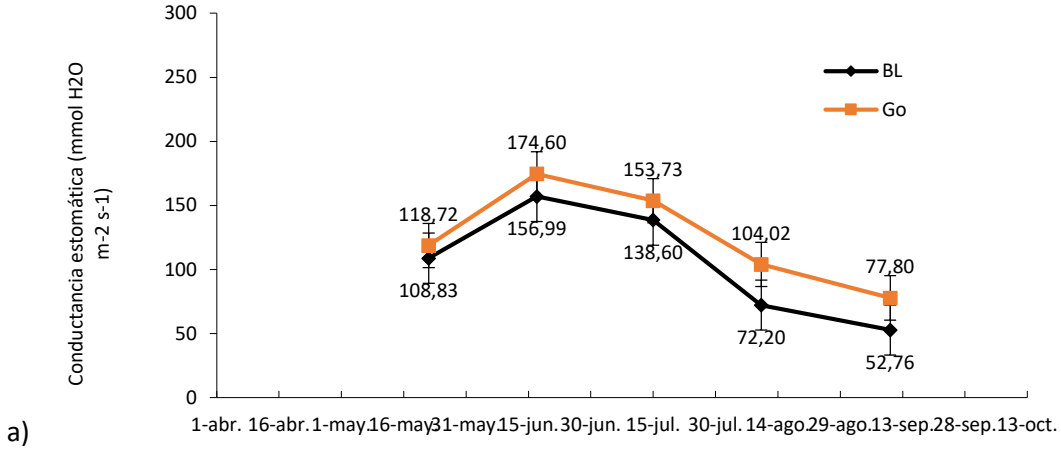
Figura 63. Evolución de la conductancia estomática. Medidas por bancal y Promedio. 2020

A nivel comparativo con estudios previos para otras variedades en Galicia, Trigo-Córdoba et al. (2015a) obtuvieron valores superiores para la variedad Mencía en la D.O. Ribeiro, para los años 2012 a 2014. De igual forma, Trigo-Córdoba et al. (2015a) obtuvieron valores superiores en fechas

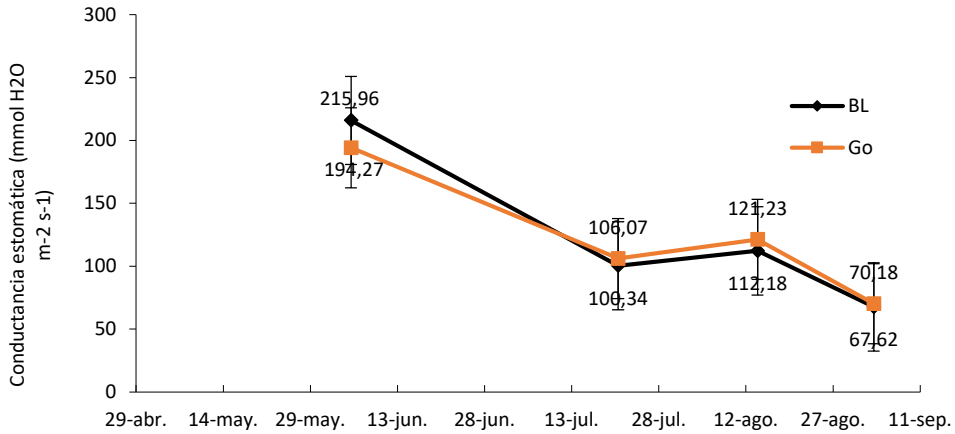
similares para las variedades Godello y Treixadura en la DO Ribeiro durante los años 2012 a 2014. En la misma línea, que los autores citados, Mirás-Avalos et al. (2017b) obtuvieron valores superiores para el Godello en la D.O. Valdeorras para los años 2012 a 2014.

Variedades Godello y Blanco Lexítimo

El comportamiento de la conductancia estomática en los años 2019 y 2020 ha sido idéntico para las dos variedades (Figura 64). Sin embargo, en el año 2019, la variedad Godello presentó una mejor regulación estomática que la variedad Blanco Lexítimo, mientras que, en el año 2020, no hubo diferencias entre ambas.



a)



b)

Figura 64. Evolución de la conductancia estomática. Medidas Promedio para Blanco Lexítimo y Godello. a) 2019 y b) 2020. San Victorio

Los valores de conductancia estomática medidos en San Victorio, han sido inferiores a los reportados por Trigo-Córdoba et al. (2015a) para la variedad Godello en la DO Ribeiro, así como los obtenidos por Mirás-Avalos et al. (2017b) en Godello en la DO Valdeorras. Este factor está altamente influenciado por las condiciones climáticas y la hora de medida (Medrano et al. 2002).

4.3.2.4. Concentración de clorofila

Se estimó el índice de clorofila según el procedimiento descrito en el apartado de material y métodos, tanto para la variedad Blanco Lexítimo, como para la variedad Godello.

Variedad Blanco Lexítimo

Los valores de concentración de clorofila en 2018 son bajos, debido, por un lado, a las condiciones climáticas de los días de medida y por otro debido, igualmente, a la carencia de agua durante los meses de julio, agosto y septiembre (Figura 65). Al comparar las mediciones de los diferentes bancales no se observan diferencias significativas, lo que de nuevo confirma la homogeneidad de la parcela experimental y un comportamiento fisiológico estable de la variedad.

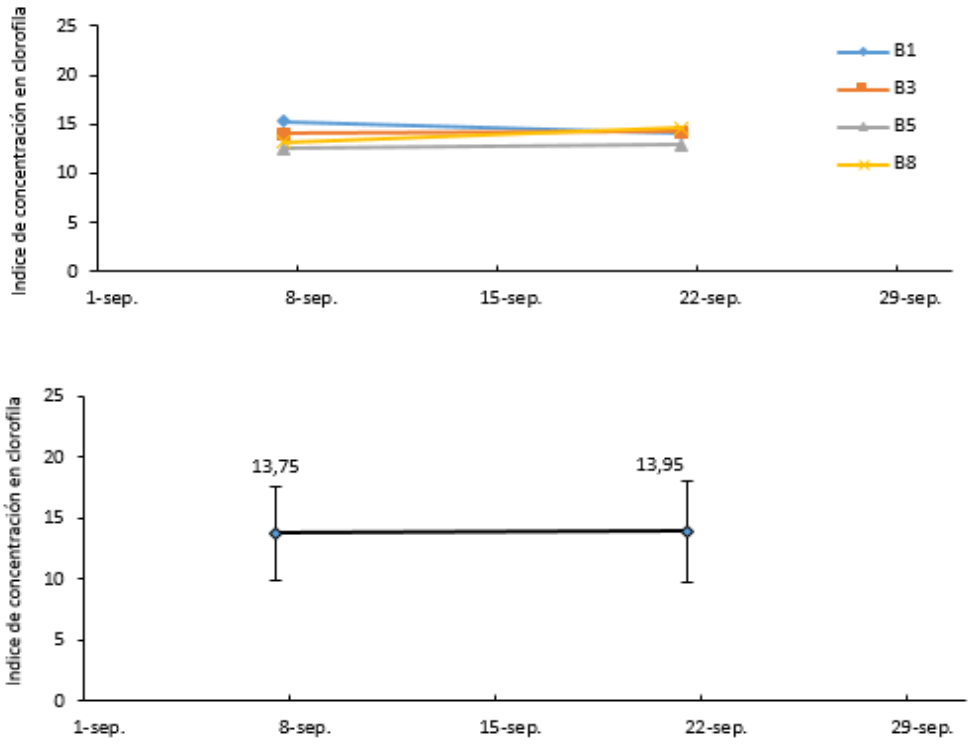


Figura 65. Evolución del índice de concentración en clorofila. Medidas por bancal y Promedio. 2018

Los valores obtenidos en el año 2019 han sido bajos debido a las condiciones climáticas, lo que supone bajos valores de concentración de clorofila, ocasionados por la carencia de agua durante los meses de agosto y septiembre, si bien son valores superiores a los obtenidos en la campaña 2018. De nuevo no se observan diferencias significativas entre las plantas medidas en los diferentes bancales (Figura 66).

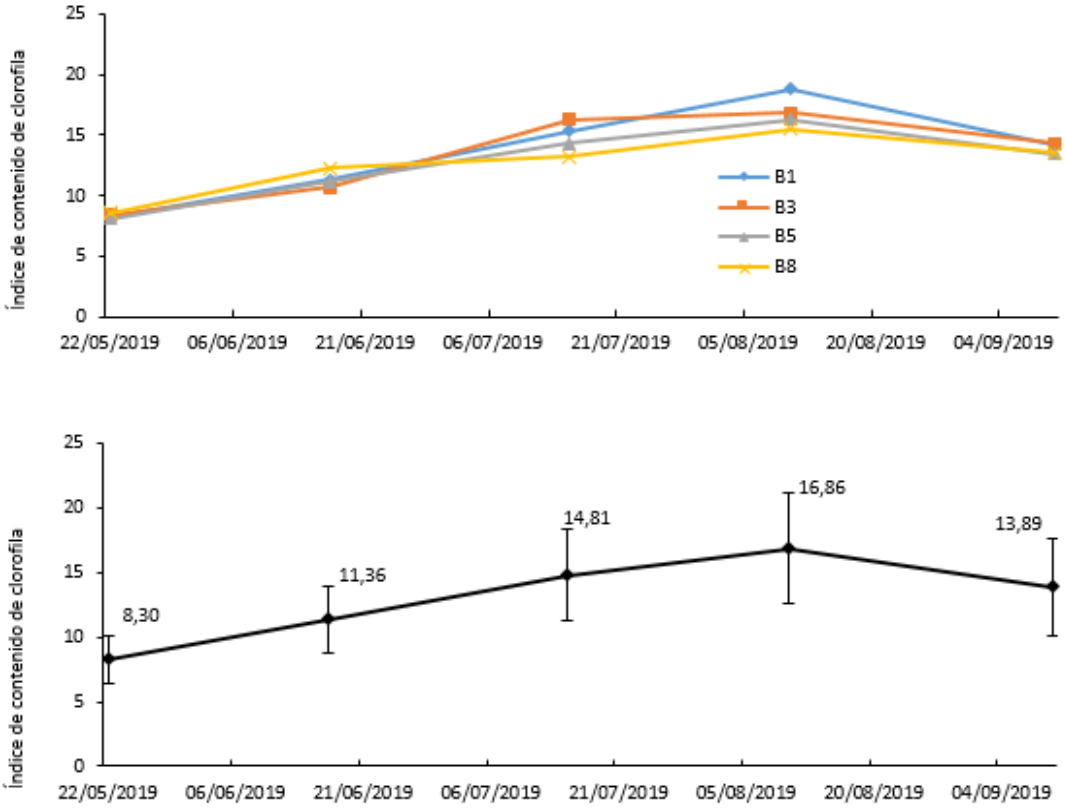


Figura 66. Evolución del índice de concentración en clorofila. Medidas por bancal y Promedio. 2019

Los valores del índice de concentración en clorofila se han mantenido estables durante la campaña 2020, por encima de 15, sin mostrar una reducción en la parte final del ciclo, debido a la pérdida de capacidad fotosintética de las hojas (amarilleamiento) (Figura 67). Destaca un comportamiento desigual entre bancales, donde en el bancal 3 sí se produce la reducción esperada del CCI, mientras que en los restantes bancales no. Existen, por tanto, diferencias significativas entre bancales en el último día de medida.

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

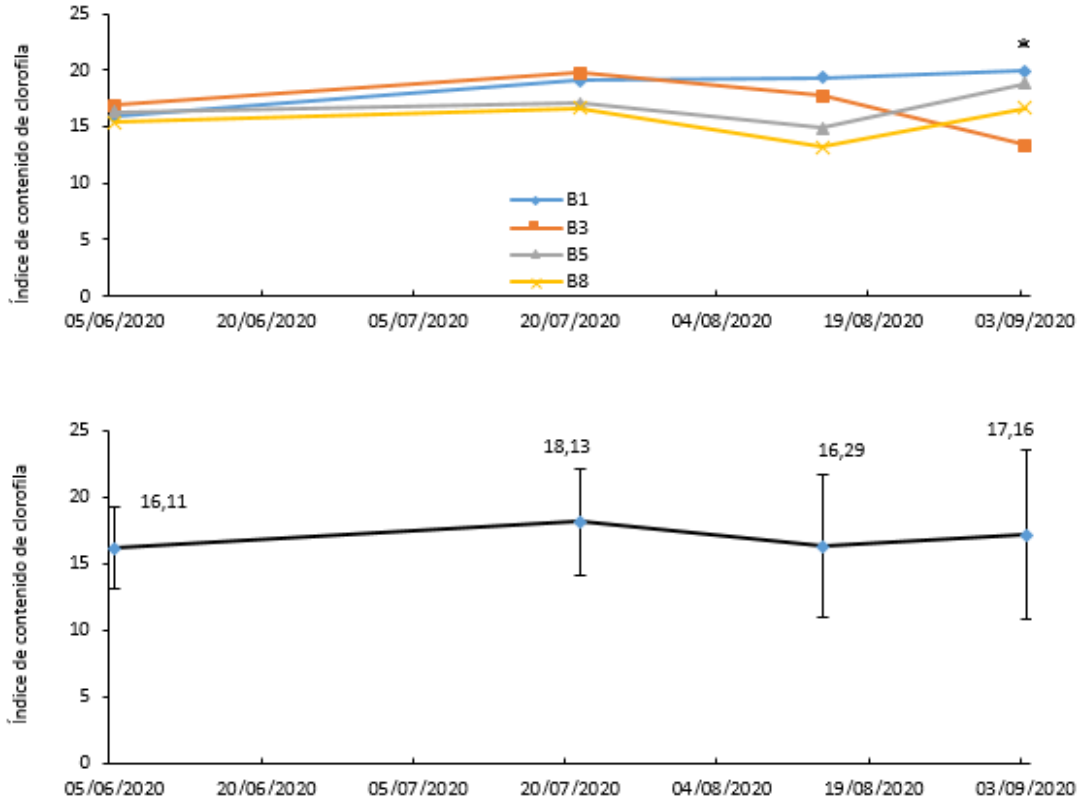


Figura 67. Evolución del índice de concentración en clorofila. Medidas por bancal y Promedio. 2020.

* Diferencias significativas entre bancales

Los valores medidos son inferiores a los obtenidos por diversos autores en Galicia. Trigo-Córdoba et al. (2015a) obtuvo valores superiores para la variedad Mencía en la DO Ribeiro, para los años 2012 a 2014. En la misma línea que los autores citados, Mirás-Avalos et al. (2017b) obtuvieron valores superiores para el Godello en la D.O. Valdeorras para los años 2012 a 2014.

Godello y Blanco Lexítimo

Cuando se realiza la comparativa del contenido relativo en clorofila entre las variedades Godello y Blanco Lexítimo, se observa que, en los dos años estudiados, presenta un índice mayor la variedad Godello (Figura 68). Los valores obtenidos para la variedad Godello son similares a los reportados por Mirás-Avalos et al. (2017b) en Valdeorras, y en la misma línea que los obtenidos para Godello en D.O. Ribeiro por Trígo-Cordoba et al. (2015a).

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

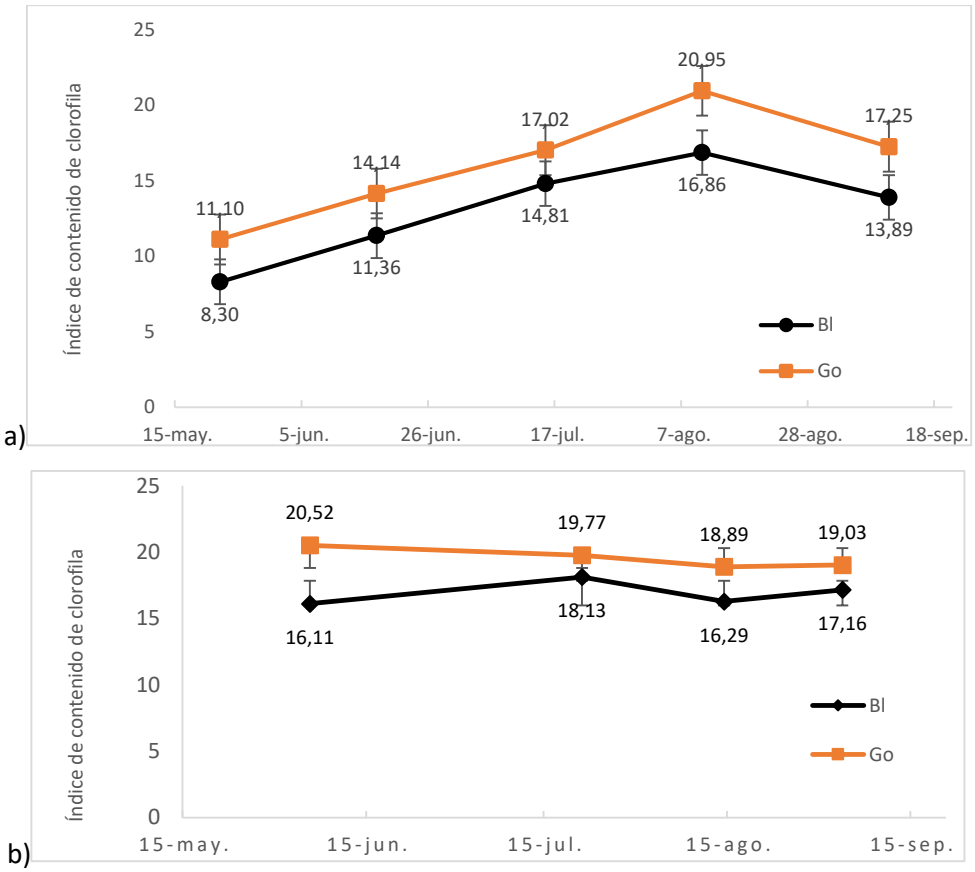


Figura 68. Evolución del contenido en clorofila (CCI). Medidas Promedio para Blanco Lexítimo y Godello. a) 2019 y b) 2020. San Victorio

Estos resultados muestran un menor almacenamiento de clorofila en las hojas para la Blanco lexítimo, lo que puede afectar al rendimiento productivo de la planta.

4.3.2.5. Potencial de agua en el suelo

A continuación, se muestra la evolución del potencial de agua en el suelo en la parcela experimental, en el período de enero de 2018 a diciembre de 2020, recogida para todas las campañas por los sensores Watermark, de la estación agrometeorológica instalada (Figura 69).

Se puede observar, que existe un incremento del potencial de agua en el suelo en períodos sin lluvia, tras los cuales se reduce el potencial, ligado a una mayor disponibilidad de agua para el viñedo, así como el progresivo incremento de potencial durante el periodo estival hasta la vendimia, que resultó más acusado en la campaña 2019, seguido de 2018 y 2020.

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

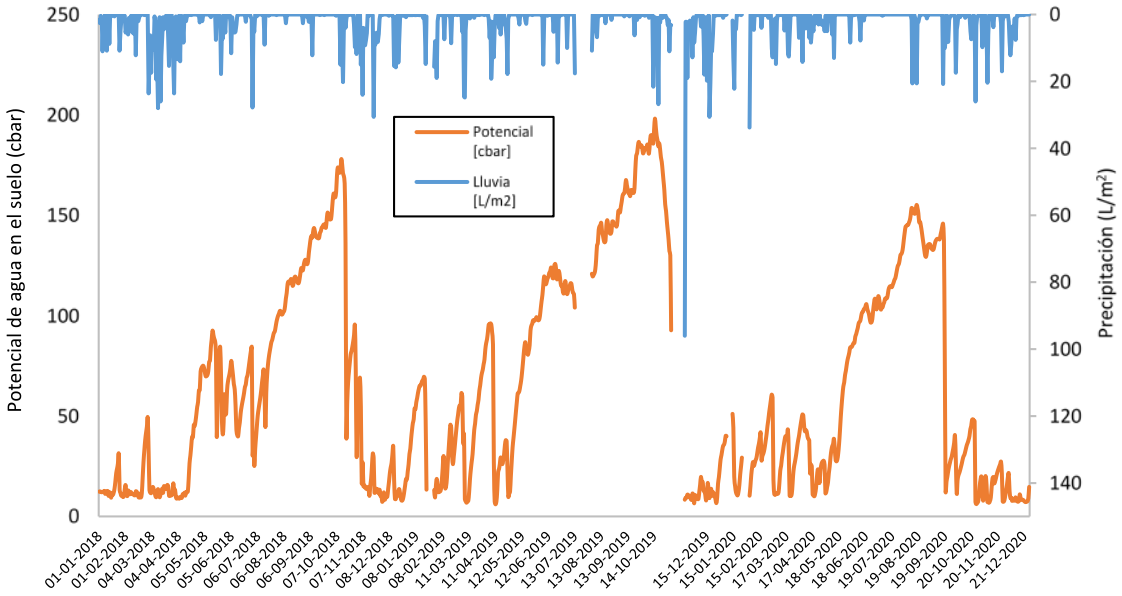


Figura 69. Evolución del potencial de agua en el suelo y de la precipitación. Ene 2018/Dic 2020

Los valores de potencial de agua muestran valores superiores a 100 cbar, límite que se establece como crítico por Cancela et al. (2015) y a partir del cual se presentan fenómenos de estrés hídrico para las variedades Godello y Mencía en D.O. Valdeorras y D.O. Ribeira Sacra, respectivamente.

4.3.2.6. Análisis foliares

En la época de envero de cada campaña se recogieron muestras de hojas para determinar en limbos y peciolos la concentración de macroelementos (C, N, P, K y Mg) y microelementos (B, Cu, Fe, Mn, Zn, Na y Al). Para evaluar el estado nutricional de la planta, se comparan con los estándares para otras variedades en general, así como variedades cultivadas en Galicia (MAPA, 2005; Cancela et al. 2018b).

Campaña 2018

El análisis de las hojas realizado durante el envero nos muestra que, para el caso del nitrógeno, el contenido se encuentra ligeramente por debajo del límite inferior recomendado, 2,2 % (MAPA, 2005), si bien se encuentra por encima del valor considerado como déficit (1 %) (Tabla 57). Valores similares fueron obtenidos para las variedades Sousón y Mencía en Galicia (Cancela et al. 2018b). En el caso del fósforo el contenido de 0,18 %, se encuentra ligeramente por encima del límite inferior adecuado, 0,15 %, sin presentar riesgo por déficit (0,10 %), valores ligeramente superiores a los reportados por Cancela et al. (2018b) para la variedad Mencía en la misma parcela experimental. El potasio en limbos se encuentra ligeramente por debajo del límite

superior recomendado (1,6 %) y lejos de presentar un nivel excesivo (3 %), de igual forma en los peciolos se encuentra en el intervalo considerado adecuado (1,2-3,0) (MAPA, 2005). El contenido en calcio presenta un nivel deficiente, por debajo del 1 %, al igual que el calcio, para el magnesio se han determinado valores carenciales inferiores a 0,3 %. El comportamiento en el contenido en Ca y Mg es similar al reportado por Cancela et al. (2018b) para la variedad Mencía en la misma parcela. En general, encontramos un estado ligeramente carencial (Ca, Mg).

Tabla 57. Concentración de macro-elementos en hojas. Campaña 2018

Material	**Elemento (%)**					
Limbos	C	N	P	K	Ca	Mg
Promedio	48,76	2,06	0,18	1,43	0,83	0,16
Error Est	0,05	0,06	0,01	0,05	0,03	0,01
Peciolos	C	N	P	K	Ca	Mg
Promedio	40,98	0,65	0,18	2,00	0,90	0,29
Error Est	0,32	0,02	0,03	0,27	0,02	0,01

El análisis de microelementos nos muestra que el boro se encuentra ligeramente por encima del límite inferior recomendado (20 ppm), mientras que el cobre presenta ligeras deficiencias, al encontrarse por debajo de 5 ppm, también para el hierro se observa una ligera carencia, pues el valor mínimo establecido es de 100 ppm (Tabla 58). Los valores de manganeso se encuentran muy por encima de los valores considerados como excesivos, 200 ppm (MAPA, 2005), que se asocian a los tratamientos fitosanitarios con Mancozeb. Por último, el zinc se encuentra ligeramente por encima del valor que se considera como deficitario, 19 ppm, además en el caso del sodio, se observan valores muy por debajo de los obtenidos para variedades como el Albariño en la D.O. Rías Baixas, donde se han encontrado valores por encima de los 1.000 ppm (Cancela J.J, comunicación personal).

Tabla 58. Concentración de micro-elementos en hojas. Campaña 2018

Material	**Elemento (mg/kg)**					
Limbos	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na
Promedio	20,70	4,78	80,33	699,11	11,97	216,52
Error Est	0,59	1,07	2,55	80,24	1,11	12,40
Peciolos	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na
Promedio	18,46	4,60	9,27	983,14	33,40	503,66
Error Est	0,44	0,27	0,89	64,32	0,75	30,44

Campaña 2019

Las características observadas en las analíticas en 2019 muestran que el contenido de nitrógeno está dentro del límite inferior recomendado (2,2 %), mientras que el fósforo se

encuentra por encima del 0,15 %, recomendable (Tabla 59). El potasio se encuentra ligeramente por debajo del límite superior recomendado (1,6 %), mientras que el contenido en calcio y magnesio, tal y como se pudo apreciar en la campaña del 2018, sigue presentando valores inferiores al 1 % para el Ca y del 0,3 % para el Mg.

Tabla 59. Concentración de macro-elementos en hojas. Campaña 2019

Material	**Elemento (%)**					
Limbos	C	N	P	K	Ca	Mg
Promedio	46,83	2,29	0,21	1,50	0,83	0,21
Desv Est	0,20	0,11	0,03	0,11	0,06	0,04
Peciolos	C	N	P	K	Ca	Mg
Promedio	40,78	0,59	0,20	1,57	0,76	0,20
Desv Est	0,48	0,03	0,09	0,70	0,09	0,02

En 2019 los microelementos de las hojas para el limbo han mostrado cómo el boro se encuentra por debajo del límite inferior (20 mg/kg), a diferencia de la campaña 2018 que se encontraba por encima de este valor (Tabla 60). Los contenidos de hierro y cobre muestran valores inferiores a los mínimos establecidos, presentando incluso un menor contenido que en la anterior campaña. El contenido de manganeso se encuentra muy por encima del valor considerado como excesivo (200 ppm).

Tabla 60. Concentración de micro-elementos en hojas. Campaña 2019

Material	**Elemento (mg/kg)**						
Limbos	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	Al
Promedio	12,45	3,61	31,87	446,79	26,12	79,06	36,56
Desv Est	1,83	0,23	1,27	48,38	2,46	13,14	3,43
Peciolos	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	Al
Promedio	27,00	5,31	15,06	1.481,20	50,59	447,70	31,04
Desv Est	4,29	2,55	3,43	217,01	21,48	109,98	24,16

Campaña 2020

En 2020 el valor mostrado por el nitrógeno es semejante al de las campañas 2018 y 2019, el fósforo, de nuevo se sitúa dentro del limite inferior recomendable (0,15 %), el potasio se encuentra ligeramente por encima del límite superior recomendado (1,6 %), aunque no ocurre lo mismo con el contenido en peciolos (Tabla 61). El contenido en calcio y magnesio, mantienen parámetros semejantes a los de las campañas 2018 y 2019.

USC DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 61. Concentración de macro-elementos en hojas. Campaña 2020

Blanco Lexítimo	**Macroelementos**					
Limbos	C	N	P	K	Ca	Mg
Promedio	48,24	2,18	0,19	1,70	0,77	0,18
Desv Est	0,22	0,05	0,01	0,14	0,11	0,02
Peciolos	C	N	P	K	Ca	Mg
Promedio	43,14	0,68	0,13	1,75	0,80	0,26
Desv Est	0,35	0,03	0,06	0,54	0,13	0,05

El análisis de microelementos en 2020 ha mostrado cómo el boro se encuentra por debajo del límite inferior (20 mg/kg). Los contenidos de hierro muestran valores inferiores a los mínimos establecidos, presentando un contenido similar a la anterior campaña. El contenido de manganeso al igual que en 2018 y 2019, se encuentra muy por encima del valor considerado como excesivo (200 ppm).

Tabla 62. Concentración de micro-elementos en hojas. Campaña 2020.

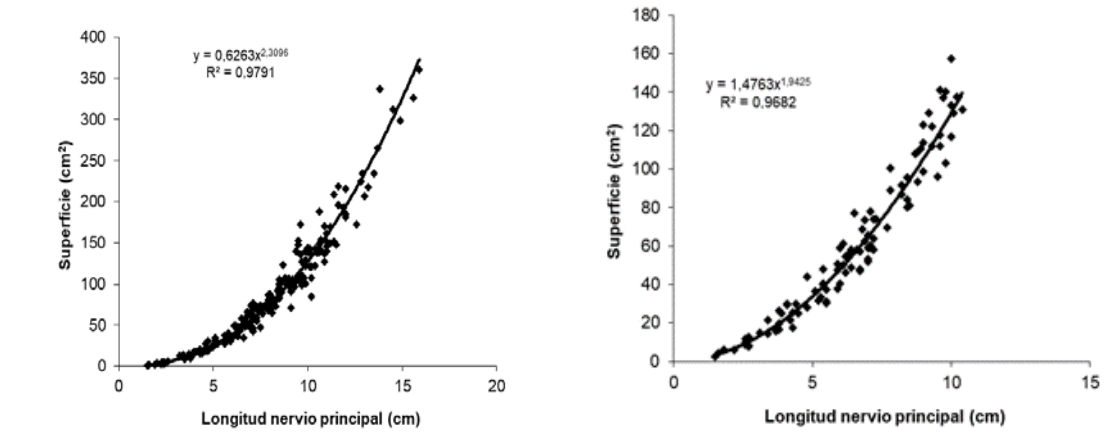
Blanco Lexítimo	**Elemento (mg/kg)**						
Limbos	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	Al
Promedio	11,80	39,71	48,15	429,70	5,22	70,97	58,42
Error Est	1,50	4,46	4,41	69,94	0,44	8,29	6,59
Peciolos	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	Al
Promedio	27,90	16,03	22,20	2.302,40	48,65	259,21	81,32
Error Est	3,47	1,09	4,32	114,85	16,16	45,86	40,88

Los resultados del análisis foliar muestran ligeras carencias de Ca, Mg y Cu, con un claro exceso del Mn, generado este por el uso de fitosanitarios con base en este compuesto (Tabla 62). Los valores obtenidos, tanto para peciolo como limbos, son similares a los reportados en la misma parcela para la variedad Mencía por Cancela et al. (2018b).

4.3.2.7. Evaluación del desarrollo vegetativo y vigor

Se ha establecido la relación alométrica entre la longitud del nervio principal de las hojas de Blanco Lexítimo y la superficie foliar de las mismas, siguiendo el procedimiento descrito en material y métodos (Figura 70).

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA



a) b)

Figura 70. Relación alométrica entre superficie foliar y longitud del nervio principal. a) sarmientos principales, b) secundarios

Una vez obtenida esta relación, se ha medido la longitud de los nervios principales de las hojas de los sarmientos marcados, estimando la superficie foliar por planta, con los que se ha determinado el índice de área foliar y la relación con la producción (Tabla 63).

En términos generales se observa un incremento de la superficie en los bancales más altos que, sin embargo, no se corresponden con la relación superficie foliar/producción. Durante la campaña 2019 no se han podido determinar las superficies foliares de modo adecuado, por lo que no se incluyen en los resultados obtenidos. En general vemos que la heterogeneidad, debido a las características del suelo y la dificultad de manejo del cultivo, propio de Riberia Sacra, hace que los resultados presenten una gran variabilidad. Otros autores han reportado valores similares (Trigo-Córdoba et al. 2015b) de superficie foliar por planta para la variedad Mencía en la DO Ribeiro. Además, los valores medios obtenidos son superiores a 2 m^2 m^{-2}, límite inferior expuesto por Smart (1985), aunque este aspecto no se cumple para el año 2020.

Tabla 63. Superficie foliar y LAI. Campaña 2018 y 2020

Bancal	Superficie foliar	LAI	Producción	SF / Producción
		2018		
1	6,07	2,20	1,84	1,20
3	8,14	2,95	2,44	1,21
5	6,16	2,23	4,13	0,54
8	2,53	0,92	2,28	0,40
		2020		
1	4,12	1,49	0,33	4,52
3	7,30	2,66	1,96	1,36
5	3,44	1,26	0,40	3,14
8	3,49	1,27	1,11	1,14

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

4.3.2.8. Parámetros productivos e Índice de Ravaz

La producción por planta se ha visto altamente influenciada por el año de estudio (Tabla 64). En el año 2018, las producciones han sido más elevadas que en los años 2019 y 2020. Las principales razones para ello han sido la obtención de un mayor número de racimos y un mayor peso de los mismos. En general, excluyendo la situación excepcional del año 2018, lleva a considerar que en la zona es posible obtener rendimientos entorno a 1 kg por planta. Los datos obtenidos para la madera de poda muestran un elevado desarrollo vegetativo de la planta, con bajos rendimientos, por lo que deben realizarse operaciones al respecto que mejoren esta relación, persiguiendo niveles similares al 2018, o superiores.

Aunque los datos obtenidos en las diferentes añadas muestran valores muy heterogéneos, observamos como en el mejor de los casos el índice de Ravaz, muestra valores en torno a 3,5 en 2018 mientras que en la añada 2019 queda por debajo de uno, lo que nos muestra una producción muy reducida para el vigor del viñedo.

Los valores de producción obtenidos son superiores en el año 2018 a los 0,14-2,73 kg/planta reportados por la Fundación Juana de Vega, 2012, es la comarca de Betanzos. El peso medio del racimo se sitúa en valores medios para el año 2018, en consonancia con los obtenidos por la Fundación Juana de Vega, (2012), si bien los años 2019 y 2020, muestran pesos de racimo muy inferiores. El peso medio del racimo es de 98,06 gr, ligeramente inferior al reportado por Moreno-Sanz (2011) y Loureiro et al. (2017) de 111,11 gr. En cuanto al peso de la madera de poda, se ha obtenido un valor promedio de 0,98 kg por planta, ligeramente superior al obtenido por Loureiro et al. (2017) de 0,83 kg por planta. Por último, en cuanto al índice de Ravaz, los valores obtenidos por Moreno-Sanz (2011) de 3,2, han estado muy por encima de los reportados en este trabajo, con excepción del año 2018, el cual muestra valores similares.

Tabla 64. Resultados productivos campañas 2018-2020. Blanco Lexítimo

Filas	Producción	Nº	Peso	Madera	Índice
2018					
1	3,83	24,80	149,30	1,22	2,55[b]
3	3,22	22,30	143,30	1,23	2,63[b]
5	4,49	29,00	154,10	0,89	5,27[a]
8	2,87	20,70	137,10	0,91	3,66[b]
Promedio	3,46	24,20	146,00	1,06	3,53
Desv Est	1,44	8,30	27,30	0,40	0,02
2019					
1	0,92	13,00	68,70	1,10[a]	0,81
3	1,08	15,00	71,00	1,27[a]	0,86
5	0,42	8,30	47,70	0,78	0,53
8	1,07	14,70	68,20	-	-
Promedio	0,87	12,80	63,90	1,05	0,73

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Filas	Producción	Nº	Peso	Madera	Índice
Desv Est	0,57	6,40	17,90	0,30	0,18
2020					
1	1,44[a]	11,86[a]	102,99[a]	0,96	1,40[ab]
3	1,44[a]	14,20[a]	100,40[a]	0,97	1,24[ab]
5	0,19[b]	4,40[b]	44,60[b]	0,66	0,30[b]
8	1,37[a]	14,60a	89,20[a]	0,75	2,09[a]
Promedio	1,11	11,30	84,30	0,84	1,26
Desv Est	0,91	6,40	38,30	0,32	0,74

Letras diferentes en columna indican diferencias significativas entre bancales, para p< 0,05 (HSD-Tukey)

A continuación, se exponen los resultados derivados del ANOVA por año, así como del conjunto de datos, para evaluar las diferencias entre bancales y años (Tabla 65).

Tabla 65. Resultados Análisis de Varianza. Campañas 2018-2020. Blanco Lexítimo

Año	Producción (kg)	Nº Racimos	Peso Racimo (g)	Madera Poda (kg)	Índice Ravaz
2018	*	*	ns	ns	**
2019	ns	ns	*	**	ns
2020	*	*	**	ns	**
ANOVA					
Bancal	ns	ns	*	***	ns
Año	***	***	***	*	***
Año * Bancal	**	**	**	ns	***

Los asteriscos indican el grado de significación para p< 0,05 (HSD-Tukey). *** p < 0,001, ** p< 0,01, * p < 0,05. ns indica diferencias no significativas

Dadas las especiales condiciones de suelo y clima de la parcela, al objeto de referenciar el potencial productivo de Blanco Lexítimo, se ha comparado con una variedad de referencia, Godello, que también se cultiva en la parcela experimental y por tanto en las mismas condiciones (Figuras 71, 72 y 73).

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

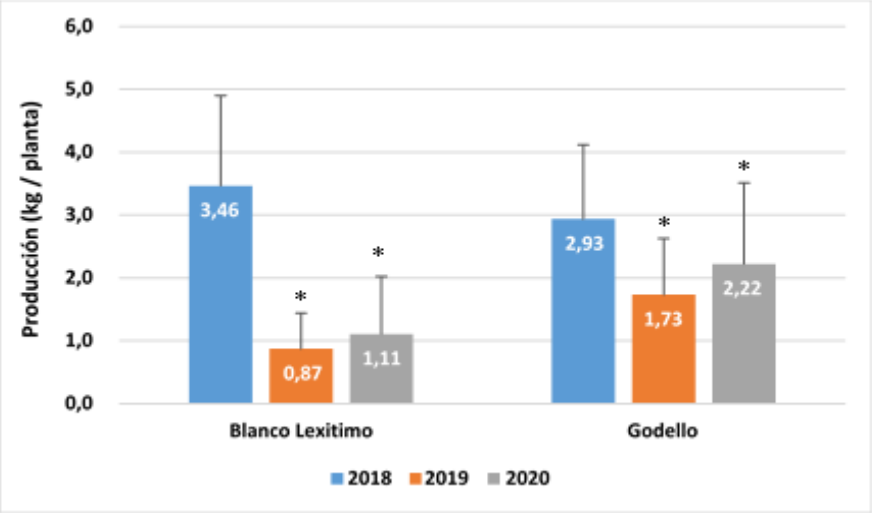


Figura 71. Producción de uva (kg/planta) para las variedades Blanco Lexítimo y Godello. 2018-2020

* Año con diferencias significativas entre variedades

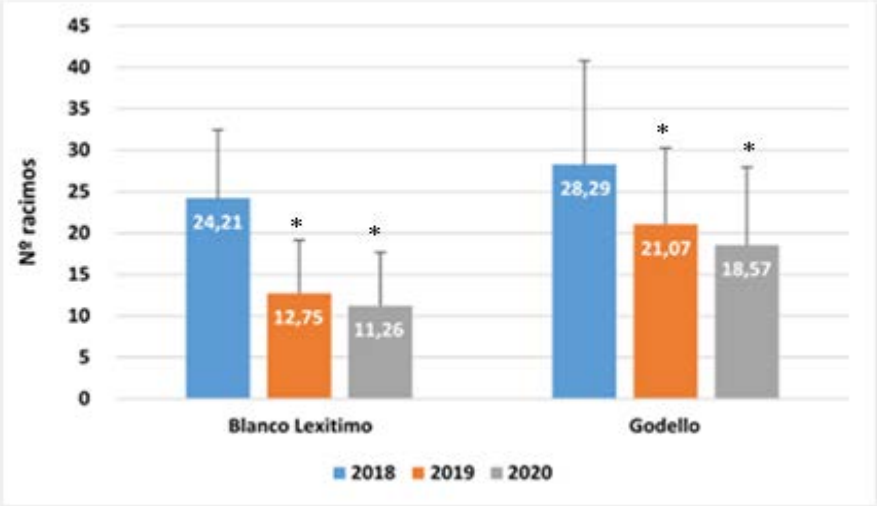
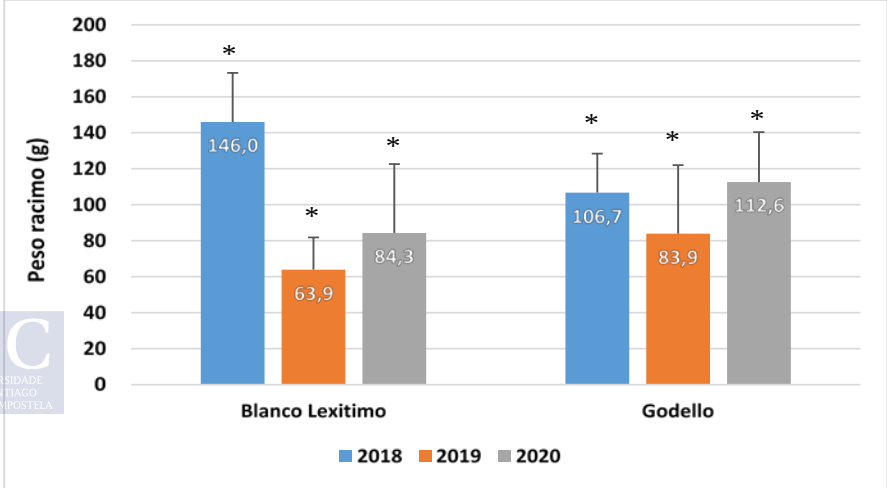


Figura 72. Número de racimos por planta para las variedades Blanco Lexítimo y Godello. 2018-2020

* Año con diferencias significativas entre variedades



USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Figura 73. Peso medio del racimo para las variedades Blanco Lexítimo y Godello. 2018-2020

* Año con diferencias significativas entre variedades

En la campaña 2018, podemos ver que Blanco Lexítimo presenta una mayor producción que Godello, con un menor número de racimos, debido al mayor tamaño de los mismos, acorde con las características ampelográficas de ambas variedades. En el año 2019, la mayor producción por planta se ha obtenido en la variedad Godello, que ha tenido un mayor número de racimos y un mayor peso de los mismos, esto se debe a que un mal cuajado durante la floración de Blanco Lexítimo ha reducido el número de bayas por racimo y en consecuencia el peso de los mismos, que no ha podido ser compensado con un incremento del tamaño de la uva y, por último, en 2020, la mayor producción por planta se ha obtenido de nuevo en la variedad Godello. Para una añada cálida como 2020, Blanco Lexítimo, parece reaccionar al estrés hídrico retirando agua de los mismos en mayor medida que Godello.

Las producciones de la variedad Godello han sido inferiores a las reportadas por otros autores en Galicia. En concreto, Trígo-Córdoba et al. (2015a) obtienen producciones de 5 kg por planta, con un peso medio del racimo por encima de 114 gr, valores superiores a los obtenidos en San Victorio para la variedad Godello, si bien, Cancela et al. (2016) y Mirás-Avalos et al. (2017b) reportan valores entre 2,42 y 4,18 kg por planta, cercanos a los reportados para el año 2018 en San Victorio, además el peso medio por racimo es superior a 117 gr, lo que indica que la variedad Godello en San Victorio no consigue desarrollarse de forma adecuada.

En general, la producción de Blanco Lexítimo es inferior a la de Godello en 2019 y 2020, en un caso por un cuajado deficiente y en el caso de 2020 por una aparente mayor tendencia a la deshidratación de los granos (que son de mayor tamaño) que el Godello en situaciones de estrés. También podemos observar que el peso de los racimos en una añada generosa como 2018 se mantuvo en torno a los 150 gr, mientras que en 2019 y 2020 ni siquiera alcanzaron los 100 gr, vemos por tanto que es una variedad que, si bien se muestra fisiológicamente resistente al estrés hídrico, este parece afectarle en mayor medida que al Godello en la conformación del grano de uva y por tanto a la producción.

Parcelas viticultores

En los años 2019 y 2020, se determinaron los parámetros productivos en las parcelas de los viticultores, puesto que en el año 2018 se produjo una pérdida total de la producción debido a quemaduras y ataques de enfermedades fúngicas. Los resultados de la producción de estos años se exponen en la tabla 66.

USC DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 66. Resultados productivos campañas 2019-2020. Blanco Lexítimo y Godello (parcela experimental y viticultores)

Filas	Producción (kg)	Nº Racimos	Peso Racimo (g)	Rendimiento (kg / ha)
2019				
Go-Sta. Cubicia	2,893	20,3	144,4	11598
Go-Vilar do Mato	2,853	36,0	80,7	8869
Go-San Victorio	1,730	21,1	83,9	9515
B Lex-San Victorio	0,871	12,8	63,9	4791
2020				
Go-Sta. Cubicia	1,543	19,3	78,8	6185
Go-Vilar do Mato	3,918	50,0	102,2	12180
Go-San Victorio	2,219	18,6	112,6	12206
B Lex-San Victorio	1,106	11,3	84,3	6085

El comportamiento de la variedad Godello en San Victorio es similar al obtenido en las parcelas de viticultores en la Subzona Quiroga-Bibei, aun a pesar de tener un menor número de racimos, influenciado este aspecto por el sistema de conducción y poda en cada parcela. En el año 2020, el Blanco Lexítimo se aproxima a los valores de producción por hectárea del Godello en Santa Cubicia quedando por detrás del resto de referencias en ambas campañas. De forma general, los rendimientos productivos de la variedad Godello en las tres ubicaciones estudiadas, ha sido inferior a las reportadas por Trígo-Córdoba et al. (2015a) y Cancela et al. (2016).

4.3.2.9. Análisis de las bayas

Durante las 3 campañas se han caracterizado los granos de uva de Blanco Lexítimo, según el procedimiento descrito en material y métodos (Tabla 67).

Tabla 67. Caracterización de las bayas de Blanco Lexítimo. Campañas 2018-2020

Muestra	D. Mayor (mm)	D. Menor (mm)	Peso Total (gr)	Peso Hoyejo (gr)	Peso Pepitas (gr)	Nº Pepitas	Peso Pulpa (gr)
2018							
B1	14,126^{a}	12,541^{a}	1,530^{a}	0,172^{b}	0,100^{a}	2,160^{a}	1,258^{a}
B3	13,413^{b}	12,338^{a}	1,575^{a}	0,202^{a}	0,076^{b}	1,530^{b}	1,296^{a}
B5	11,751^{c}	10,909^{b}	1,327^{b}	0,151^{b}	0,062^{c}	1,250^{c}	1,114^{b}
B8	13,551^{ab}	12,540^{a}	1,592^{a}	0,178^{c}	0,086^{b}	1,630^{b}	1,327^{a}
Promedio	13,210	12,082	1,506	0,176	0,081	1,643	1,249
Desv Est	1,021	0,788	0,122	0,021	0,016	0,381	0,094
Sig	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2019							
B1	13,960^{a}	13,529^{ab}	1,666	0,176	0,087	1,850	1,403
B3	14,070^{a}	13,794^{a}	1,709	0,178	0,099	1,990	1,433
B5	13,790^{ab}	13,608^{ab}	1,705	0,180	0,100	1,980	1,425

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Muestra	D. Mayor (mm)	D. Menor (mm)	Peso Total (gr)	Peso Hoyejo (gr)	Peso Pepitas (gr)	Nº Pepitas	Peso Pulpa (gr)
B8	13,280[b]	13,063[b]	1,647	0,174	0,091	1,920	1,382
Promedio	13,775	13,499	1,682	0,177	0,094	1,935	1,411
Desv Est	0,350	0,311	0,030	0,003	0,006	0,065	0,023
Sig	0,005	0,018	0,270	0,439	0,377	0,144	0,411
2020							
B1	12,502	11,893	1,615	0,170	0,091	2,010	1,354
B3	12,276	11,638	1,596	0,169	0,091	1,990	1,336
B5	12,096	11,500	1,574	0,166	0,089	2,040	1,318
B8	12,117	11,523	1,576	0,166	0,088	2,000	1,321
Promedio	12,248	11,638	1,590	0,168	0,090	2,010	1,332
Desv Est	0,187	0,180	0,020	0,002	0,001	0,022	0,016
Sig	0,423	0,442	0,464	0,490	0,473	0,867	0,443
ANOVA							
Bancal	***	***	***	***	ns	***	***
Año	***	***	***	***	***	***	***
Año*Bancal	***	***	***	***	***	***	***

Letras diferentes en columna indican diferencias significativas entre bancales. Los asteriscos indican el grado de significación para p< 0,05 (HSD-Tukey). *** p < 0,001, ** p< 0,01, * p < 0,05. ns indica diferencias no significativas

En la caracterización física de las bayas en 2018, vemos que la pulpa representa el 82,20 % del peso, mientras que el hollejo y las pepitas representan respectivamente el 11,25 % y 6,55 % del peso, con 1,64 pepitas por grano de uva. En 2019, vemos que la pulpa representa el 84,24 % del peso, mientras que el hollejo supone el 10,54 % y las pepitas el 5,19 %, con 1,94 pepitas por baya. En 2020, la pulpa representa el 83,82 % del peso, mientras que el hollejo supone el 10,53 % y las pepitas el 5,65 %, con 2,01 pepitas por baya (Figura 74).

Respecto a la caracterización física de la baya, podemos ver que los parámetros se mantienen bastante homogéneos en las tres campañas evaluadas, con diferencias significativas en todos los parámetros para el año 2018 (Tabla 67), debido a las medidas de las bayas del bancal 5. Las principales diferencias son atribuibles a las diferentes condiciones climáticas y productivas de cada campaña, mientras que la relación entre el peso del grano de uva y su esfericidad, al valorar los datos de 2018 respecto a los de 2020, muestran valores afectados por la amplia tolerancia de la medición, sin que se apreciase variación en la forma de las bayas. El peso de la baya es inferior al obtenido por García et al. (2010) para la misma variedad en Asturias (Albarín blanco), donde obtiene un peso medio de la baya de 2,124 gr; igualmente Moreno-Sanz, (2011) reporta valores de 2,300 gr por baya, muy superiores al valor obtenido 1,592 gr, lo que representa un 69% del peso obtenido para la variedad en Asturias.

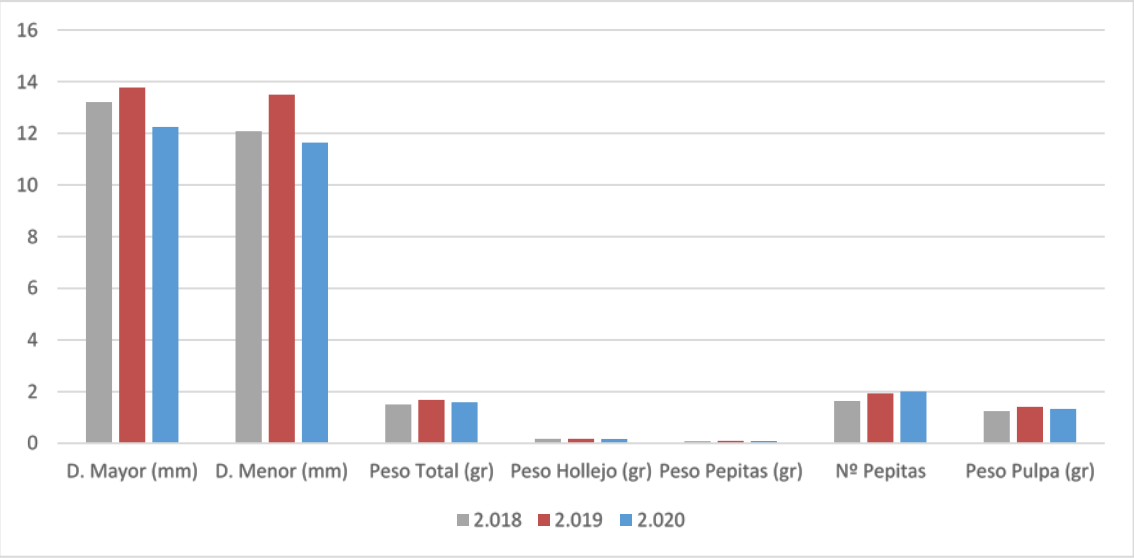


Figura 74. Comparativo parámetro físicos de la baya 2018-2020

Anteriormente comentábamos la influencia sobre la producción del tamaño de la baya y su vínculo con el estrés hídrico que sufría la planta, esto se debe a que la respuesta de la vid a la falta de agua depende de la intensidad con que se produzcan las situaciones deficitarias, pues para compensar la transpiración diurna las vides se rehidratan por la noche, compensando así lo perdido por el día y que no puede ser absorbido por las raíces al mismo ritmo que se cambia con la atmósfera.

Estos periodos de estrés afectan al crecimiento de las bayas, especialmente durante el periodo herbáceo, donde la baya es muy sensible al déficit de agua, debido a que la baja concentración de azúcares en la misma reduce la presión osmótica dentro del grano, haciendo fácil la retirada de agua con destino a otros órganos, mientras que, en el periodo de maduración con una elevada concentración de azúcar, el tamaño del grano se mantiene más estable frente al estrés (Lissarrague, 2012).

Parece pues, que la producción de Blanco Lexítimo podría verse afectada por el estrés hídrico durante el periodo floración-envero, que limitaría el crecimiento de la baya y el peso del racimo, si bien no se ha podido establecer una correlación significativa del peso del racimo o de la baya con los niveles de potencial hídrico del suelo o el balance hídrico del mismo.

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

4.4. Caracterizacion enológica

4.4.1. Caracterización de los mostos de Blanco Lexítimo

4.4.1.1. Composición mineral de los mostos

Se evaluó la composición mineral de los mostos de Blanco Lexítimo. Con el objetivo de ver la influencia varietal en la composición, se analizó también una variedad de referencia ampliamente distribuida en Ribeira Sacra como es la variedad Godello, cultivada en la parcela experimental en las mismas condiciones que la Blanco Lexítimo (Tabla 68).

Tabla 68. Composición mineral (mg/l) de los mostos de Blanco Lexitímo y Godello (2018-2020)

Composición mineral de los mostos (mg/l)												
Campaña	**Variedad**	**Ca**	**Cu**	**K**	**Mg**	**Mn**	**Na**	**Zn**	**Al**	**B**	**Fe**	**P**
2018	Blanco Lexítimo	29,37	0,39	1.555,24	73,2	5,34	2,66	0,31				
	Godello	25,2	0,36	1.898,66	51,21	3,04	1,31	0,26				
2019	Blanco Lexítimo	28,87	0,41	1.464,89	72,92	6,22	2,72	0,33	0,07	0,77	0,04	104,76
	Godello	30,04	0,36	1.193,84	56,11	3,6	2,22	0,35	0,07	0,57	0,07	81,67
2020	Blanco Lexítimo	27,88	0,63	1454,8	76,46	6,96	1,53	0,25	1,03	0,02	104,51	27,88
	Godello	26,87	0,52	1313,24	48,66	4,04	1,67	0,25	0,73	0,02	84,24	26,87
ANOVA												
Año		ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Variedad		ns	ns	ns	*	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Los asteriscos indican el grado de significación para p< 0,05 (HSD-Tukey). *** p < 0,001, ** p< 0,01, * p < 0,05. ns indica diferencias no significativas

Analizando los resultados de cada compuesto individualmente vemos que, durante las campañas 2018, 2019 y 2020, la concentración de calcio se mantiene en niveles semejantes para ambas variedades, presentando valores por debajo de los 70-80 mg/l que habitualmente se señalan como el valor a partir de cual se podrían formar sales (tartrato cálcico) que diesen lugar a precipitados en el vino.

Los niveles de cobre son siempre ligeramente superiores en Blanco Lexítimo respecto a Godello y claramente más elevados en la añada 2020, donde tenemos niveles por debajo del máximo legal permitido de 1 mg/l (OIV, 2016). En el caso de Blanco Lexítimo, nos encontramos valores de 0,63 mg/l, a partir de los cuales se incrementa el riesgo de quiebra cúprica en vino (precipitación de compuestos formados por reacciones de foto-oxidación en presencia de luz o alta temperatura y proteínas).

Los niveles de potasio, cuyo contenido en mostos está relacionado su nivel en hojas (García-Escudero et al. 2001; Franco, 2004), puede ocasionar un aumento de pH en mostos (Zamboni y Fregoni, 1991), por la precipitación de ácido tartárico salificado con K (bitartrato potásico), afectando a la calidad del vino. En el caso de Blanco Lexítimo y Godello, presentan valores muy superiores a los encontrados para la variedad Godello en la D.O. Ribeiro (Freijido, 2012), donde encontraron valores por debajo de 1.000 mg/l. Los mismos autores, que también analizaron los contenidos de magnesio, encontraron valores muy semejantes a los nuestros para la variedad

Godello, mientras que podemos observar que Blanco Lexítimo, presenta siempre valores superiores a Godello.

Los niveles de manganeso que resultan siempre muy superiores en Blanco Lexítimo respecto a Godello, aunque los procesos de vinificación y clarificación los reducirán en gran medida, son importantes, pues recientemente este metal pesado ha adquirido trascendencia por los límites aduaneros establecidos por determinados países (2 mg/l en vino) que pueden suponer un problema y que por tanto deben ser considerados. Trabajos llevados a cabo por el grupo de investigación Proepla-USC, dentro del Proyecto CDTI IDI-20131155 "Análisis de Mn, Cu y Zn e implementación de herramientas de control. Fertirrigación y quimirrigación", han puesto de manifiesto la influencia de la aplicación de determinados productos fitosanitarios ricos en este metal, como Mancozeb, que se fijan sobre la pruina y pueden pasar al mosto y por tanto debe ser tenido en cuenta en la fase de vinificación. Los niveles más elevados de Blanco Lexítimo respecto a Godello, que son de todos modos moderados y en línea con lo obtenido en el citado proyecto, pueden deberse a la menor compacidad del racimo que permite que se mantengan más restos de fitosanitarios en el raspón y la zona interior del racimo, difíciles de lavar por la lluvia y tal vez por una mayor tendencia de la variedad a acumular este compuesto.

Los niveles de sodio se han mantenido siempre en niveles muy bajos en ambas variedades debido a las condiciones de suelo y ambientales de Ribeira Sacra (límite en vino 60 mg/l) (OIV, 2016). También los valores de zinc son moderados y alejados de los límites legales (límite 5 mg/l) (OIV, 2016). Los valores de concentración de aluminio se incrementaron enormemente durante la cosecha 2020, superando en el mosto de Blanco Lexítimo la concentración de 1 mg/l, si bien durante el proceso de fermentación se rebajarán enormemente los niveles, debe recopilarse información adicional para clarificar este incremento.

Los niveles de boro, superiores en la añada 2019 y en el Blanco Lexítimo sobre el Godello, se mantienen bajos y muy alejados de los límites legales en vino (80 mg/l) (OIV, 2016).

Los niveles de hierro resultan mucho más elevados en la cosecha 2020, con niveles por encima de los 100 mg/l para el Blanco Lexítimo. Es difícil explicar el origen de estos niveles en los mostos, respecto a 2019, teniendo en cuenta que niveles superiores a 5-10 mg/l pueden dar lugar a insolubilizaciones en vino, creando precipitados y una enorme tendencia a la oxidación de los vinos. Parece más probable una contaminación de la muestra, puesto que los vinos elaborados posteriormente no presentaron problemas.

USC DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Los niveles de fósforo han resultado más elevados durante la cosecha 2019, así mismo, sus valores siempre resultan un tanto superiores en Blanco Lexítimo respecto a Godello.

El análisis de la varianza (ANOVA), muestra un efecto significativo de la añada en la concentración de cobre, mientras que la variedad afecta significativamente a los niveles de

magnesio y manganeso. En general podemos ver que la composición mineral de Blanco Lexítimo presenta unas concentraciones más elevadas que la variedad Godello.

4.4.1.2. Composición físico-química de los mostos

Para evaluar la composición físico-química de Blanco Lexítimo, durante las campañas 2018, 2019 y 2020, en el momento de vendimia, se analizaron azúcares, pH, acidez total, ácidos málico, tartárico y cítrico, índice de polifenoles totales (IPT), nitrógeno asimilable por las levaduras (YAN), nitrógeno libre (FAN) y nitrógeno amoniacal. Adicionalmente para complementar la información sobre la evolución de estos parámetros durante la maduración, en las cosechas 2019 y 2020, se analizaron para Blanco Lexítimo los mismos parámetros en dos momentos (M1, 2 semanas antes de vendimia y M2, 1 semana antes de vendimia) (Tabla 69).

Tabla 69. Composición físico-química de los mostos de Blanco Lexítimo durante la maduración (2019-2020)

Año	Blanco Lexítimo	Azúcares (g/L)	pH	A.Total (g/L)	A. Tartárico (g/L)	A. Cítrico (g/L)	A. Málico (g/L)	IPT	YAN (mg/L)	FAN (mg/L)	N. Amon (mg/L)
2019	M-1	202,90	2,90	10,00	3,50	0,30	5,90	9,60	198,30	120,80	77,30
	M-2	225,00	3,10	7,50	3,20	0,30	4,70	10,60	228,90	151,90	77,10
	Vendimia	230,10	3,10	7,20	2,60	0,30	3,80	10,90	208,60	142,10	66,90
2020	M-1	231,00	2,90	9,10	4,00	0,30	4,70	10,60	239,10	138,30	100,90
	M-2	261,70	3,00	7,00	2,80	0,30	3,60	11,70	255,00	169,30	85,40
	Vendimia	285,90	3,20	6,10	3,10	0,30	3,00	12,20	254,90	168,10	86,60

Al comparar la evolución de los parámetros químicos de la variedad Blanco Lexítimo durante la maduración en las campañas 2019 y 2020, podemos observar que la maduración fue mayor en la cosecha 2020 ya que los azúcares fermentables (glucosa y fructosa) mostraron un mayor valor, mientras que la acidez total se mantuvo en valores inferiores. Respecto al nitrógeno asimilable por las levaduras (YAN), en vendimia muestra valores superiores a 150 mg/L en ambas cosechas, lo que debe permitir conducir la fermentación alcohólica sin deficiencias nutricionales para las levaduras y por tanto con una buena cinética fermentativa (Vilanova et al. 2007).

Al observar la evolución de los parámetros durante las tres últimas semanas de maduración en las cosechas 2019 y 2020, podemos ver el incremento en la concentración de azucares, que resulta especialmente remarcable en 2020, pues se incrementa la concentración un 9 % en la última semana, sobre un nivel de partida ya elevado (261,7 gr/l), mientras que en 2019 el incremento se mantuvo en torno al 2 %, un fenómeno semejante podemos observar con la acidez total, donde en 2020 en la última semana continuó cayendo fuertemente su concentración (0,9 gr/l), mientras que en 2019 la caída fue mucho menos acusada (0,3 gr/l).

Para poner en perspectiva los valores obtenidos para la variedad Blanco Lexítimo, también se analizó la composición físico-química de la variedad Godello en el momento de vendimia, cultivada en la parcela de ensayo en las mismas condiciones (Tabla 70).

Tabla 70. Composición fisico-química de mostos de Blanco Lexítimo y Godello (2018-2020)

Año	Variedad	Azúcar	pH	A. Total	A. Tartárico	A. Cítrico	A. Málico	IPT	YAN	FAN	N. Amon
		(g/l)		(g/l)	(g/l)	(g/l)	(g/l)		(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
2018	B Lexítimo	216,60	2,90	7,80	3,90	0,40	4,30	7,80	199,60	111,50	88,40
	Godello	204,80	3,00	4,70	4,00	0,20	1,90	8,90	149,00	81,00	68,30
2019	B Lexítimo	230,10	3,10	7,20	2,60	0,30	3,80	10,90	208,60	142,10	66,90
	Godello	244,90	3,00	5,90	2,90	0,20	2,50	11,80	143,70	98,70	45,70
2020	B Lexítimo	271,60	3,10	6,80	4,10	0,30	1,60	18,60	292,00	207,00	85,00
	Godello	213,70	2,90	7,60	5,20	0,30	2,50	13,10	238,00	132,00	107,00
ANOVA											
Año		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns
Variedad		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns

Los asteriscos indican el grado de significación para p< 0,05 (HSD-Tukey). *** p < 0,001, ** p< 0,01, * p < 0,05. ns indica diferencias no significativas

El análisis de la varianza muestra que, aunque ambas variedades difirieron en su composición química, únicamente en el parámetro YAN ya que muestran diferencias significativas entre cosechas y variedades.

Las variedades Blanco Lexítimo y Godello se comportaron como variedades precoces, pues en las condiciones de moderada insolación y temperatura de la parcela experimental, respecto a otras zonas de la D.O., alcanzaron una adecuada concentración de azúcares en la fecha de vendimia. Al tratar de relacionar la concentración de azúcar de cada añada con la producción de uva, los resultados no acaban de ser concluyentes, pues si bien en 2018 vemos que Blanco Lexítimo produciendo 3,46 Kg/planta alcanza una concentración de azúcar superior a Godello (2,19 Kg/planta), en 2019 esta lógica se ve invertida y con mayor producción (1,73 Kg/planta) consigue una mayor concentración de azúcar que Blanco Lexítimo (0,87 kg/planta), en 2020 los resultados se alinean con lo esperable y la baja producción de Blanco Lexítimo (1,11 Kg/planta) frente a Godello (2,22 Kg/planta) dispara la concentración de azúcar hasta los 271,60 gr/l. Parece pues, que la variedad Blanco Lexítimo, se muestra sensible a los fenómenos de estrés hídrico, como ya comentamos al evaluar la fisiología, que parecen inducir fenómenos de sobremaduración y perdida de agua de la baya, lo que se traduce en una fuerte concentración de azúcares, manifestándose este fenómeno con mayor intensidad que en la variedad Godello.

Respecto al nitrógeno asimilable por las levaduras (YAN), Blanco Lexítimo muestra valores superiores a 150 mg/l (cantidad mínima necesaria para el buen desarrollo de la fermentación

alcohólica), mientras que Godello, en las cosechas 2018 y 2019 no alcanza el valor mínimo necesario debido a los bajos valores de nitrógeno amoniacal.

Adicionalmente se evaluó la composición de los mostos de la variedad Godello de viticultores, Santa Cubicia y Vilar do Mato (Godello Vt), de otra zona de la D.O (Quiroga-Bibei), durante las campañas 2018 y 2019 para conocer su comportamiento y poder compararlo con el comportamiento mostrado en San Victorio (Parcela experimental) (Tabla 71).

Tabla 71. Composición físico-química de los mostos de Godello y Godello Vt (2019-2020)

Año	Variedad	Azúcar	pH	A. Total	A. Tartárico	A. Cítrico	A. Málico	IPT	YAN	FAN	N. Amon
		(g/l)		(g/l)	(g/l)	(g/l)	(g/l)		(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
2019	Godello	244,90	3,00	5,90	2,90	0,20	2,50	11,80	143,70	98,70	45,70
	Godello Vt	224,10	3,05	4,90	3,05	0,20	2,35	8,75	120,65	83,80	36,70
2020	Godello	213,70	2,90	7,60	5,20	0,30	2,50	13,10	238,00	132,00	107,00
	Godello Vt	246,82	3,15	4,68	3,17	0,22	1,93	10,53	143,45	98,88	44,48
ANOVA											
Año		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Variedad		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Los asteriscos indican el grado de significación para p< 0,05 (HSD-Tukey). *** p < 0,001, ** p< 0,01, * p < 0,05. ns indica diferencias no significativas

Los resultados muestran que la variedad Godello de la parcela experimental y la variedad Godello de viticultores cultivada en la subzona Quiroga-Bibei, difieren en su composición y claramente la influencia de la zona de cultivo y la añada no pueden explicar de modo significativo por si solas las variaciones en los parámetros analíticos, como se desprende el análisis de la varianza (ANOVA). Sin embargo, podemos ver algunas tendencias interesantes, partiendo de la base de que la parcela experimental se encuentra en un área climática mucho más fresca que la zona de cultivo de los viticultores. Además los suelos y la estructura del terreno también difieren significativamente, valle de suelos arcillosos y profundos de naturaleza aluvial con numerosos cantos rodados, típicos del valle de Quiroga, frente a las terrazas de pizarra a elevada cota de la parcela experimental.

Al evaluar el pH y la acidez, vemos como el Godello en las condiciones de cultivo más frescas de la parcela experimental es capaz de conservar la acidez mucho mejor, incluso cuando como en 2019, la concentración de azúcar es mucho más elevada.

Respecto a los valores de YAN, vemos de nuevo que la variedad Godello no alcanza unos niveles suficientes de NFA que permitan realizar la fermentación alcohólica de forma adecuada, resultando este fenómeno más acusado en las parcelas de los viticultores en un área más cálida.

Para valorar de modo conjunto los resultados obtenidos, se ha representado gráficamente, mediante un análisis de componentes principales (ACP), la relación entre las variedades Blanco

Lexítimo, Godello y Godello Viticultores en distintos años y zonas de la D.O. Ribeira Sacra en función de los parámetros químicos analizados en los mostos (Figura 75).

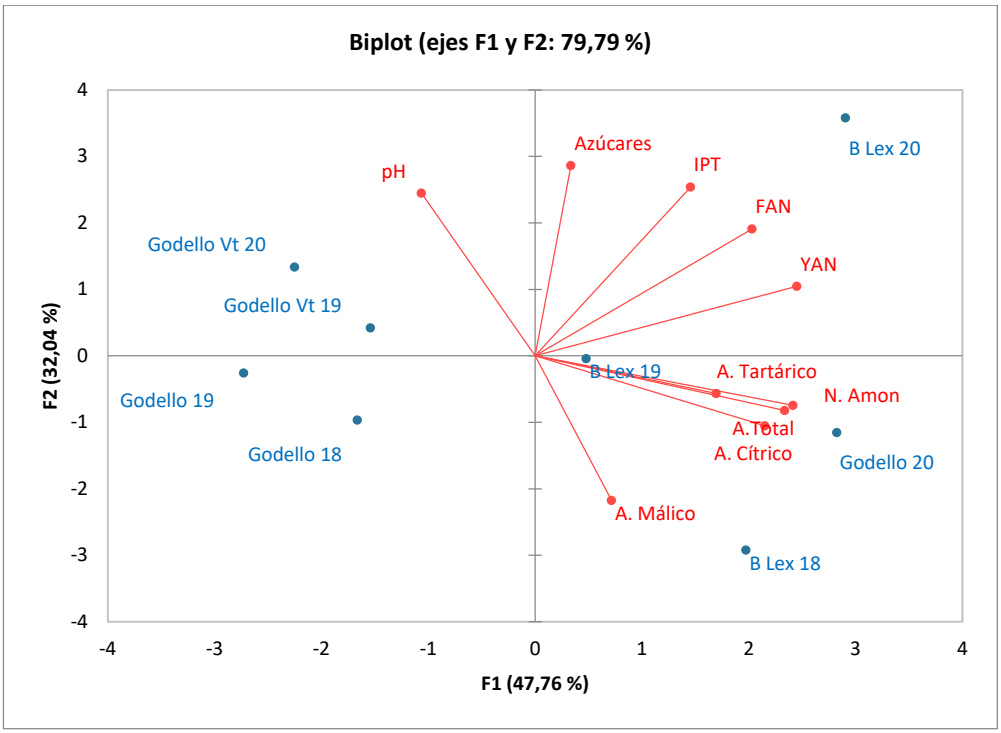


Figura 75. ACP de parámetros químicos de los mostos de Blanco Lexítimo (B Lex) y Godello de la parcela experimental (Godello) y Godello de viticultores (Godello Vt). (2018-2020)

En el ACP vemos que los dos componentes principales explican el 79,79 % de la variabilidad (47,46 % en el PC1 y 32,04 % en el PC2), mientras que al valorar la distribución vemos que no se consigue una buena agrupación de los mostos varietales ni añadas. Así la variedad Godello, salvo para la añada 2020, se sitúa en la parte negativa PC1, con el Godello de la parcela experimental siempre en el lado positivo del PC2. La Blanco Lexítimo siempre se sitúa en lado positivo PC1, caracterizado por azúcares, ácidos, IPT, FAN, YAN y N amoniacal, aunque mostrando una gran variabilidad en torno al PC2. En general vemos que no se consigue una buena agrupación de los resultados en función únicamente de la variedad y de la añada, repitiéndose lo visto en el análisis de la varianza y confirmando la composición físico-química de los mostos la complejidad de un territorio como Ribeira Sacra, donde la amplitud de las variables que afectan al cultivo dificulta enormemente la modelización del mismo.

Respecto al equilibrio físico-químico de la variedad Blanco Lexítimo en Ribeira Sacra respecto a otras zonas geográficas, vemos que, en relación a los resultados obtenidos en la zona vitícola de Betanzos por el CSIC y la EVEGA (Fundación Juana de Vega, 2012), en Ribeira Sacra Blanco Lexítimo obtiene una mayor concentración de azúcar y una menor acidez, que siendo elevada en

la parcela experimental, se mantiene bien por debajo de los valores de 10 gr/l de acidez total que frecuentemente se registran en la zona de Betanzos, proporcionando unos mostos más equilibrados para su vinificación.

4.4.1.3. Composición aromática de los mostos

Uno de los aspectos que más influye sobre el carácter y estilo de un vino es su perfil aromático, que está determinado por la variedad, principalmente en cuanto al tipo de compuestos que podemos encontrar, mientras que las concentraciones relativas de los mismos van a depender en gran medida de las condiciones edafoclimáticas y de manejo del cultivo (Vilanova et al. 2009). Una gran parte de los compuestos aromáticos se sintetizan rápidamente al comienzo de la maduración (Belancic y Agosin, 2007), así, en la etapa post-envero se acumulan rápidamente elevadas concentraciones de terpenos que posteriormente van a ir disminuyendo su tasa de síntesis hasta alcanzar su máxima concentración en un momento próximo a la cosecha. Por este motivo, los terpenos constituyen uno de los principales compuestos varietales, que se encuentran en forma libre y glicosilada en el mosto y resultan buenos indicadores de la tipicidad de un vino y del potencial de un terroir para obtener una buena expresión de una variedad. Lo mismo ocurre con los carotenoides, que son los precursores de los C13-norisoprenoides que juegan un papel fundamental en la composición aromática varietal de un vino. Los terpenos y los C13- norisoprenoides constituyen la base de la tipicidad de las variedades aromáticas, por su bajo umbral de percepción y por la influencia que tienen sobre la percepción sensorial del mismo (Vilanova y Oliveira, 2017). Otras familias de compuestos volátiles (esteres, alcoholes, Compuestos C6, aldehídos, ácidos, fenoles volátiles, …) están implicadas en el aroma de mostos resultando también fundamentales en la composición aromática final del vino.

Para valorar su potencial aromático se analizó la composición volátil de los mostos de Blanco Lexítimo, durante las campañas 2018, 2019 y 2020, siguiendo los procedimientos descritos en material y métodos. Al igual que con los parámetros físico-químicos, para complementar la información sobre la evolución de los compuestos aromáticos durante la maduración, en las cosechas 2019 y 2020, se analizaron para la variedad Blanco Lexítimo los mismos parámetros en dos momentos previos a la vendimia (M1, 2 semanas antes y M2, 1 semana antes de vendimia).

La composición volátil total corresponde a la suma de diferentes familias químicas analizadas: alcoholes, compuestos en C6, terpenos, C13-norisoprenoides, acetatos, ácidos volátiles, fenoles volátiles, lactonas y aldehídos.

En la Figura 76 se muestra la evolución de la composición aromática a lo largo de la maduración durante 2019 y 2020. Como se puede observar, la mayor concentración se registró en 2020 en los tres momentos analizados, coincidiendo con una mejor maduración tecnológica.

También se puede ver una reducción de la concentración en la última semana de maduración en la campaña 2020.

Vilanova et al. (2009) al analizar la evolución de la composición aromática durante la maduración de diferentes variedades gallegas en la zona de Betanzos, encontraron que para la Blanco Lexítimo, no se observaban diferencias significativas en las etapas finales de la maduración mientras que para la variedad Godello, las cantidades totales eran muy superiores cuanto mayor era la madurez de las uvas.

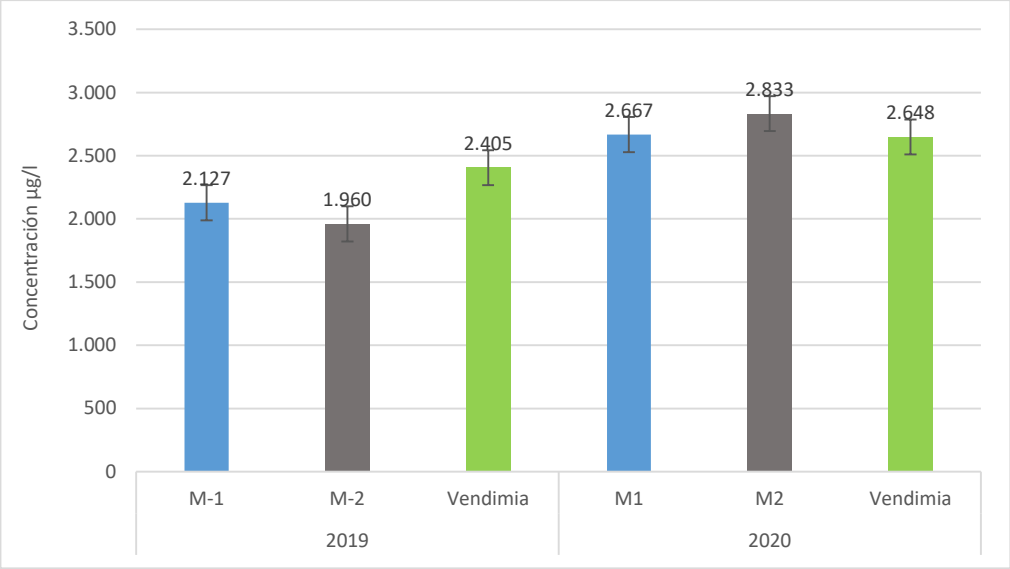


Figura 76. Composición volátil total de Blanco Lexítimo en 3 momentos de la maduración (2018-2019)

Al evaluar cada familia de compuestos individualmente (Tabla 72), vemos como en la cosecha 2019, los alcoholes se incrementan con un pequeño descenso en la medición intermedia, mientras que los compuestos C6 van incrementando su concentración progresivamente, los ésteres disminuyen su concentración, aunque se recuperan ligeramente entre la segunda medición y la vendimia, mientras que los terpenos + C13 norisoprenoides, ácidos y fenoles, incrementan su concentración al avanzar la maduración. Los aldehídos alcanzan su mayor concentración en la vendimia, aunque sufren una fuerte caída en su concentración en la segunda medición.Por otra pate la familia de las lactonas disminuyen lentamente su concentración durante la maduración.

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 72. Evolución de la concentración (µg/l) de las familias de compuestos volátiles durante la maduración de Blanco Lexítimo (2019-2020)

Año	Muestreo	Alcoholes	Comp C6	Esteres	Terpenos+C13	Ácidos	Fenoles Vol.	Aldehídos	Lactonas
2019	M-1	136,72	664,90	854,48	176,14	31,79	36,30	215,88	10,80
	M-2	128,44	712,55	713,01	178,49	32,63	35,89	152,25	6,74
	Vendimia	163,88	875,29	811,03	175,49	47,41	56,24	267,84	8,28
2020	M-1	111,41	2.174,52	76,43	161,35	23,75	8,88	100,22	10,23
	M-2	140,95	2.319,28	86,00	133,75	27,04	8,74	98,40	18,92
	Vendimia	113,89	2.171,97	78,94	127,26	33,41	8,44	92,13	22,41

En la campaña 2020 nos encontramos que, la concentración de alcoholes se incrementa al avanzar la maduración, con valores próximos a los de la campaña 2019. Estos resultados son coincidentes con las observaciones realizadas por otros autores (Gómez et al. 1995) y especialmente las realizadas por Vilanova et al. (2009) en la zona de Betanzos para las variedades Blanco Lexítimo y Godello, que acumularon una mayor concentración de alcoholes libres al avanzar la maduración. En el caso de los compuestos C6, vemos que la concentración es mayor en la cosecha 2020 respecto a 2019, en todas las fases de maduración analizadas. Estos compuestos que aportan los aromas herbáceos presentes en mostos y vinos, se deben a aldehídos que se forman a partir de ácidos grasos insaturados existentes en el hollejo y en la pulpa y que, al romperse la uva en contacto con el aire, sufren un proceso enzimático de oxidación que produce Hexanal y 2-hexenal (Bayonove, 1998). Todas las uvas contienen estos compuestos, sin embargo, niveles muy elevados han sido vinculados a cierta falta de madurez. Es posible que las condiciones de la parcela, elevada altitud y una latitud bastante al norte (que ya se manifestó en la caracterización climática) influyan en la acumulación de estos compuestos, no obstante, los resultados obtenidos en los parámetros clásicos muestras una mayor madurez en la cosecha 2020, lo que se opone a la hipótesis de la falta de madurez. Sin embargo, el efecto más trascendente, por su repercusión sobre la calidad del vino, se debe a la degradación de compuestos terpénicos y C13-norisoprenoides (reducción >20 %) ocasionado por un fenómeno de sobremaduración durante 2020, debido a las cálidas condiciones de la añada, ya observadas en la caracterización climática, cuyas repercusiones también se manifestaron en la fenología y en la composición química y que vienen a coincidir con las observaciones realizadas por otros autores sobre otras variedades (Reynolds et al. 1996; Zoecklein et al. 2008). Para la añada 2019, se obtienen mayores concentraciones a medida que avanza la maduración, resultados esperables y que ya fueron descritos por Bayonove (1998) sobre la variedad Moscatel y confirmados sucesivamente para diferentes variedades de uva, como Albillo (Sánchez-Palomo et al. 2007) o Blanco Lexítimo (Vilanova et al. 2009). Estos resultados ponen de manifiesto la necesidad de

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO

conseguir una buena exposición de los racimos, que favorezca la síntesis de compuestos aromáticos (Otero, 2015), al tiempo que se deben evitar excesos de temperatura y fenómenos de sobremaduración, a los que Blanco Lexítimo muestra una elevada sensibilidad, como se observa en 2020. Esto nos indica también que, en la Ribeira Sacra, se deben buscar las zonas más frescas y con exposiciones a medio día moderadas para la implantación de la variedad.

Los ácidos y las lactonas incrementaron su concentración a medida que avanzaba la maduración, mientras que los fenoles se mantuvieron más o menos estables y los aldehídos redujeron su concentración de modo significativo en la fase final de maduración.

Para poder tener una referencia con la que comparar Blanco Lexítimo, también se analizó la composición volátil de la variedad Godello (cultivada en las mismas condiciones) en el momento de la vendimia y en las tres añadas de estudio (Figura 77). A nivel de composición volátil total, de nuevo, vemos que la cosecha 2020 mostró una tendencia a alcanzar mayores concentraciones en ambas variedades, coincidiendo con una mayor maduración en esta cosecha respecto a 2018 y 2019. En las cosechas 2018 y 2020, la variedad Godello alcanzó la mayor concentración de compuestos volátiles, mientras que en 2019 fue Blanco Lexítimo quien acumuló mayor concentración total de compuestos. El análisis de la varianza (ANOVA) no muestra diferencias significativas entre variedades y tampoco entre años.

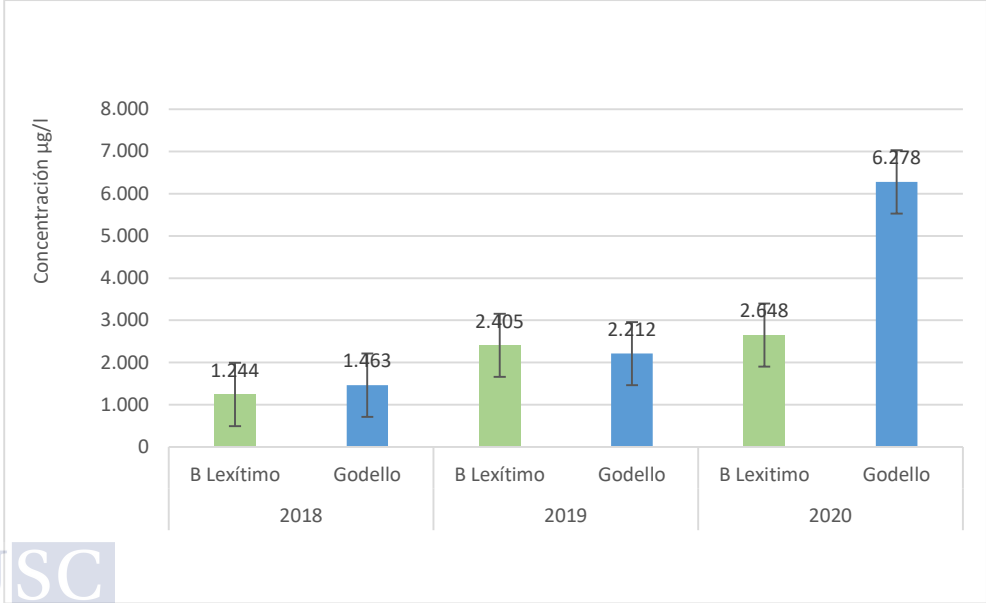


Figura 77. Composición volátil total (µg/l) de los mostos de Blanco Lexítimo y Godello (2018-2020)

Al analizar la composición volátil de las variedades Godello y Blanco lexitimo por familias de compuestos y por cosechas, vemos que 2018 fue la campaña con menor concentración de volátiles, excepto para compuestos C6. Los compuestos en C6 fueron la familia mayoritaria en ambas variedades, si bien Godello mostró en todos los casos unos valores superiores, muy especialmente en 2020, donde la concentración de estos compuestos supuso más del doble que en Blanco Lexítimo. La variedad Godello en la cosecha 2020 tuvo una maduración incompleta como muestra su alta acidez total y su baja concentración de azucares. Resultados similares fueron mostrados por Vilanova et al. (2009), en un estudio comparativo de las variedades de Betanzos, encontrando un aumento de la concentración de compuestos C6 en Godello y Serradelo, mientras que las concentraciones en Agudelo y Blanco Lexítimo se mantenían más o menos estables.

Tabla 73. Composición volátil (µg/l) por familias de compuestos de los mostos de Blanco Lexítimo y Godello (2018-2020)

Año	Variedad	Alcoholes	Comp C6	Esteres	Terpenos+C13	Ácidos	Fenoles vol	Aldehídos	Lactonas
2018	B Lexítimo	28,23	1.066,07	nd	47,14	37,64	nd	64,56	nd
	Godello	32,74	1.156,57	nd	3,17	54,97	nd	211,71	3,71
2019	B Lexítimo	163,88	875,29	811,03	175,49	47,41	56,24	267,84	8,28
	Godello	93,66	1.000,71	652,42	106,78	41,49	21,29	286,05	9,69
2020	B Lexitimo	113,89	2.171,97	78,94	127,26	33,41	8,44	92,13	22,41
	Godello	234,67	4.955,44	319,11	139,37	105,37	27,22	467,38	29,68
ANOVA									
Año		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
Variedad		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Los asteriscos indican el grado de significación para p< 0,05 (HSD-Tukey). *** p < 0,001, ** p< 0,01, * p < 0,05. ns indica diferencias no significativas

Al evaluar las familias de los terpenos y C13 norisoprenoides, vemos de nuevo que la cosecha 2018 es la de menor concentración en ambas variedades (Tabla 74). La variedad Blanco Lexítimo resultó ser más terpénica que Godello, resultando la concentración de norisoprenoides similar en ambas variedades.

Tabla 74. Concentración de terpenos y C13-norisoprenoides (µg/l) en mostos de Blanco Lexítimo y Godello (2018-2020)

Compuesto	2018		2019		2020	
	B Lexítimo	Godello	B Lexítimo	Godello	B Lexítimo	Godello
Terpenos	47,14	3,17	88,51	11,77	83,99	46,20
C13-Norisoprenoides	nd	nd	86,98	95,01	43,27	93,17

Al igual que en la composición físico-química, también se estudió la composición aromática de la variedad Godello en otra zona de la D.O. Ribeira Sacra (Subzona Quiroga-Bibei), durante las campañas 2019 y 2020, para tratar de ver las diferencias de comportamiento por efecto del ambiente (Tabla 75).

Tabla 75. Composición volátil (µg/l) de mostos de Godello y Godello de viticultores (2019-2020)

Año	Variedad	Alcoholes	Comp C6	Esteres	Terpenos+C13	Ácidos	Fenoles vol	Aldehídos	Lactonas
2019	Godello	93,66	1.000,71	652,42	106,78	41,49	21,29	286,05	9,69
	Godello Vt	133,81	1.004,34	822,76	166,09	70,01	61,19	250,38	7,70
2020	Godello	234,67	4.955,44	319,11	139,37	105,37	27,22	467,38	29,68
	Godello Vt	136,83	2.926,73	148,02	277,75	126,76	23,15	292,25	29,68
ANOVA									
Año		ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	*
Variedad		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Los asteriscos indican el grado de significación para p< 0,05 (HSD-Tukey). *** p < 0,001, ** p< 0,01, * p < 0,05. ns indica diferencias no significativas

Al analizar la variedad Godello en función de la localización y la añada respecto a las distintas familias de compuestos, observamos como el Godello de la subzona Quiroga-Bibei (Vt), más cálida que San Victorio, presenta en 2019 valores ligeramente superiores en todas las familias de compuestos respecto a la parcela experimental, salvo aldehidos y lactonas. La concentración de terpenos y C13-norisoprenoides en Godello Vt resulta también superior, incrementándose notablemente en 2020 respecto a los valores de 2019, lo que viene a respaldar la idea ya comentada anteriormente de que Godello, a diferencia de Blanco Lexítimo, no tiende a sufrir una degradación de estos compuestos en condiciones de maduración muy cálidas, sino que estás condiciones contribuyen favorablemente a la síntesis y acumulación de los mismos. Respecto a los compuestos C6, vemos que en la cosecha 2020 incrementa la concentración de estos compuestos, de modo más acentuado en la parcela experimental.

Al tratar de extrapolar a Blanco Lexítimo las conclusiones extraídas de Godello, para el cultivo en otra zona de la D.O. Ribeira Sacra claramente más cálida que la parcela experimental, vemos que los resultados resultan un tanto contradictorios, dado el muy diferente comportamiento varietal, así las condiciones de Quiroga-Bibei, que manifiestan su efecto positivo sobre la acumulación de compuestos aromáticos en la variedad Godello, no resultarían tan positivas para Blanco Lexítimo que podría, en estas condiciones, degradar aún más su concentración de compuestos terpénicos, al tiempo que podría incrementarse significativamente la concentración de compuestos C6, afectando negativamente al perfil organoléptico del vino.

USC DE COMPOSTELA

Para valorar de modo conjunto la composición volátil de los mostos por familias de compuestos, se ha representado gráficamente, mediante un análisis de componentes principales (ACP), la relación entre las variedades Blanco Lexítimo, Godello y Godello Viticultores en distintos años y zonas de la D.O. Ribeira Sacra en función de la composición volátil de los mostos (Figura 78).

El análisis de componentes principales (ACP) mostró que los dos componentes principales explican un 83,55 % de la variabilidad (55,46 % en el PC1 y 28,08 % en el PC2). Se observa que la cosecha tuvo un gran peso a la hora de distribuir las variedades en función de su composición aromática, expresada en familias de compuestos volátiles. La variedad Godello en la añada 2020 se agrupa en la parte positiva del eje PC1, caracterizado por altos niveles de compuestos C6, lactonas y ácidos, mientras que en 2019, Blanco Lexítimo y Godello Vt, se situaron en la parte positiva de ambos ejes, caracterizándose por la concentración de ésteres y fenoles volátiles. Para el resto vemos que no se consigue una buena agrupación, situándose en la parte negativa del PC1.

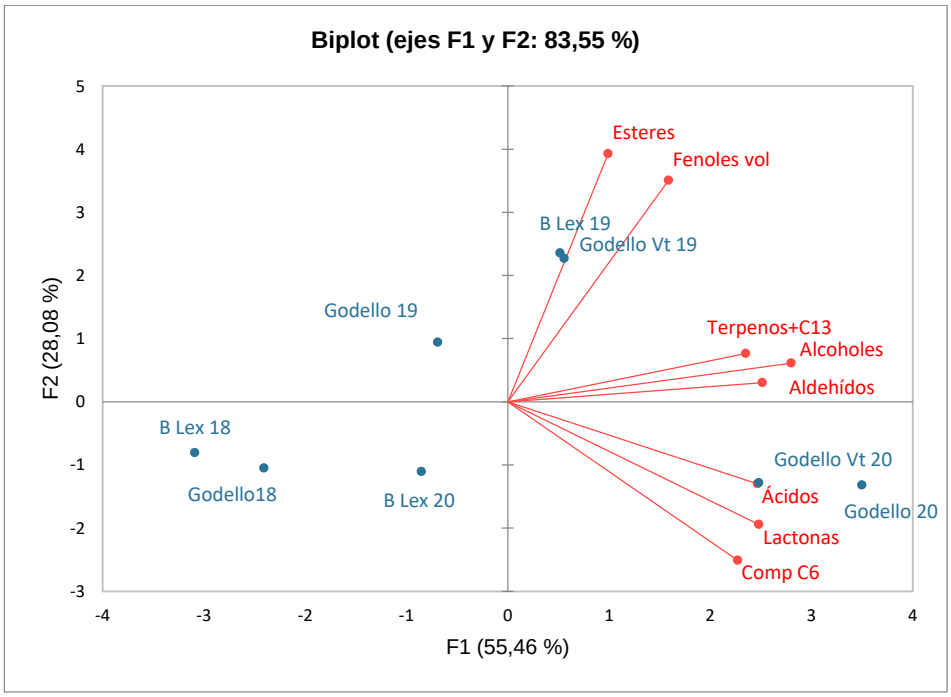


Figura 78. ACP de familias de compuestos volátiles de los mostos de Blanco Lexítimo (B Lex) y Godello de la parcela experimental y Godello de viticultores (Godello Vt) (2018-2020)

Dada la importancia de los compuestos terpénicos y C13 norisoprenoides en la variedad Blanco Lexítimo, hemos estudiado en detalle ambas familias por sus implicaciones en su aroma varietal. La Tabla 76 presenta los resultados de las variedades Blanco Lexitimo y Godello en la

parcela experimental (cosechas 2018-2020) y en Quiroga-Bibei (cosechas 2019 y 2020). Al analizar los compuestos terpénicos, vemos que Blanco Lexítimo esta dominada por el Linalol y sus oxidos en las tres cosechas estudiadas, junto con el Geraniol (2019). En el caso de la variedad Godello se observa una mayor concentración de C13-norisoprenoides dominados por el 3-oxo-7,8-dihidro-alfa-ionol y 3-hidroxi-7,8-dehidro-beta-ionol, sobre todo en el año 2020.

Tabla 76. Compuestos terpénicos y C13-norisoprenoides (µg/l) en B. Lexítimo, Godello y Godello Vt (2018-2020)

	Compuesto (µg/l)	2018		2019			2020		
		B Lexítimo	Godello	B Lexítimo	Godello	Godello Vt	B Lexítimo	Godello	Godello Vt
Terpenos	Linalol	16,36	nd	14,95	nd	4,27	15,89	nd	nd
	Trans piran oxido de linalol	13,67	nd	9,26	nd	1,76	19,39	6,50	16,76
	Cis piran oxido de linalol	1,57	nd	8,48	nd	nd	13,62	9,08	nd
	B-Citronelol	8,65	nd	nd	nd	3,57	3,70	nd	nd
	Terpinen-4-ol	nd	nd	5,38	nd	nd	nd	nd	5,80
	Hotrienol	nd	nd	6,12	nd	nd	nd	nd	nd
	a-terpineol	nd	nd	6,24	nd	nd	nd	nd	nd
	Geraniol	nd	nd	10,84	nd	nd	nd	7,67	nd
	Diendiol I	6,89	nd	3,43	nd	2,55	21,82	9,24	11,32
	Diendiol-II	nd	3,17	12,28	nd	4,87	5,61	13,72	8,93
	E-8-hidroxilinalol	nd	nd	2,79	11,77	25,42	3,96	nd	12,40
	Z-8-hidroxilinalol	nd	nd	8,74	nd	nd	nd	nd	10,50
	Totales Terpenos	47,14	3,17	88,51	11,77	42,44	83,99	46,20	65,70
C13	3,4-dihidro-3-oxo-actinidol i	nd	nd	8,47	7,03	11,02	2,95	nd	6,00
	3,4-dihidro-3-oxo-actinidol ii	nd	nd	9,95	7,62	9,93	3,16	nd	15,82
	3,4-dihidro-3-oxo-actinidol ii	nd	nd	4,71	6,31	9,33	4,89	nd	nd
	3-hidroxi-b-damascenona	nd	nd	4,71	nd	nd	nd	nd	nd
	3-hidroxi-b-damascona	nd	nd	2,86	13,23	nd	nd	23,41	nd
	3-hidroxi-7,8-dihidro-beta-ionol	nd	nd	16,06	12,80	17,43	16,23	nd	nd
	3-oxo-alfa-ionol	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	9,85
	4-oxo-7,8-dihidro-beta-ionol	nd	nd	12,31	21,42	37,02	nd	nd	nd
	3-oxo-7,8-dihidro-alfa-ionol	nd	nd	12,47	15,30	20,55	nd	35,82	81,43
	3-hidroxi-7,8-dehidro-beta-ionol	nd	nd	15,44	11,30	18,36	16,04	33,94	98,94
	Totales C13	0,00	0,00	86,98	95,01	123,64	43,27	93,17	212,04
	Totales Terpenos + C13	47,14	3,17	175,49	106,78	166,09	127,26	139,37	277,75
Totales		1.243,64	1.462,87	2.400,75	2.212,09	2.516,25	2.648,45	6.278,23	3.961,17
% Terpenos		3,79 %	0,22 %	3,69 %	0,53 %	1,69 %	3,17 %	0,74 %	1,66 %
% C13				3,62 %	4,30 %	4,91 %	1,63 %	1,48 %	5,35 %

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

El análisis de componentes principales (ACP) nos permite visualizar gráficamente las diferencias en la composición terpénica según la variedad (Figura 79). Los dos primeros componentes principales PC1 y PC2 explican el 85,85 % de la varianza (54,03 % y 31,81 %

respectivamente). Así vemos que Blanco Lexítimo se sitúa en la parte positiva de ambos ejes, caracterizada por Linalol, Trans y Cis-piran-oxido-de-linalol y Diendiol-I, mientras que ambos Godellos se agrupan en torno a Diendiol-II y E-8-hidroxilinalol.

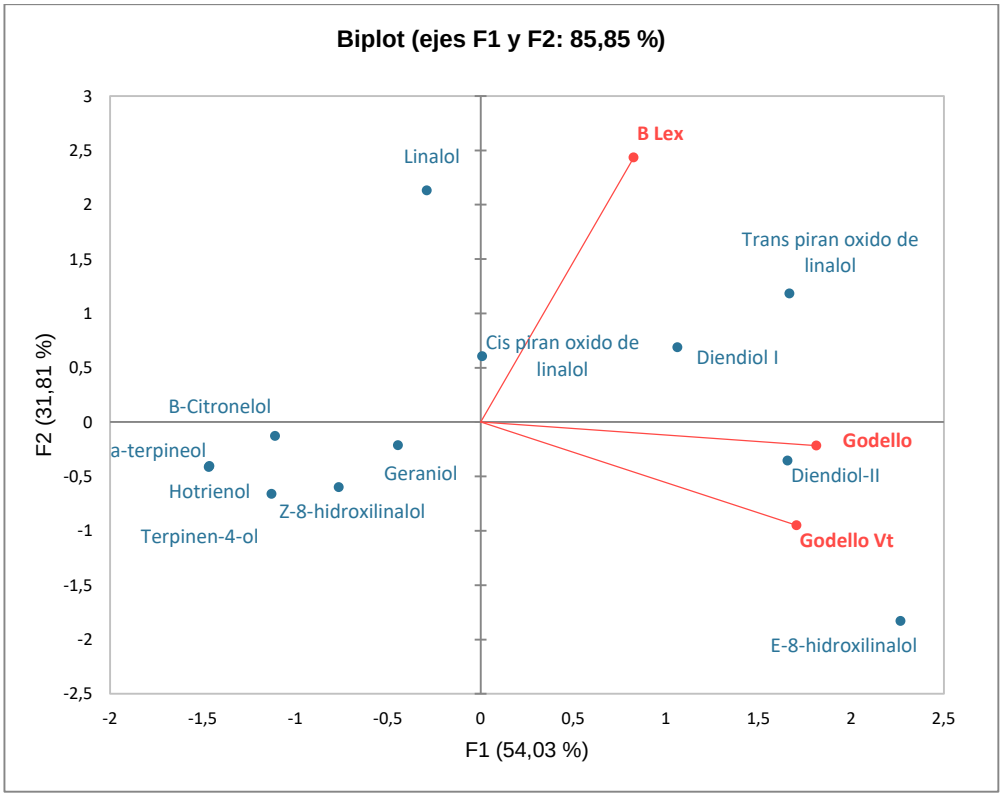


Figura 79. ACP de compuestos terpénicos en mostos de B. Lexítimo, Godello y Godello Vt. Datos promedio 2018-2020

Respecto a la zona vitícola de Betanzos y los trabajos desarrollados por Vilanova et al. (2012), vemos que Linalol y sus óxidos, al igual que en la Ribeira Sacra, resultan mayoritarios, sin embargo, Citronelol, que presenta concentraciones muy relevantes en Betanzos, apenas está presente en Ribeira Sacra. En ambas zonas los compuestos terpénicos resultaron ser mayoritarios respecto a C13-norisoprenoides.

Al analizar los C13-norisoprenoides (Figura 80), el análisis de componentes principales (ACP) nos permite ver como ambos Godellos se agrupan en la parte positiva de los componentes principales PC1 y PC2, que explican el 94,05 % de la varianza, en torno a 3-hidroxi-7,8-dehidro-beta-ionol y 3-oxo-7,8-dihidro-alfa-ionol. Por otra parte, Blanco Lexítimo se sitúa en la parte negativa del PC2 y positiva del PC1, en torno a 3-hidroxi-7,8-dihidro-beta-ionol. Como podemos ver, Godello presenta mayores concentraciones de C13-norisoprenoides que Blanco Lexítimo y a su vez vemos como la zona de Quiroga-Bibei presenta valores más elevados que la zona de Ribeiras do Miño (parcela experimental).

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Respecto a la zona de Betanzos (Vilanova et al. 2012) mostraron que el compuesto mayoritario fue el 3-oxo-alfa-ionol, vemos que en Ribeira Sacra este compuesto no aparece sobre Blanco Lexítimo.

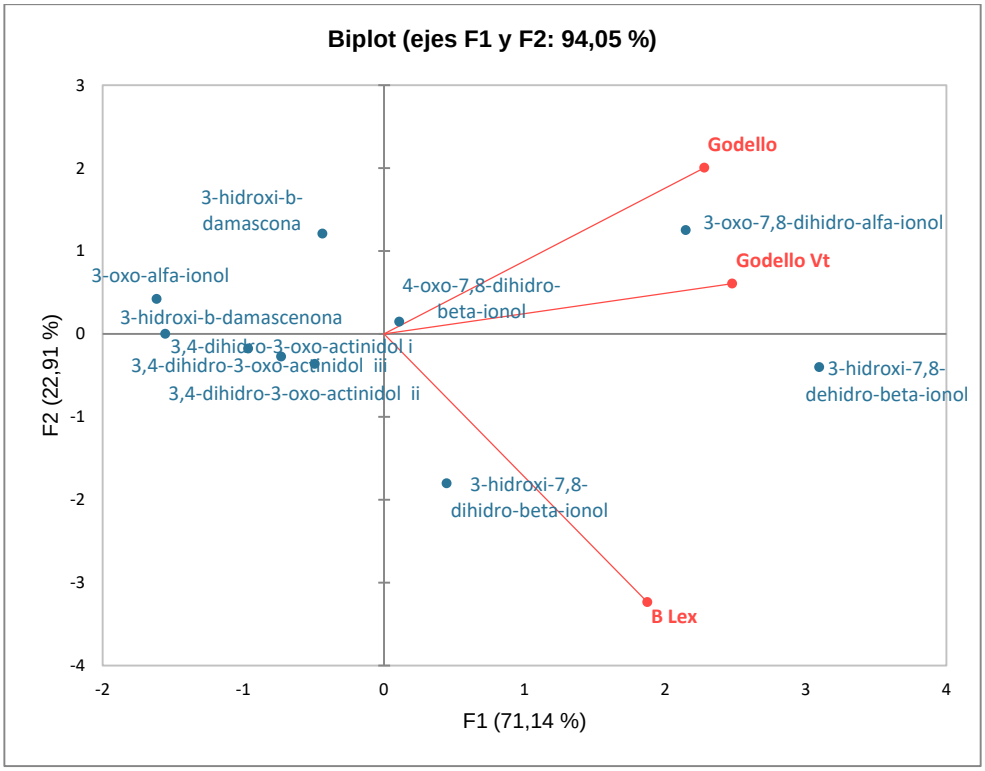


Figura 80. ACP de compuestos C13-norisoprenoides en mostos de B. Lexítimo, Godello y Godello Vt. (Datos promedio 2018-2020)

4.4.2. Caracterización de los vinos de Blanco Lexítimo

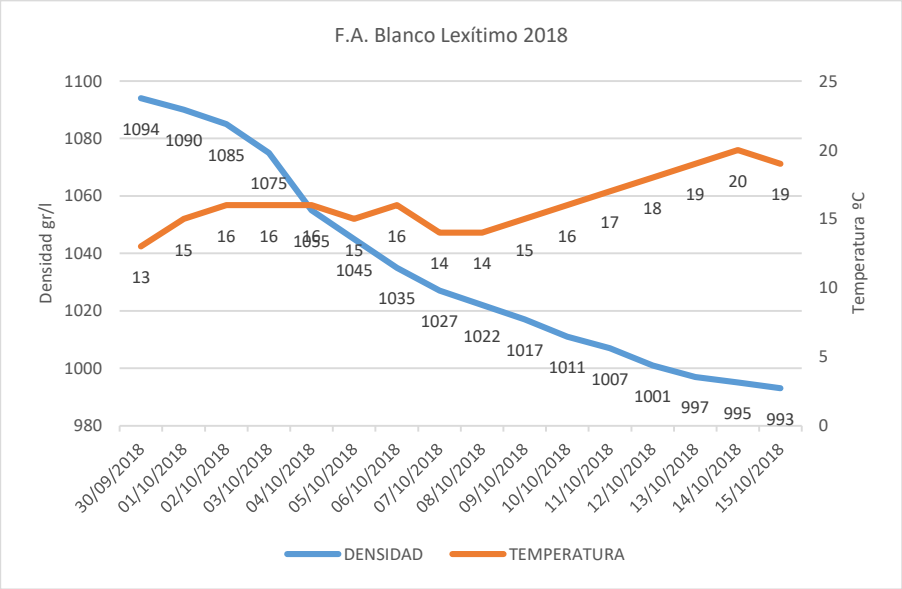
4.4.2.1. Vinificación

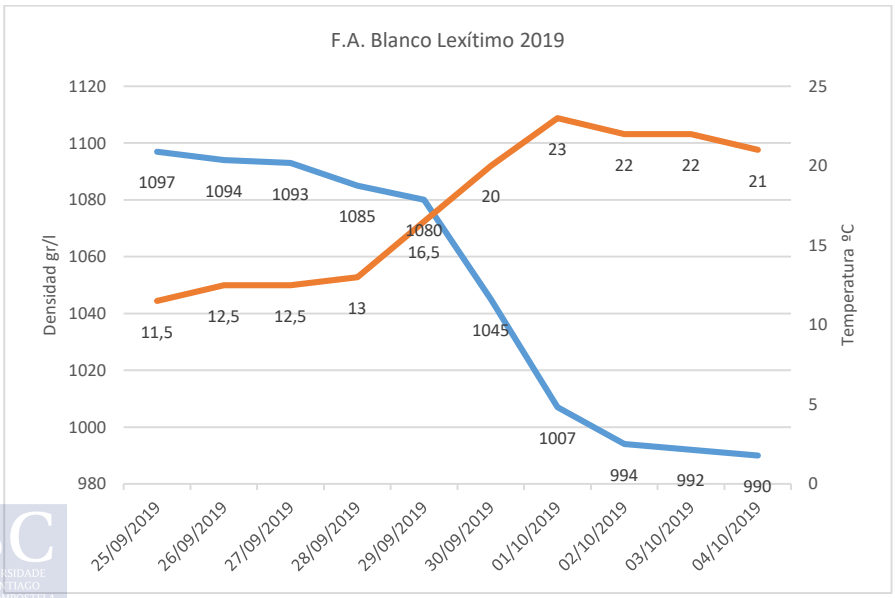
Para ver cómo influye la composición de los mostos en el vino elaborado, se procede a la vinificación del mismo, criándose una parte en depósito de acero, mientras que otra parte se somete a crianza en barrica de roble nueva de 500 litros, lo que nos permitirá evaluar el potencial de la variedad para elaborar vinos de guarda. En la Figura 81, se muestran las dinámicas de fermentación de la variedad Blanco lexitimo en las cosechas 2018-2020.

En la cosecha 2018 el buen control de la temperatura permitió una cinética relativamente lenta, que minimizó el desprendimiento de CO2 y por tanto el posible arrastre de compuestos aromáticos. En 2019, a nivel de cinética fermentativa, el balance mosto/tamaño de depósito, dificultó el control de la temperatura por no tener una buena superficie de contacto con las camisas refrigerantes, lo que ocasionó un rápido incremento de la temperatura durante la aireación de las levaduras y por tanto una cinética más rápida que en 2018, lo que puede ocasionar el arrastre y perdida de algunos compuestos volátiles en el vino y variar las rutas de síntesis de compuestos empleadas por la levadura a temperaturas más bajas.

USC DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

En 2020, debido al elevado nivel de azúcar de partida, se creó un entorno fermentativo más estresante para la levadura, con mayor presión osmótica al comienzo y problemas de toxicidad y permeabilidad de la membrana celular en las fases finales de la F.A. Dadas las condiciones de madurez de los hollejos, la maceración pelicular estática y refrigerada se redujo a 12 horas. A nivel de cinética fermentativa, se tuvo un buen control de la temperatura, resultando esta lineal y progresiva, lo que permitió desarrollar una fermentación segura, con un correcto agotamiento de los azucares y sin grandes arrastres de volátiles por desprendimiento de CO2.





USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

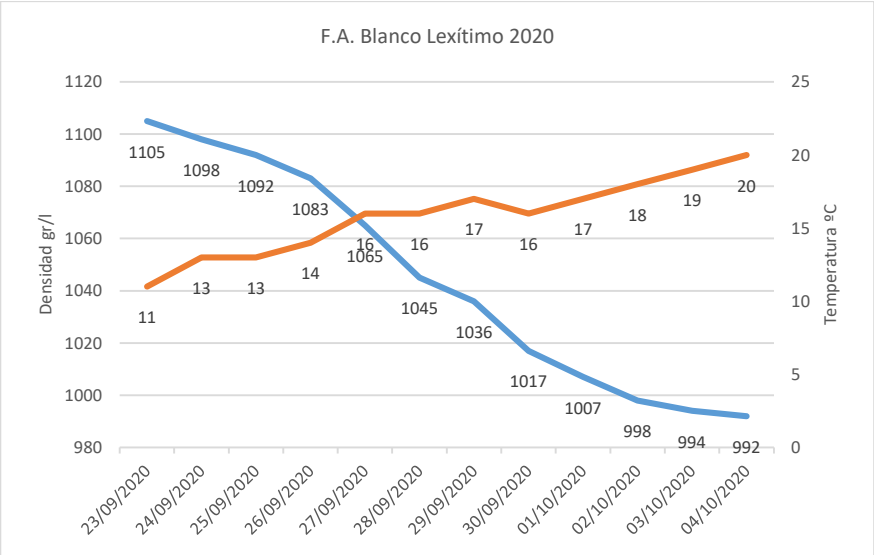


Figura 81. Evolución de la fermentación alcohólica de mostos de la variedad Blanco Lexítimo (2018-2020)

4.4.2.2. Composición físico-química de los vinos

Se han analizado los vinos obtenidos en las cosechas 2018, 2019 y 2020, para ambos tipos de elaboraciones, con crianza en depósito de acero inoxidable y con crianza en barrica roble (Tabla 77).

Las diferencias que se presentan en los vinos finales respecto a las analíticas en los mostos se deben, por un lado, a la necesidad de ajustar determinados parámetros para facilitar una adecuada F.A. y por otro a los procesos físicos durante la crianza (precipitación tartárica, principalmente), así como los procesos de acondicionamiento enológico del vino final para comercialización.

Respecto al equilibrio físico-químico de los vinos de Blanco Lexítimo en Ribeira Sacra, respecto a otras zonas geográficas como Betanzos (Fundación Juana de Vega, 2012; Masa y Vilanova, 2007), vemos que se repiten los resultados obtenidos para los mostos, de forma que en Ribeira Sacra la variedad Blanco Lexítimo produce vinos con una menor acidez total y mayor grado alcohólico.

Tabla 77. Composición físico-química de los vinos elaborados con la variedad Blanco Lexítimo (2018-2020)

Cosecha	Crianza	Alcohol (% v/v)	Azúcares reductores (g/l)	pH	A. Total (g/l)	A. Tartárico (g/l)	A. Cítrico (g/l)	A. Málico (g/l)	IPT	YAN (mg/l)	FAN (mg/l)	A. Acético (g/l)
2018	Inox	12,80	0,89	3,39	6,05	1,71	0,31	2,86	7,40	86,00	86,00	0,24
	Barrica	13,10	0,97	3,38	6,20	1,64	0,33	3,21	9,60	96,00	96,00	0,25
2019	Inox	13,65	0,54	3,69	5,90	1,65	0,30	2,42	11,20	44,00	44,00	0,22
	Barrica	13,80	0,47	3,67	5,80	0,65	0,44	3,42	13,90	35,00	35,00	0,21
2020	Inox	12,50	0,42	3,39	5,70	2,36	0,30	1,53	8,30	60,00	60,00	0,40

	Barrica	13,30	0,62	3,30	6,30	2,94	0,30	1,46	8,70	59,00	59,00	0,40
ANOVA												
Cosecha		ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	**
Crianza		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Los asteriscos indican el grado de significación para p< 0,05 (HSD-Tukey). *** p < 0,001, ** p< 0,01, * p < 0,05. ns indica diferencias no significativas

Al analizar los parámetros físico-químicos de los vinos obtenidos vemos que, tras el proceso de crianza los valores de acidez tienden a situarse, en las tres campañas, en torno a 6 gr/l, mientras que el grado alcohólico se sitúa en torno a 13 % vol, que son valores comercial y gustativamente equilibrados. El pH puede resultar elevado debido a unos niveles de tartárico no muy altos, especialmente en la cosecha 2019, para vinos que no van a pasar fermentación maloláctica y deben ser capaces de envejecer un tiempo prolongado en botella.

A nivel estadístico, podemos observar que la forma de crianza no aporta información significativa respecto a la composición de los vinos a nivel físico-químico. Al representar gráficamente la distribución de los vinos en un plano mediante un análisis de componentes principales (ACP), vemos que, cosecha y tipo de crianza explican el 83,99 % de la varianza total, agrupándose los vinos por cosechas (Figura 82). La cosecha 2019 se sitúa en el lado positivo del PC1 (54,58 %) caracterizado por los niveles de alcohol y pH elevados, mientras que la cosecha 2020 situada en la parte negativa de PC1 y PC2 (29,41 %) y se caracterizó por la concentración de ácido tartárico, quedando la cosecha 2018 situada en la parte negativa de PC1 y positiva de PC2, caracterizada por altos niveles de acidez total.

Los vinos de las 3 cosechas presentan una composición equilibrada, con un balance entre alcohol y acidez mejor que el encontrado en otras zonas de cultivo de la variedad como Betanzos (Vilanova et al. 2009) que desplazan este equilibrio hacia niveles de acidez superiores, acompañados de menor grado alcohólico.

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

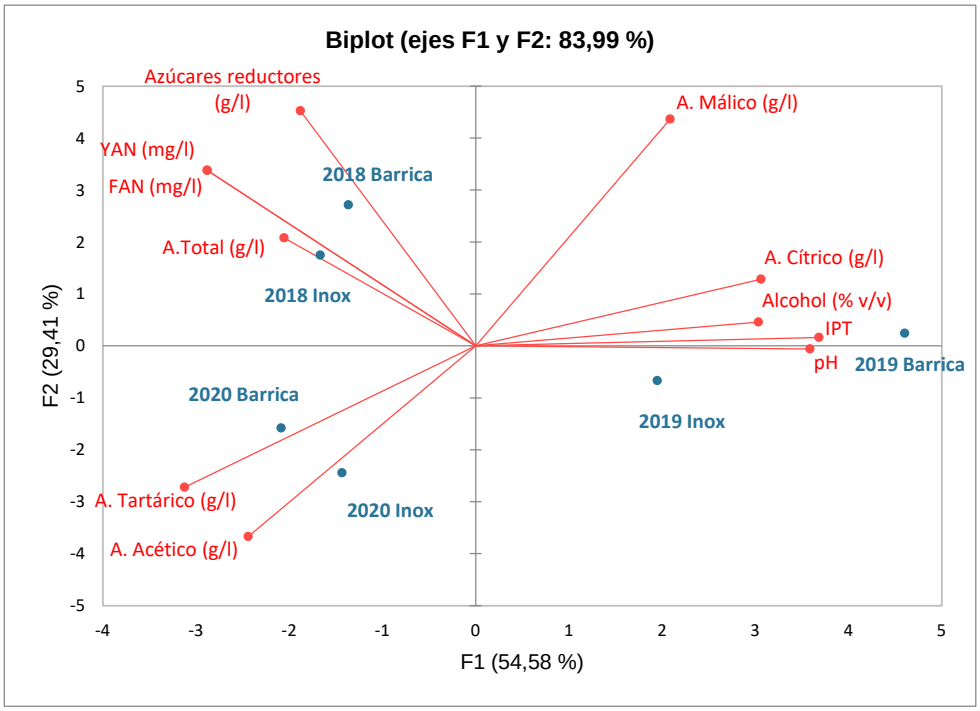


Figura 82. ACP de los parámetros físico-químicos de vinos Blanco Lexítimo (2018-2020)

4.4.2.3. Composición aromática de los vinos de Blanco Lexítimo

La composición aromática de los vinos es compleja al estar condicionada por, la interacción de la gran cantidad de compuestos identificados (Cacho, 2017) y la diversidad de mecanismos involucrados en su formación y evolución. Así, los procesos bioquímicos previos a la fermentación, el propio proceso fermentativo y las reacciones químicas o enzimáticas posteriores durante la crianza, al igual que las practicas vitícolas, la variedad o los factores climáticos, hacen difícil valorar la composición aromática de un vino y su influencia sobre el perfil sensorial del mismo.

Como ya comentamos anteriormente, entre los compuestos responsables del aroma se encuentran, terpenoles, norisoprenoides, alcoholes, ácidos y fenoles volátiles entre otros (Aznar et al. 2001; Ferreira et al. 1998), siendo los monoterpenos y los norisoprenoides unos de los principales responsables de la tipicidad varietal, mientras que otros compuestos resultan modificados por el metabolismo de levadura durante la fermentación (Lambrets y Pretorius, 2000), dando lugar a la formación de ésteres, acetatos, alcoholes y otros compuestos, que constituyen los aromas secundarios del vino.

En primer lugar, se ha analizado la composición volátil de los vinos elaborados en las campañas 2018, 2019, 2020, elaborados con crianza en depósito de acero y barrica de roble (Tabla 78). Al valorar la composición volátil total por familias de compuestos, el análisis estadístico (ANOVA) muestra un efecto significativo de la cosecha sobre la concentración de todos

los parámetros excepto ésteres+acetatos y fenoles volátiles, mientras que el tipo de elaboración (crianza en barrica o en depósito) únicamente muestra una influencia significativa sobre los ácidos grasos.

Tabla 78. Composición volátil (µg/l) por familias de compuestos de los vinos Blanco Lexítimo (2018-2020)

Cosecha	Crianza	Alcoholes	Comp C6	Esteres + acetatos	Ácidos grasos	Terpenos	Aldehidos	Fenoles volátiles	Lactonas
2018	Inox	24.504,54	797,37	7.048,12	8.299,17	127,81	nd	152,30	358,72
	Barrica	25.021,12	829,73	9.044,05	9.805,99	143,30	nd	151,77	375,78
2019	Inox	53.278,02	689,22	3.320,24	5.326,75	62,74	26,25	247,89	175,99
	Barrica	68.563,85	870,98	4.501,01	7.187,79	92,81	25,43	435,49	242,37
2020	Inox	24.830,89	302,20	5.256,53	3.061,21	182,11	nd	207,38	12,90
	Barrica	32.402,34	322,69	10.370,40	5.225,26	246,95	nd	257,43	15,51
ANOVA									
Cosecha		*	*	ns	**	*	***	ns	*
Crianza		ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns

Los asteriscos indican el grado de significación para p< 0,05 (HSD-Tukey). *** p < 0,001, ** p< 0,01, * p < 0,05. ns indica diferencias no significativas

En el caso de los alcoholes, vemos que son los compuestos mayoritarios analizados, representando porcentajes variables sobre la composición total, en función de la añada y en menor medida del tipo de crianza. Aunque la mayoría de los alcoholes proceden del metabolismo de azúcares (Robinson et al. 2014), también el nitrógeno fácilmente asimilable (FAN) tiene un papel determinante, facilitando la formación de estos alcoholes a partir de los aminoácidos correspondientes (Schulthess y Ettlinger, 1978), aunque en nuestro caso no se ha encontrado relación entre los niveles de FAN y los niveles de alcoholes formados en función de las añadas, duplicando la cosecha 2019 las concentraciones de 2018 y 2020.

Al analizar los compuestos C6 en vinos, respecto a los valores que nos encontrábamos en mostos, vemos que tanto en la cosecha 2018 (-23,69 %) como en la 2019 (-10,88 %), tenemos una ligera reducción respecto a los valores de partida, sin embargo, en la cosecha 2020 se produce una reducción mucho mayor. Estas diferencias observadas en 2020 pueden deberse a la naturaleza de estos compuestos, que pasan al mosto al romperse las paredes celulares durante los tratamientos mecánicos y especialmente a los ácidos grasos Linoleico y Linolénico, que en presencia de enzimas y oxigeno actúan como precursores de compuestos C6, cuya concentración varía según los niveles de maduración de la uva (Cordonnier y Bayonove, 1974). La maduración de la uva conlleva un empobrecimiento del ácido Linolénico mientras que el acido Linoleico permanece constante (Bayonove, 1998). Es posible que en la cosecha 2020, con un nivel de madurez muy superior haya una menor concentración de estos ácidos grasos en la uva, y que por tanto, no actúen como precursores fácilmente solubles en mosto, encontrándose una mayor

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

proporción de compuestos C6 vinculados a estructuras vegetales de mayor tamaño que pueden ser retiradas durante la fase de desfangado, mientras que en las cosechas 2018 y 2019 estos compuestos pasaron al mosto, dando lugar alcoholes y aldehídos de 6 átomos de carbono. La confirmación de esta hipótesis requeriría un estudio específico de los niveles de estos ácidos grasos durante la maduración y su relación con la formación otros compuestos C6, así como su solubilidad en mosto. De cualquier manera, estos compuestos aportan al vino notas aromáticas vegetales y herbáceas, empobreciendo el perfil sensorial del mismo (Flancy, 2003) y además sirven de sustrato a la levadura para la formación de diferentes ésteres (Dennis et al. 2012).

Los ácidos grasos volátiles y sus ésteres y acetatos son, junto con los alcoholes, los principales marcadores del aroma fermentativo (Flancy, 2003). Su concentración depende fuertemente de las condiciones fermentativas para la levadura, temperatura, niveles de anaerobiosis o exceso de fangos, pueden influir en la síntesis de estos compuestos (Hernández-Orte et al. 2005), al determinar las rutas metabólicas empleadas por la levadura. Así, en nuestro caso, al analizar las condiciones fermentativas de cada añada, podemos ver como la cosecha 2019, que presenta los niveles más bajos de ésteres y acetatos, es aquella en que la temperatura durante la fermentación fue menos precisa y más elevada, lo que influyó en la síntesis y formación de estos compuestos.

Los terpenos que forman parte del aroma varietal y son enormemente importantes en la percepción de un vino por sus bajos umbrales de percepción y su repercusión sobre la calidad (Oliveira et al. 2004; Cacho, 2017), sirviendo incluso como discriminantes entre variedades de uva. Al valorarlos detalladamente, vemos que la campaña 2019 fue la que tuvo una menor concentración, seguida de 2018. Como vemos, respecto a la composición de los mostos hay cambios notables, pues mientras en mostos las cosechas 2019 y 2020 tuvieron valores muy semejantes y claramente por encima de los alcanzados en 2018, en los vinos esto no es así, ya que la cosecha 2020 presenta valores muy superiores a 2018 y 2019, mientras que la crianza en barrica parece tener un efecto positivo sobre la concentración de terpenos. Estos valores podrían ser explicados por una mayor liberación de fracciones glicosiladas durante la fermentación y crianza, a los cambios químicos que sufren algunos monoterpenos en medio ácido (Williams et al. 1980, 1982) y por la facilidad con que se oxidan estos compuestos durante los procesos de vinificación (Fragasso et al. 2010).

La Tabla 79 muestra el análisis de compuestos volátiles de forma individual. En ella podemos observar que los compuestos varietales, como son los terpenos, importantes en la variedad Blanco Lexítimo, como se ha podido observar al analizar los mostos, muestran mayores concentraciones cuando los vinos se someten a crianza en barrica. Además, también se observa que estos valores son mayores en la cosecha 2020, en la que el Linalol es identificado en altas concentraciones seguido por el α-terpineol.

USC DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 79. Concentración (µg/l) de compuestos volátiles en vinos Blanco Lexítimo (2018-2020)

Volátiles vinos Blanco Lexítimo (µg/l)							
	Vinos Blanco Lexítimo	**Inox-18**	**Barrica-18**	**Inox-19**	**Barrica-19**	**Inox-20**	**Barrica-20**
Alcoholes	2-metil-1-propanol (Isobutanol)	750,50	849,33	1.195,82	1.635,00	393,15	548,80
	2+3-metil-1-butanol	17.862,44	18.014,52	27.814,84	35.666,50	12380,30	16468,66
	3-metil-1-pentanol	46,02	47,89	59,07	52,26	6,51	5,21
	2,3-butanediol	134,68	198,68	489,19	510,21	259,27	277,93
	1-octanol	83,15	42,85	68,47	79,66	nd	nd
	3-metiltiopropanol (Metionol)	31,43	30,27	136,95	186,40	67,39	84,68
	Alcohol bencilico	nd	99,95	145,96	243,22	33,16	28,60
	2 feniletanol	5.596,32	5.737,63	23.367,72	30.190,60	11691,12	14988,46
		24.504,54	**25.021,12**	**53.278,02**	**68.563,85**	**24.830,89**	**32.402,34**
Comp C6	1-hexanol	738,88	782,72	653,93	819,37	274,66	299,54
	E-3-hexenol	58,49	47,01	35,29	51,61	27,53	23,15
		797,37	**829,73**	**689,22**	**870,98**	**302,20**	**322,69**
Esteres + acetatos	Isoamilacetato	859,70	1.400,10	1.632,21	2.025,43	806,93	2308,39
	Acetato de hexilo	nd	34,12	nd	nd	20,92	53,17
	2-feniletilacetato	48,41	83,05	350,38	420,87	93,47	251,84
	Hexanoato de etilo	896,06	947,59	436,51	561,62	441,11	836,66
	Lactato de etilo	704,77	667,43	203,20	278,91	360,47	421,62
	Octanoato de etilo	544,59	832,78	306,40	674,76	445,64	943,25
	Decanoato de etilo	46,07	58,08	62,12	108,00	49,13	130,56
	Succinato de dietilo	1.390,21	1.823,18	136,62	180,98	1877,31	4101,09
	Malato de dietilo	2.558,31	3.197,72	192,80	250,44	1161,55	1323,83
		7.048,12	**9.044,05**	**3.320,24**	**4.501,01**	**5.256,53**	**10.370,40**
Ácidos grasos	Ácido Isobutirico	61,83	82,15	58,37	54,18	16,33	15,03
	Ácido butanoico/butirico	67,67	75,16	51,29	58,06	114,71	168,08
	Ácidos 2- y 3-metilbutanoico	152,04	177,67	137,42	185,52	148,56	12,72
	Ac Hexanoico	2.015,95	2.268,83	962,10	1.251,52	744,11	1310,10
	E-2-hexanoico	96,35	132,04	nd	nd	nd	nd
	Ácido octanoico	5.351,69	6.237,87	3.107,85	4.120,38	1763,30	3376,78
	Ácido nonanoico	377,31	448,75	59,53	87,12	274,21	342,54
	Ácido decanoico	176,33	383,52	950,19	1.431,01		
		8.299,17	**9.805,99**	**5.326,75**	**7.187,79**	**3.061,21**	**5.225,26**
Terpenos	Hotrienol	44,65	41,39	26,91	32,47	nd	nd
	Linalol	nd	nd	nd	nd	81,74	117,19
	α-terpineol	83,16	82,36	14,83	36,97	79,90	107,96
	Diendiol I	nd	nd	nd	nd	16,26	18,85
	Cis piran oxido de linalol	nd	19,55	21,00	23,37	4,21	2,95
		127,81	**143,30**	**62,74**	**92,81**	**182,11**	**246,95**
Aldehidos	Feniletanal	nd	nd	26,25	25,43	nd	nd
		0,00	**0,00**	**26,25**	**25,43**	**0,00**	**0,00**
Fenoles volátiles	4-vinilguaiacol	49,65	50,79	177,94	216,78	67,06	125,19
	4-vinilfenol	102,65	100,98	69,95	218,71	140,32	132,23
		152,30	**151,77**	**247,89**	**435,49**	**207,38**	**257,43**
Lactonas	Butirolactone	358,72	375,78	175,99	242,37	12,90	15,51
		358,72	**375,78**	**175,99**	**242,37**	**12,90**	**15,51**
Totales		41.288,03	45.371,74	63.127,10	81.919,73	33.853,22	48.840,57

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

El efecto de la crianza en barrica sobre los niveles de compuestos terpénicos, podría ser explicado por efecto de la crianza sobre lías, que son un sustrato rico en enzimas, con lo que se favorecería la liberación de los terpenos que permanecen glicosilados tras la fermentación alcohólica. Cabe señalar que los resultados obtenidos son muy semejantes a los expuestos por Cacho, (2012) en su ponencia de Vinaromas (Zaragoza, 2012), que obtuvo incrementos en los niveles de Linalol, α-terpineol y Siringaldehido en los ensayos realizados de crianza sobre lías y que también vinculó a la hidrólisis ácida, además de la influencia de las enzimas glicosidasas.

También cabe destacar algunos ésteres por sus implicaciones en el aroma de los vinos, con mayores concentraciones, en general, en vinos con crianza en barrica. En cuanto a los aldehídos, el único compuesto que se identificó, el Feniletanal, presente en la cosecha 2019, cosecha en la que presentó niveles más elevados en mosto. Los fenoles volátiles determinados en uva, no se encontraron en los vinos analizados, sin embargo, el 4- vinilfenol, cuya presencia se vincula al tipo de levadura utilizada para la fermentación alcohólica (Oliveira et al. 2008), está presente en las tres cosechas analizadas. Entre las lactonas, el único compuesto que se iodentifico en las tres cosechas es la Butirolactona, también presente en mostos, aunque a niveles muy inferiores.

El análisis de componentes principales (Figura 83) nos permite proyectar simultáneamente las añadas de cada vino y su tipo de crianza respecto a las familias de compuestos volátiles.

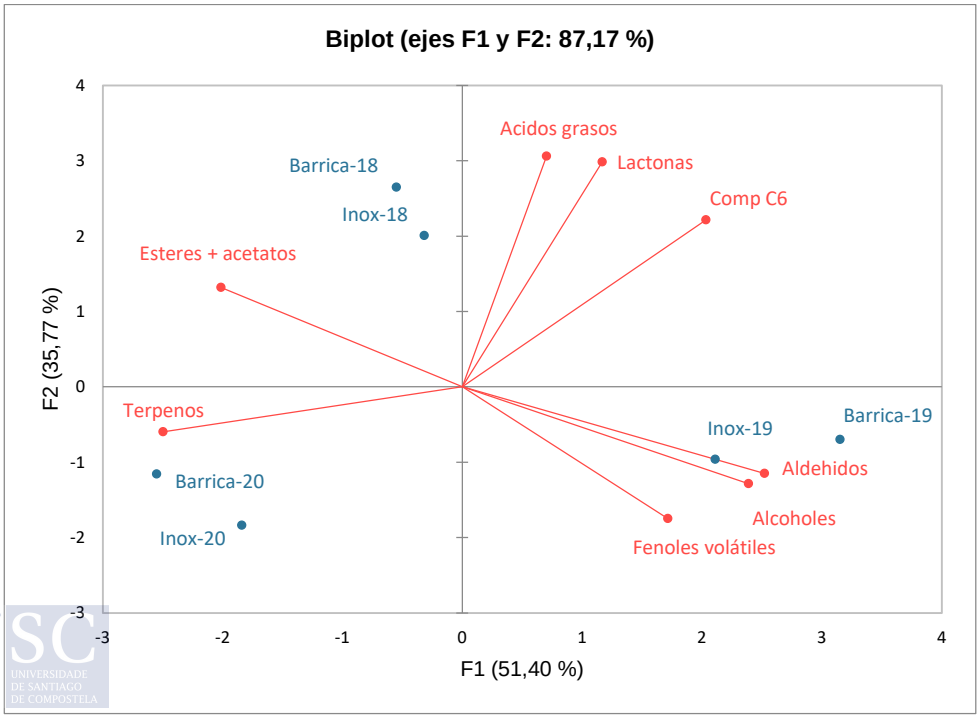


Figura 83. ACP por familias de compuestos volátiles de los vinos Blanco Lexítimo (2018-2020)

Como se puede observar, ambos componentes explican el 87,17 % de la variabilidad (51,40 % y 35,77 % para PC1 y PC2, respectivamente), agrupándose los vinos por cosechas bien definidas por su composición volátil.

Respecto a la composición volátil de los vinos en otras zonas de cultivo de Blanco Lexítimo como Betanzos, Vilanova et al. (2009) encontraron valores totales promedio inferiores de compuestos terpénicos durante las campañas 2006 y 2007, registrando la presencia de Linalol (26,2 µg/l), α-terpineol (3,6 µg/l), Citronellol (2,3 µg/l) y Nerol (1,1 µg/l) y registrando también la presencia de norisopreoniodes, detectados en Ribeira Sacra, concretamente β-damascenona (1,3 µg/l).

4.2.4. Evolución en botella de los vinos Blanco Lexítimo

Para evaluar el potencial de envejecimiento de vinos elaborados con Blanco Lexítimo se ha estudiado la evolución en botella de los vinos elaborados en inox durante las campañas 2016 y 2017. Estos vinos fueron analizados en el año 2019, lo que nos permite ver la evolución de la variedad en un ambiente reductor durante 3 y 4 años y por lo tanto su aptitud para el envejecimiento en relación con añadas más recientes (Tabla 80).

Tabla 80. Composición volátil (µg/l) por familias de compuestos de los vinos Blanco Lexítimo (2016-2020)

Cosecha	Alcoholes	Comp C6	Esteres + acetatos	Ácidos grasos	Terpenos	Aldehidos	Fenoles volátiles	Lactonas
2016	**15.529,67**	**562,82**	**19.049,99**	**8.299,17**	**151,93**	**nd**	**173,30**	**158,57**
2017	**9.847,69**	**407,51**	**14.547,43**	**9.805,99**	**221,91**	**84,32**	**214,32**	**206,56**
2018	24.504,54	797,37	7.048,12	8.299,17	127,81	0,00	152,30	358,72
2019	53.278,02	689,22	3.320,24	5.326,75	62,74	26,25	247,89	175,99
2020	24.830,89	302,20	5.256,53	3.061,21	182,11	0,00	207,38	12,90

Al evaluar la composición volátil de los vinos de las cosechas 2016 y 2017, que se elaboraron y criaron únicamente en depósito de acero y compararla con los resultados obtenidos en las cosechas 2018, 2019 y 2020, por familias de compuesto podemos observar que la concentración de alcoholes es inferior en las cosechas 2016 y 2017, mientras que los ésteres+acetatos y ácidos grasos presentan niveles superiores, registrando los ácidos grasos valores intermedios, igual que los fenoles volátiles y las lactonas. Al evaluar los compuestos terpénicos vemos que presentan niveles muy altos, alcanzando la cosecha 2017 los 221,91 µg/l, que es valor absoluto más elevado de todas las añadas por delante de 2020, quedándose la cosecha 2016 en 151,93 µg/l.

En general vemos que, aparentemente, no se produce una degradación de los compuestos volátiles por efecto de un envejecimiento prolongado en botella. Especialmente relevante resulta la concentración de terpenos, que nos induce a pensar que, como ya comentamos con

anterioridad, en un ambiente como la botella (si se conserva en buenas condiciones), es posible que la lenta liberación de compuestos glicosilados, que permanecen ligados mucho tiempo tras la F.A, pueda compensar la posible degradación ocasionada por fenómenos oxidativos (Cacho, 2012).

Como se muestra en el análisis de componentes principales (ACP) por familias de compuestos, los dos componentes principales explican el 75,99 % de la variabilidad de la composición de las cosechas 2016-2020 de Blanco Lexítimo (Figura 84). Así vemos que la cosecha 2016 se sitúa en la parte negativa del PC1 y la parte positiva del PC2, caracterizado por ésteres+acetatos, ácidos grasos y lactonas, mientras que la cosecha 2017 se sitúa en el cuadrante negativo de PC1 y PC2, caracterizado por aldehídos y terpenos, quedando las cosechas 2018, 2019 y 2020 distribuidas por la parte positiva del PC1 y a lo largo de todo el PC2, caracterizadas por compuestos C6, alcoholes y fenoles volátiles respectivamente.

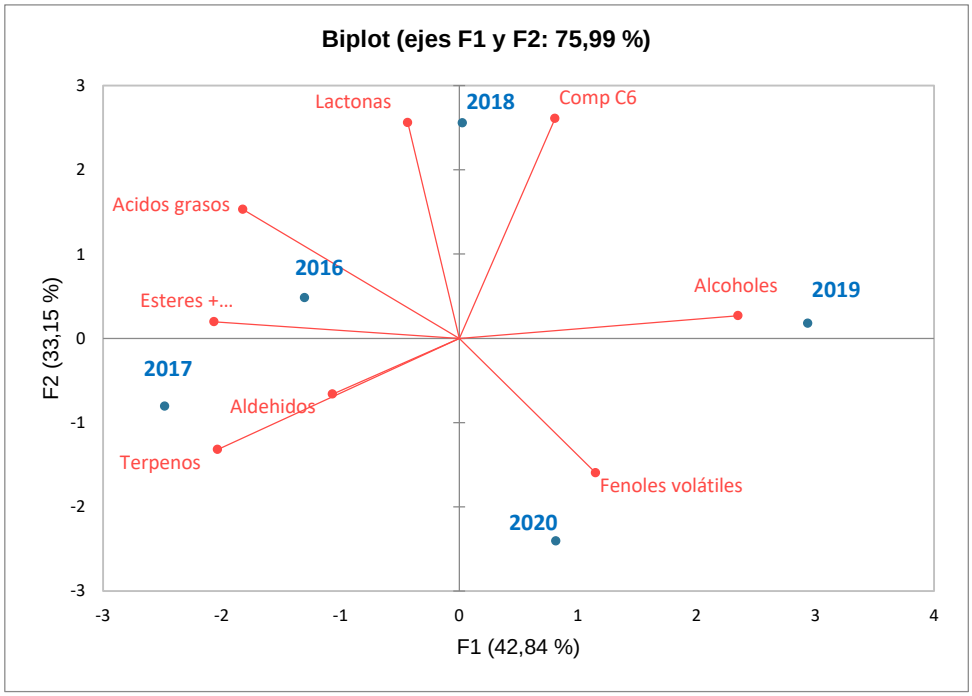


Figura 84. ACP por familias de compuestos de los vinos de Blanco Lexítimo 2016-2020

A partir de los resultados del análisis de compuestos volátiles en vinos, podemos ver que la variedad Blanco Lexítimo presenta grandes aptitudes para la elaboración de vinos de guarda, presentando la crianza sobre lías en barricas de roble efectos muy positivos sobre su composición aromática, al enriquecer los vinos en glucosidasas capaces de revelar aromas primarios y permitir la lenta liberación de estos compuestos durante el envejecimiento en botella. Estas características que le permiten mantener su carácter floral y afrutado durante largos periodos de tiempo, nos permiten calificar la variedad como excelente desde el punto de vista enológico.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

4.5. Evaluación sensorial

4.5.1. Evaluación sensorial de los vinos elaborados con Blanco Lexítimo

Los vinos elaborados durante las cosechas 2018, 2019 y 2020 fueron sometidos a análisis organoléptico mediante dos paneles de cata. En las tres campañas, se realizó un coupage del 50 % depósito de acero y 50 % barrica. Todos los vinos sometidos a análisis sensorial cumplen los requisitos reglamentarios de la D.O Ribeira Sacra y por tanto son vinos aptos para su comercialización.

Por un lado, los vinos de Blanco Lexítimo elaborados fueron evaluados mediante **cata vertical por el panel de la D.O. Ribeira Sacra**, tal y como se decribe en el apartado de material y métodos.

Como podemos ver en la Tabla 81, el resultado, para las añadas 2018 y 2020 fue bueno, mientras que la añada 2019 fue calificada como correcta. A nivel de fase visual la cosecha 2020 fue la mejor valorada por los catadores, mientras que a nivel olfativo la cosecha 2018 fue percibida como la más intensa, mientras que en la fase gustativa los catadores mostraron su preferencia por la cosecha 2020. A nivel gustativo, la cosecha percibida como más intensa fue la 2019, pero a nivel cualitativo la preferencia se decanta por la añada 2020. Finalmente, la harmonía de la cosecha 2020 fue la mejor evaluada por los catadores, ligeramente por delante de la cosecha 2018.

Tabla 81. Valores promedio de las puntuaciones del panel de cata de la DO Ribeira Sacra para los vinos de Blanco Lexítimo (2018-2020)

		2018		**2019**		**2020**	
		Promedio	**Desv. Est.**	**Promedio**	**Desv. Est.**	**Promedio**	**Desv. Est.**
Fase visual		3,57	0,82	3,36	0,81	2,54	1,17
Fase olfativa	Intensidad	6,43	1,88	6,57	1,60	6,50	2,50
	Calidad	7,14	2,18	6,86	2,27	6,57	2,76
Fase gustativa	Intensidad	7,00	2,00	6,71	1,65	6,79	2,26
	Calidad	10,71	1,60	10,29	2,47	9,75	2,30
Harmonía		10,07	2,47	11,36	2,34	9,96	2,41
Puntuación total		**44,93**		**45,14**		**42,11**	

Excelente	0 - 7
Muy bien	8 - 23
Bien	24 - 44
Correcto	45 - 57
No apto	> 57

Adicionalmente se llevó a cabo un **análisis sensorial descriptivo (QDA)** en fase olfativa de los vinos elaborados en las cosechas 2018-2020 con el objetivo de conocer el perfil aromático a nivel sensorial de los vinos Blanco Lexítimo en la Ribeira Sacra. El QDA se realizó siguiendo el método propuesto por Vilanova et al. (2011).

En la tabla 82 se muestran las medias geométricas (GM) de los vinos analizados. Se han resaltado en negrita aquellos descriptores que superan el 20 % de GM en alguna de las cosechas analizadas.

Tabla 82. Media Geométrica (%) para cada descriptor en vinos de Blanco Lexítimo (2018-2020)

	Media Geométrica (%)		
Fase Olfativa	**B. Lexitimo 2018**	**B. Lex itimo 2019**	**B. Lexitimo 2020**
Rosa	**26**	**29**	**30**
Geranio	13	**32**	**26**
Floral, violeta	13	-	-
Vegetal	**27**	**34**	-
Hierba	9	18	9
Hierba cortada	10	12	15
Pino	**21**	14	9
Manzana	15	-	15
Manzana asada	12	9	17
Lima	**39**	**27**	**48**
Limón	**30**	**43**	**51**
Naranja	14	**35**	12
Té	11	-	5
Nuez moscada	9	7	-
Almendra	18	**21**	-
Almendra amarga	**25**	-	5
Lacteos	15	13	15
Cera	11	-	-
Humo	**27**	18	-

En la familia de los aromas florales destaca la rosa en las tres cosechas con GM>25 %. En la serie vegetal, Pino en 2018 y vegetal (2018 y 2019) también muestran una GM > al 20 % en alguna cosecha. En la serie frutal destacan los cítricos, lima, limón y naranja con GM >27 % en las tres cosechas. En la serie epireumática, aportada por el paso del vino por madera, destaca el humo (2018 y 2019), almendra (2019) y almendra amarga (2018).

Para representar gráficamente los resultados del QDA, se procedió a realizar un análisis de componentes principales (ACP) con las GM de todos los descriptores (Figura 85). Como podemos ver, el 100 % de la variabilidad encontrada en las tres cosechas de los vinos Blanco Lexítimo, se explica por los descriptores reflejados (54,02 % en la PC1 y 45.98 % en el PC2). El ACP separa muy

bien las cosechas en función de los descriptores sensoriales a partir de las medias geométricas calculadas. La cosecha 2018 situada en la parte positiva del PC1 estuvo marcada por la madera, sin embargo, las cosechas 2019 y 2020 estuvieron caracterizadas por aromas cítricos y frutales. Mientras que la serie vegetal influyó de manera notable en la cosecha 2019.

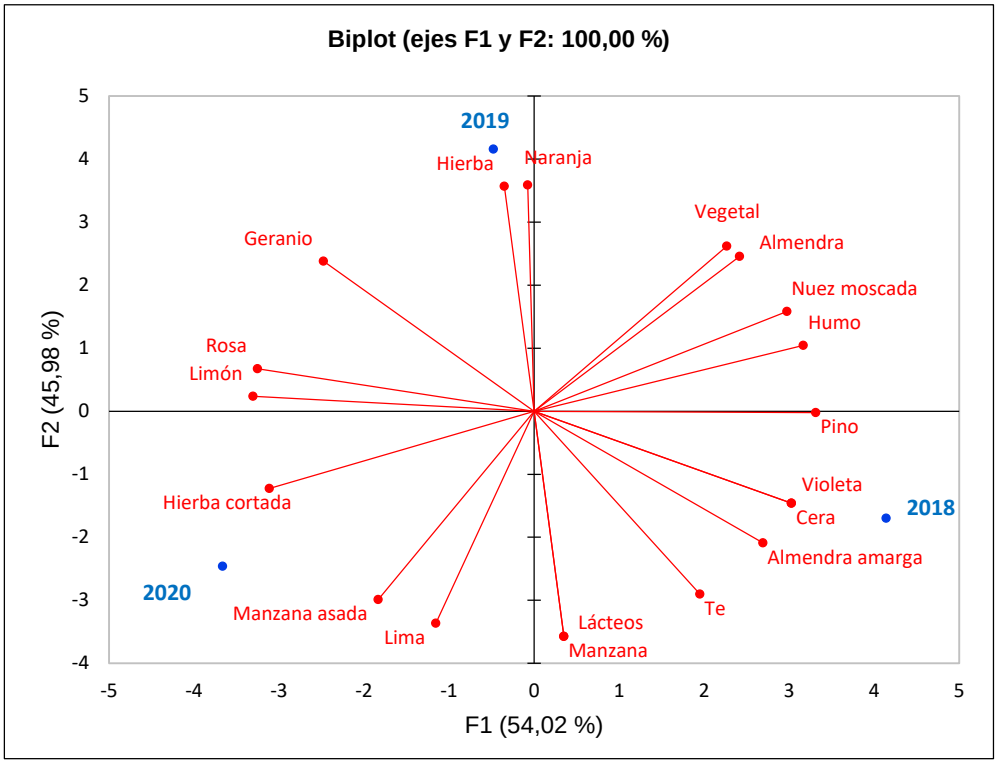


Figura 85. ACP de medias geométricas de los descriptores aromáticos de Blanco Lexítimo (2018-2020)

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

CONCLUSIONES

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

5. CONCLUSIONES

Al evaluar las condiciones climáticas de la Ribeira Sacra, se ha observado que los regímenes térmicos más frescos son los más favorables a la variedad, por tanto, las zonas más adecuadas serían las latitudes más al norte, que incluyen las subzonas de Ribeiras do Miño y Chantada en sus tramos superiores.

· Las áreas más cálidas de Quiroga-Bibei o Amandi, muestran buenas condiciones de cultivo para esta variedad a altitudes de 645 m, no habiéndose presentado a esta altitud heladas primaverales que limitasen su cultivo.

· Desde el punto de vista edafológico, el cultivo en terrazas sobre suelos de pizarra, con pH muy ácido, típicos de Ribeira Sacra, no suponen una limitación y la variedad se adapta excelentemente a estas condiciones, endémicas de la zona.

· A nivel fisiológico la variedad Blanco Lexítimo presenta un ciclo corto, con una buena capacidad de adaptación a las condiciones de cultivo de Ribeira Sacra, tanto para los parámetros fisiológicos evaluados como el rendimiento productivo, con una excelente aclimatación a la zona,

· Al compararla con la variedad Godello, variedad blanca de cultivo tradicional en la zona, la variedad Blanco Lexítimo muestra unas buenas aptitudes, no habiéndose observado deficiencias fisiológicas o productivas que limiten su cultivo.

· La variedad Blanco Lexítimo ha mostrado una correcta aptitud enológica en la Ribeira Sacra, presentando un buen equilibrio físico-químico en los mostos y vinos analizados.

· A nivel de composición aromática, que por su interés cualitativo e influencia sobre la tipicidad ha sido analizada en detalle, vemos que se trata de una variedad rica en aromas primarios, que da lugar a vinos caracterizados por notas florales y cítricas.

· Comparada con una variedad excelente como Godello, Blanco Lexítimo presenta una composición volátil más rica en aromas primarios, especialmente terpenos.

· A partir de los resultados del análisis de compuestos volátiles en vinos, podemos concluir que la variedad Blanco Lexítimo presenta grandes aptitudes para la elaboración de vinos de guarda, aportando la crianza sobre lías en barricas de roble efectos muy positivos sobre su composición aromática.

· A nivel sensorial, los vinos elaborados con la variedad Blanco Lexítimo en la Ribeira Sacra mediante el coupage de 50 % depósito de acero y 50 % barrica, mostraron un perfil caracterizado por las series vegetal (pino), frutal (cítricos) y epireumática (almendra y humo).

USC
DE COMPOSTELA

BIBLIOGRAFÍA

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

6. REFERENCIAS

1. Abbot N.A., Coombe, B.G., Williams P.J. (1991). The contribution of hydrolyzed flavour precursors to quality differences in Shiraz juice and wines: an investigation by sensory analysis. American Journal of Enology and Viticulture. 42, 167-174.
2. 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, 15-27.
3. Amerine M.A., Winkler, A.J. (1944). Composition and quality of musts and wines of California grapes. Hilgard, 15, pp. 493–673.
4. Aznar M., Lopez R., Cacho J.F., Ferreira V. (2001). Identification and quantification of impact odorants of aged red wines from Rioja. GC-Olfactometry, quantitative GC-MS, and odor evaluation of HPLC fractions. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 49: 2924- 2929.
5. Baggiolini M. (1952). Les status repères dans le developpment annuel de la vigne et leur utilisation practique. Romande d'Agriculture de Viticultura et d'Arboriculture, 8:4-6.
6. Bayonove C. (1998). L'arôme varietal: le potential aromatique du raisin. En: C. Flanzy (Ed.). Œnologie, ondements scientifiques et technologiques (pp.165-181). Paris: Lavoisier Tec & Doc.
7. Belancic A., Agosin, E. (2007). Methoxypyrazines in grapes and wines of Vitis vinifera cv. Carmenere. American Journal of Enology and Viticulture 58(4):462-469
8. 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.
9. Reglamento de la Denominación de Origen Ribeira Sacra y de su Consejo Regulador (BOE 24 febrero de 2010).
10. Borrego J., M.T. de Andrés y J. Ibáñez. (2000). Análisis de ADN para identificación de variedades de vid. Variedades de la vid en la Comunidad de Madrid. Págs.115-132. Comunidad de Madrid. Consejería de Medio Ambiente. Dirección General de Educación y Promoción Ambiental, Madrid.
11. Botstein D., White R.I., Skolnich M., Davis, R.W. (1980). Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphism. American Journal Human Genetics., 32: 324-331.
12. Bowers J.E., Meredith C.P. (1997). The parentage of a classic wine grape, Cabernet Sauvignon. Nature Genetics, 16 (1): 84-87.
13. Bramley R.G.V., Ouzman J., Boss P.K. (2011). Variation in vine vigour, grape yield and vineyard soils and topography as indicators of variation in the chemical composition of grapes, wine and wine sensory attributes. Australian Journal of Grape and Wine Research, 17: 217–229.
14. Branas, J. (1974). Viticulture. Dehan. Montpellier.
15. Bravdo B., Hepner Y., Loinger C., Cohen S., Tabacman H. (1985). Effect of irrigation and crop level on growth, yield and wine quality of Cabernet Sauvignon. American Journal of Enology and Viticulture. 36, 132–139.
16. Bravdo B., Proebsting E.I. (1993). Use of drip irrigation in orchards. Horticulture and Technology. 3(1), 44-49.
17. Crespy, A. (2007). Manuel pratique de fertilisation, qualité des moûts et des vins. Collection Avenir Oenologie. Ed. Oenoplurimedia, Chaintrè, Francia.
18. Cacho J.F. (2012). Ponencia Ponencia presentada durante el Coloquio Internacional del Proyecto VINAROMAS (Zaragoza, 22 de noviembre de 2012)
19. Cacho J.F. (2018). El aroma del vino: su percepción y composición En: El potencial aromático de las variedades de vid cultivadas en Galicia. El potencial aromático de las variedades de vid cultivadas en Galicia, Santiago de Compostela: Xunta de Galicia - Consellería del Medio Rural.
20. Caló A., Costacurta A., Cancellier S. (1984). Ricerca sulla risposta del genotipo alla variazione delle condicioni ambientali. Rivista de viticoltura e di enología (2), 51-67.
21. Caló A., Costacurta, A., Carraro, R. (1998). Ricerca sulla risposta del genotipo alla variazione delle condizioni ambientali. Influenza sulla fenologia. Revista di Viticoltura e di Enologia. (2), 51-69.
22. Cancela J.J., Trigo-Córdoba E., Martínez E.M., Rey B.J., Bouzas-Cid Y., Fandiño M., Mirás-Avalos J.M. (2016). Effects of climate variability on irrigation scheduling in white varieties of *Vitis vinifera* (L.) of NW Spain. Agricultural Water Management, 170, 99-109.
23. Cancela J.J., Fandiño, M., Mirás Avalos J.M., Díaz, E., Díaz A., González X.P. (2018a). Imágenes multiespectrales de un viñedo: Relacion con las propiedades físicas del suelo. D. O. Ribeiro. Actas de horticultura Nº 78. III Symposium nacional de ingeniería hortícola.
24. Cancela, J.J., Fandiño, M., González, X.P., Rey, B.J., y Mirás-Avalos, J.M. (2018b). Seasonal variation of macro and micronutrients in blades and petioles of Vitis vinifera L. cv. Mencía and Sousón. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 181(4), 498-515.
25. Carbonneau A. (1998). Irrigation, vignoble et produit de la Vigne. En Traité d`irrigation. J.R. Tiercelin (Ed) pp 257-298. Lavoisier Tec & Doc, Paros.
26. Carbonneau A., Casteran P. (1986). Optimization of vine per- formance by the lyre training systems. En: Lee, T. (ed.). Proceedings of 6th Australian Wine Industry Technical Conference, Adelaide, South Australia. pp. 194-204.
27. Carbonneau (1998). Irrigation, vignoble et produit de la vigne. En: Traité d´irrigation. J.R. Tiercelin, ccord. Paris, Lavoisier Tec & Doc. Chapitre IV: Aspects Qualitatifs, 257-298.
28. Carbonneau A., Lebon E., Mabrouk H., Sinoquet H. (2000). Interactions canopye shape x vigor level: consequences on architecture and microclimate of the grapevine". ISHS. 526. 91-105.

29. Chacón-Vozmediano J.L., Martínez-Gascueña J., Ramos, M.C. (2021). Projected effects of climate change on Tempranillo and Chardonnay varieties in La Mancha Designation of Origin. Agronomy for Sustainable Development, 41(2), 1-14.
30. Champagnol, F. (1984). Élements de physiologie de la vigne et de viticulture generale. F. Champagnol. Saint-Gely du Fesc. Montepellier. France.
31. Champagnol, F. (1990). Rajeunir le diagnostic foliaire. Progrès Agricole et Viticole, 107, 15/16: 343-351.
32. Choné X., Lavigne-Cruège V., Tominaga T., van Leeuwen C., Castagnède C., Saucier C., Dubourdieu, D. (2006). Effect of vine nitrogen status on grape aromatic potential: flavor precursors (S-cysteine conjugates), glutathione and phenolic content in Vitis vinifera L. Cv Sauvignon blanc grape juice. OENO One, 40(1), 1–6.
33. Helwi P., Guillaumie S., Thibon C., Keime C., Habran A., Hilbert G., Gomes E., Darriet P, Delrot S., van Leeuwen C. (2016). Vine nitrogen status and volatile thiols and their precursors from plot to transcriptome level. BMC Plant Biology, 16 (1):173–96
34. Choné X., Van Leeuwen C., Dubourdieu D., Gaudillère J. P. (2001). Stem Water Potential is a Sensitive Indicator of Grapevine Water Status. Annals of Botany, Volume 87, Issue 4, April 2001, 477–483.
35. Coelho E., Lemos M., Genisheva Z., Domingues L., Vilanova M., Oliveira J.M. (2020). Simple and quick LLME/GC-MS methodology to quantify minor volatile compounds in alcoholic beverages. Molecules 2020, 25, 621.
36. Colección de vides de la EVEGA, Xunta de Galicia, 2011
37. Coombe B.G. (1995). Growth stages of the grapevine: adoption of a system for identifying grapevine growth stages. *Australian journal of grape and wine research*, *1*(2), 104-110
38. Cordonnier R., Bayonove C. (1974). Mise en évidence dans la baie de raisin var. Muscat d'Alexandrie de monoterpènes liés révélables par une ou plusieurs enzymes du fruit. C.R. Acad. Sci. Paris 278:3387-3390.
39. Cordonnier R., Bayonove C. (1981). Etude de la phase prefermentaire de la vinification: Extraction et formation de certains composes de l'arome; cas des terpenols, des aldehydes et des alcools en C6. Connaissance de la Vigne et du Vin, 15: 269-286.
40. Crippen D.D., Morrison J.C. (1986). The effects of sun exposure on the compositional development of Cabernet Sauvignon berries. American Journal of Enology and Viticulture, 37(4), 235-242.
41. Dennis E.G., Keyzers R.A., Kalua C.M., Maffei S.M., Nicholson E.L., Boss P.K. (2012). Grape contribution to wine aroma: Production of hexyl-acetate, octyl-acetate, and benzyl-acetate during yeast fermentation is dependent upon precursors in the must. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 60: 2638-2646.
42. Díaz Losada E., Orriols Fernández, I., Rego Martínez F., Tato Salgado A., Ramos Cabrer A., Pereira Lorenzo S., (2011). A colección de vides da Estación de Viticultura e Enoloxía de Galicia. Ed. Xunta de Galicia, Consellería do Medio Rural. 388 págs.
43. Díaz-Losada E., Salgado A.T., Ramos-Cabrer A.M., Díaz- Hernández B., Pereira-Lorenzo S., (2012). Genetic and geographical structure in grapevines from northwestern Spain. Annals of Applied Biology. 161 (1): 24-35.
44. Díaz-Losada E., Salgado A., Ramos-Cabrer A.M., Rio-Segade S., Diéguez S., Pereira-Lorenzo S. (2010). Twenty microstallites (SSRs) reveal two main origins of variability in grapevine cultivars from Northwestern Spain. Vitis. 49 (2): 55-62.
45. Díaz-Losada E., Salgado A.T., Orriols-Fernández I., Ramos-Cabrer A.M., Pereira-Lorenzo S. (2013). New Synonyms and Homonyms for Cultivars from Northwestern Spain. American Journal of Enology and Viticulture. 64 (1): 156-162.
46. Dubourdieu D., Ollivier C., Boidron, J.N. (1986). Incidence des opérations préfermentaires sur la composition chimique et les qualités organoleptiques des vins blancs secs. *Œno One*, *20*(1), 53-76
47. Eichhorn K.W., Lorenz D.H. (1977). Phänologische entwicklungsstadien der rebe. Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzd (Braunschweig), 29:119-120.
48. Falqué E., Ferreira A.C., How T., Guedes-Pinho P. (2004). Determi- nation of aromatic descriptors of Touriga Nacional wines by sensory descriptive análisis. Flavour Frag. J. 19, 298-302.
49. Fandiño M., Malheiro A.C., Trigo-Córdoba E., Mirás-Avalos J.M., Martínez E.M., Moutinho-Pereira J., Dinis L.T., Ferreira H., Rey B.J., Correia C.M., Cancela J-J.* (2014). 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 - Retos Actuales de I+D en Viticultura.
50. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación). Marcadores moleculares: una herramienta para explorarla diversidad genética. En: Rischkowsky B., Pilling D. editores. La situación de los recursos zoogenéticos mundiales para la alimentación y la agricultura, Roma, 2010; p. 393-419.
51. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación). Guía la descripción de Suelos, Roma, 2009.
52. Ferreira V., Ortín N., Escudero, A., López R., Cacho J. (2002). Chemical characterization of the aroma of grenache rose wines: aroma extract dilution analysis, quantitative determination, and sensory reconstitution studies. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50: 4048-4054. 72.
53. Ferreira, V., López, R., Escudero, A., & Cacho, J. F. (1998). The aroma of Grenache red wine: hierarchy and nature of its main odorants. Journal of the Science of Food and Agriculture, *77*(2), 259-267.
54. Flanzy C. (2003). Enología: Fundamentos científicos y tecnológicos. AMV Ediciones.

55. 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), p. e108078
56. Fragasso M., Antonacci D., Pati S., Lamacchia F., Baiano A., Coletta A., La Notte E. (2010). Influence of glutathione addition on volatile Profile of Trebbiano and Bombino Bianco wines. Research Unit for table grape and wine growing and wine producing in Mediterranean environment. CRA-UTV, Turi, 1-5.
57. Francis I.L., Sefton M.A., Williams P. J. (1992). Sensory descriptive analysis of the aroma of hydrolyzed precursor fractions from Semillon, Chardonnay and Sauvignon Blanc grape juices. J. Sci Food Agric 59:511-520.
58. Franco Aladren E. (2004). Estudio del nivel de potasio en el peciolo de la hoja y su relación con el pH y concentración de potasio en vino. Viticultura/Enología Profesional 90:7
59. Freijido M.R. (2012). Tesis: Estudio nutricional y de composición del mosto de las variedades más importantes de la Denominación de Origen Ribeiro. Universidad de Vigo.
60. Fuente-Lloreda, M. (2008). Caracterización geométrica, ecofisiológica y evaluación agronómica de sistemas continuos de vegetación libre (SPRAWL) vs. espaldera para atenuar la sobreexposición de hojas de racimos en cv. syrah (Vitis vinifera L.) en viñedos de zonas cálidas (Doctoral dissertation, Agronomos).
61. Fundación Juana de Vega. Martínez M.C., Boso S., Santiago J.L, Gago P., Alonso-Villaverde V., Blanco P., López C., Orriols I. (2012). Variedades de vid de interés comercial para la zona vitícola de Betanzos. Ed. Fundación Juana de Vega, 186 pp.
62. García A., Loureiro M.D., Fernández N., Fernández O., Moreno-Sanz P., Picinelli A., Suárez B. (2010). Estudio enológico de variedades minoritarias blancas de vid del Principado de Asturias. VII Foro mundial del vino, 15-15.
63. García-Escudero E., Zaballa O., Lahoz I., Arroyo de Grandes M.C. (2001). Influencia de la variedad en la composición mineral de hojas de vid (Vitis vinifera L.) y en la calidad del vino. IV Congreso Iberico de Ciencias Horticolas. Caceres. p.1701-1708.
64. Gaussen H., Bagnouls F. (1953). Saison seche et indice xerotermique. Toulouse: Université de Toulouse, Faculté des Sciences, 1953.
65. Gómez E., Martínez A., Laencina J. (1995). Changes in volatile compounds during maturation of some grape varieties. Journal of the Sciences and Food Agriculture, 67: 229-233
66. Grando M.S., Frisinghelli C. (1998). Grape microsatellite markers: Sizing of DNA alleles and genotype analysis of some grapevine cultivars. Vitis 37(2):79-82
67. Guitián F., Carballas T. (1976). Técnicas de análisis de suelos (segunda edición ampliada y puesta al día). Editorial Universitaria Pico Sacro. Santiago de Compostela, España.
68. Gunata Y.Z., Bayonove C.L., Baumes R.L., Cordonnier, R.E. (1985). The aroma of grapes I. Extraction and determination of free and glycosidically bound fractions of some grape aroma components. *Journal of Chromatography A*, *331*, 83-90
69. Hack, H., Bleiholder, H., Buhr, L. Meier, U. Schmock-Fricke U. Weber, E.; Witzwbwrger, A. (1992) Einheitliche Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen. Erweiterte BBCH-Skala, Allgemein. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzen- schutz. 44, 265-270.
70. Hernández-Orte P., Ibarz M.J., Cacho J., Ferreira V. (2005). Effect of the addition of ammonium and amino acids to musts of Airen variety on aromatic composition and sensory properties of the obtained wine. Food Chemistry, 89(2), 163-174.
71. Heymann H., Noble C. (1989). Comparison of Canonical Variate and Principal Component Analyses of Wine Descriptive Analysis Data. Food Science. Volume 54, Issue 5, September 1989, Pages 1355-1358.
72. Hidalgo L. (1999). Tratado de Viticultura. 2a ed. Mundi-Prensa. Madrid (España).
73. Huglin P. (1986). Biologie et écologie de la vigne. Payot Lausanne. París.
74. Iacono F., Bertamini M., Scienza A., Coombe B. (1995). Differential effects of canopy manipulation and shading of Vitis vinifera L. cv. Cabernet Sauvignon. Leaf gas exchange, photosynthetic electron transport rate and sugar accumulation in berries. Vitis 34(4), 201- 206.
75. Ibáñez J., Vélez M.D., de Andrés M. T., Borrego, J. (2009). Molecular markers for establishing distinctness in vegetatively propagated crops: a case study in grapevine. Theoretical and Applied Genetics, 119(7), 1213-1222.
76. Ibañez J., Van Eeuwijk F.A., Spain, H. (2003). Microsatellite profiles as a basis for intellectual property protection in grape. Acta Horticulturae, 603, 41-47.
77. Intrigliolo D.S., Castel J.R. (2006). Performance of various water stress indicators for prediction of fruit size response to deficit irrigation in plum. Agricultural Water Management, 83(1-2), 173-180.
78. ISO Norma 8589, (1988)
79. Jackson D.I., Lombard P.B. (1993). Environmental and Management Practices Affecting Grape Composition and Wine Quality. American Journal of Enology and Viticulture, 44: 409-430.
80. Kalra Y.P. (1998). Handbook of Reference Methods for Plant Analy-sis. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
81. Kamprath, E.J. (1970). Exchangeable aluminum as a criterion for liming leached mineral soils. Soil Science Society of America Journal, 34(2), 252-254.
82. Munsell Soil Color Charts (KIC, 1990).
83. Kliewer, W. M. (1970). Effect of day temperature and light intensity on coloration of *Vitis vinifera* L. grapes. Journal of the American Society of Horticultural Science, 95, 693-7.

TUSGal

84. Kliewer W.M., Lider L.A. (1968). Influence of cluster exposure to the sun on the composition of Thompson Seedless fruit. American Journal of Enology and Viticulture, 19(3), 175-184.
85. Kliewer W.M., R.E. Smart. (1989). Canopy manipulation for optimiz-ing vine microclimate, crop yield, and composition of grapes, p. 275–291. In: C.J. Wright (ed.). Manipulation of Fruiting. Butterworth, London.
86. Kliewer, W. (1977). Influence of temperature, solar radiation and nitrogen on coloration and composition of Emperor grapes. American Journal of Enology and Viticulture. 28. 96-103.
87. Kliewer W. (1971). Effect of nitrogen on growth and composition of fruits from Thompson Seedless grapevines. Journal of American Horticulture Science 96:816-819.
88. Kliewer W.M, Freeman B.M., Hossom C. (1983). "Effect of irrigation, crop level and potassium fertilization on Carignane vines. I. Degree of water stress and effect on growth and yield". American Journal of Enology and Viticulture. 34. 186-196.
89. Kliewer W.M., Dokoozlian N. (2005). "Leaf area/crop weight ratios of grapevines: influence on fruit composition and wine quality". Am. J. Enol. Vitic. 56. 170-181.
90. Lambrechts M.G., Pretorius I.S. (2000). Yeast and its importance to wine aroma. South African Journal of Enology and Viticulture, 21: 97-129.
91. Lorenz D.H., Eichhorn K.W., Bleiholder H., Klose R., Meier U., Weber E. (1995). Growth Stages of the Grapevine: Phenological growth stages of the grapevine (Vitis vinifera L. ssp. vinifera)—Codes and descriptions according to the extended BBCH scale. Australian Journal of Grape and Wine Research, 1(2), 100-103
92. Loureiro M.D., Moreno-Sanz P., Suárez B. (2017). Agronomical characterization of minority grapevine cultivars from Asturias (Spain). Ciência e Técnica Vitivinícola, 32(2), 102-114.
93. Macaulay L.E., Morris, J.R. (1993). Influence of cluster exposure and winemaking processes on monoterpenes and wine olfactory evaluation of Golden Muscat. American Journal of Enology and Viticulture, 44(2), 198-204.
94. MAPA (2005). Los parásitos de la vid. Estrategias de protección razonada. Ed. Mundi-Prensa. 391 pp.
95. Marais J., Pool H.J. (1980). Effect of storage time and temperatura on the volatile composition and quality of dry white table wines. Vitis 19: 151-164
96. Marais J., Van Wyk C., Rapp A. (1992). Effect of sunlight and shade on norisoprenoid levels in maturing Weisser Riesling and Chenin blanc grapes and Weisser Riesling wines. South African Journal of Enology and Viticulture 13 (1): 23- 32.
97. Martínez-Zapater J.M., Ibáñez J. (2017). Origen y parentescos de las variedades de vid cultivadas en Galicia. En: El potencial aromático de las variedades de vid cultivadas en Galicia. Ed. Xunta de Galicia. (DL: C 903-2017)
98. Masa A., Vilanova M., Pomar F., (2007). Varietal differences among the flavonoid profiles of white grape cultivars studied by high-performance liquid chromatography. Journal of Chromatography A, 1164: 291-297.
99. McLean, E.O. (1965). Aluminum. Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties, 9, 978-998.
100. Medrano H., Escalona J.M., Bota, J., GulV≠as 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.
101. 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.
102. Meier U. (2001) Growth Stages of Mono- and Dicotyledonous Plants - BBCH Monograph. 2nd Ed.
103. Mirás-Avalos J. M., Trigo-Córdoba E.T., Bouzas-Cid Y.B., Diaz-Losada E.D., Fernández, Orriols I. (2013). Relación entre humedad del suelo y estado hídrico de Albariño bajo condiciones de riego y secano. Proc XI Jornadas de Investigación de la Zona no Saturada del Suelo; Dafonte et al. (eds.). Lugo, Spain. http://www.zonanosaturada.com/ zns13/publications_files/2.2.pdf.
104. Mirás-Avalos J.M., Trigo-Córdoba E., Bouzas-Cid Y. (2014). Does predawn water potential discern between irrigation treatments in Galician white grapevine cultivars. OENO One, *48*(2), 123-127.
105. Mirás-Avalos J.M., Fandiño M., Trigo-Córdoba E., Rey B.J., Orriols I., Cancela J.J. (2017a). Influence of irrigation on consumer acceptability of Albariño and Godello wines. LWT-Food Science and Technology, 85, 345-352.
106. Mirás-Avalos J.M., Fandiño M., Trigo-Cordoba E., Martinez E.M., Moutinho-Pereira J., Correia C.M., Dinis L.T.; Rey B.J.; Malheiro A.C., Cancela J.J. (2017b). Effects of surface and subsurface drip irrigation on physiology and yield of 'Godello'grapevines grown in Galicia, NW Spain. Ciência e Técnica Vitivinícola, 32(1), 42-52.
107. Mirás-Avalos J.M., Fandiño M., Rey B.J., Dafonte J., Cancela J.J. (2020). Zoning of a Newly Planted Vineyard: Spatial Variability of Physico-Chemical Soil Properties. Soil Systems, 4(4), 62.
108. Mirás-Avalos J.M., Araujo E.S. (2021). Optimization of vineyard water management: Challenges, strategies, and perspectives. Water (Switzerland), vol. 13, no. 6, pp. 1–32
109. Moore S. Stein W.H. (1954). A modified ninhydrin reagent for the photometric determination of amino acids and related compounds. J Biol Chem. 1954 Dec;211(2):907-13. PMID: 13221596.
110. Moreno-Sanz, P. (2011). Caracterización de los recursos fitogenéticos de vid (*Vitis vinifera* L.) del Principado de Asturias. Tesis Doctoral Univ. Cordoba.
111. Ohkubo T., Noble A.C., Ough C.S. (1987). Evaluation of Californian Chardonnay wines by sensory and chemi- cal analyses. Science Aliments 7, 573-587.
112. OIV (2016). Código Internacional de Prácticas Enológicas.
113. OIV (2020). Informe Datos estadísticos.
114. OIV (2019). Lista de Descriptores OIV para Variedades de Vid y Especies de *Vitis*.

115. Oliveira J.M., Oliveira P., Baumes R.L., Maia M.O. (2008). Volatile and glycosidically bound composition of Loureiro and Alvarinho wines. Food Science and Technology International, 14: 341-353.
116. Oliveira C. Ferreira A.C., Costa P., Guerra J., Guedes de Pinho P. (2004). Effect of some viticultural parameters on the grape carotenoid profile. Journal of Agricultural and Food Chemistry 52: 4178- 4184.
117. Olsen S.R., Dean L.A. (1965). Phosphorus. En: Methods of soil análisys. Part 2, Agronomy 9. Black, C.A. Ed. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin (USA) 403-430.
118. Otero Mazoy I. (2015). Tesis: Influencia del deshojado precoz en las características de mostos y vinos de Vitis vinifera cv Albariño en la D.O. Rías Baixas.
119. Park S.D.E. (2001). Trypanotolerance in west African cattle and the population genetic effects of selection. Ph.D. Tesis. Univ. Dublin, Dublin, Ireland.
120. Patakas A., Noitsakis B., Chouzouri A. (2005). Optimization of irrigation water use in grapevines using the relationship between transpiration and plant water status. Agriculture, Ecosystems & Environment, 106(2), 253-259.
121. Peech M. (1965). Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties.
122. Peláez H. (1999). Balance de radiación fotosintéticamente activa, microclima luminoso y evaluación fisiológica y agronómica de distintos sistemas de conducción en diferentes regímenes hídricos en el cultivo de la vid (Vitis vinifera L.). Producción Vegetal: Fitotécnia. E.T.S.I.A. U.P.M. Madrid. 272.
123. Poux C., Ournac A., (1970). Acides amines libres et polypeptides du vin. Ann. Technol. Agric, 19: 217-237.
124. Rapp A. and Mandery H. (1986). Wine aroma. Experientia, 42: 873-884.
125. Reglamento de la Denominación de Origen Ribeira Sacra y de su Consejo Regulador (BOE 24 febrero de 2010)
126. Reglamento de la IXP Betanzos. (DOG Núm. 60, 27 de marzo de 2012)
127. Reglamento pliego de condiciones de la denominación de origen protegida Ribeira Sacra (DOG 10 de julio de 2018).
128. Registro Viticola de Galicia (RVG, 2015)
129. Regner F., Stadlbauer A., Eisenheld C., Kaserer, H. (2000). Genetic relationships among Pinots and related cultivars. American Journal of Enology and Viticulture, 51(1), 7-14.
130. Reynolds, A., Pool, R.M., Mattick, L.R. (1986). Quality of Seyval blanc grapes. Vitis, 25, 85-95.
131. Reynolds A.G., Wardle D.A., Hall J.W., Dever M. (1995). Fruit maturation of four Vitis vinifera cultivars in response to vineyard location and basal leaf removal. American Journal of Enology and Viticulture, 46(4), 542-558.
132. Reynolds A.G., Schlosser J., Sorokowsky D., Roberts R., Willwerth J., De Savigny, C. (2007). Magnitude of viticultural and enological effects. II. Relative impacts of cluster thinning and yeast strain on composition and sensory attributes of Chardonnay Musqué. American Journal of Enology and Viticulture, 58(1), 25-41.
133. Reynolds A G., Wardle D.A. (1989). Influence of fruit microclimate on monoterpene levels of Gewürztraminer. American Journal of Enology and Viticulture, 40(3), 149-154.
134. Reynolds A., Wardle D.A., Dever M. J. (1996). Vine performance, fruit composition, and wine sensory attributes of Gewürztraminer in response to vineyard location and canopy manipulation. American Journal of Enology and Viticulture · January 1996. 47(1):77-92
135. Robinson A.L, Boss P.K., Solomon P.S., Trengove R.D., Haymann H., Ebeler, S.E. (2014). Origins of grape and wine aroma. Part. 1 Chemical components and viticultural impacts. American Journal of Enology and Viticulture, 65: 1-15.
136. Rodríguez B. (1994). El cultivo de la vid en las Comarcas del interior de Galicia: Fertilidad de los suelos y estado nutricional de las variedades autoctonas. Facultad de Biologíaa. Universidad de Santiago (España).
137. Rodríguez M., Cancela J.J., Pérez-Añón R., Fandiño P., González X.P. (2019). Management of large vineyard areas using multispectral images of uavs and satellites. In Geophysical Research Abstracts (Vol. 21).
138. Rouse J.W., Haas R.H., Schell J.A., Deering D.W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. NASA special publication, 351(1974), 309.
139. Sánchez-de-Miguel P., Baeza P., Junquera P., Lissarrague J.R. (2010). Vegetative development: total leaf area and surface area indexes. In Methodologies and results in grapevine research (pp. 31-44). Springer, Dordrecht.
140. Sanchez-Palomo E., Diaz-Maroto M.C., Gonzalez-Viñas M.A., Soriano-Pérez A., Pérez Coello M.S. (2007). Aroma profile of wines from Albillo and Muscat grape varieties at different stages of ripening. Food Chemistry, 18: 398-403.
141. Santesteban L. G., Urretavizcaya I., Miranda C., García A., Royo J.B. (2013). Agronomic significance of the zones defined within vineyards early in the season using NDVI and fruit load information. In Precision Agriculture 2013 - pp. 641–647. Wageningen Academic Publishers
142. Scholander P.F., Hammel H.T., Brandstreet E.T., Hemmingsen E. (1965). Sap pressure in vascular plants. Science 148, 339-346.
143. Schubert A., Restagno M., Novello, V. (1995). Effects of shoot orientation on growth, net photosynthesis, and hydraulic conductivity of *Vitis vinifera* L. cv. Cortese», American Journal of Enology and Viticulture 1995; 46: 324–328.
144. Schulte E.E., Hopkins, B.G. (1996). Estimation of soil organic matter by weight loss-on-ignition. Soil organic matter: Analysis and interpretation, 46, 21-31.
145. Schulthess D.D., Ettlinger L. (1978). Influence of the concentration of branched chain aminoacids on the formation of fusel alcohols. Journal of Institute of Brewing, 84 (4): 240-243.

146. Schultz H.R., Kiefer W., Gruppe, W. (1996). Photosynthetic duration, carboxylation efficiency and stomatal limitation of sun and shade leaves of different ages in field-grown grapevine (Vitis vinifera L.). *Vityis-Geilweilerhof*, *35*, 169-176.
147. Sefc K.M., Lopes M.S, Lefort F., Botta R., Roubelakis-Angelakis K.A., Ibáñez J., Steinkellner H. (2000). Microsatellite variability in grapevine cultivars from different European regions and evaluation of assignment testing to assess the geographic origin of cultivars. Theoretical and Applied Genetics, 100: 498-505.
148. Smart R.E. (1985). Principles of Grapevine Canopy Microclimate Manipulation with Implications for Yield and Quality. A Review.
149. Smart R.E., Sinclair T.R. (1976). Solar heating of grape berries and other spherical fruits. Agricultural Meteorology, 17(4), 241-259.
150. Smart R., M. Robinson (1991). Sunlight into Wine. A handbook for winegrape canopy management. Winetitles, Adelaide.
151. Smart R., Kliewer W-, (1987). Influence of light on composition and quality of grapes. In grapevine canopy and vigor management. Acta Horticulture 206:37-43.
152. Smith S., Codrington I.D., Robertson M., Smart R.E. (1988). Viticultural and oenological implications of leaf removal for New Zealand vineyards. Second International Cool Climate Viticulture and Oenology Symposium, Auckland, New Zealand.
153. Spayd S.E., Tarara J.M., Mee D.L., Ferguson J.C. (2002). Separation of sunlight and temperature effects on the composition of Vitis vinifera cv. Merlot berries. American journal of enology and viticulture, *53*(3), 171-182.
154. Thomas M.R., Cain O., Scott N.S. (1994). DNA typing of grapevines: A universal methodology and database for describing cultivars and evaluating genetic relatedness. Plant Molecular Biology, 25: 939-949.
155. Thompson N.M., Olmo H.P. (1963). Cytohistological studies of cytochimeric and tetraploid grapes. Amer. J. Bot., 50, 901-906.
156. Tonietto J., Carbonneau, A. (2004) A Multicriteria Climatic Classification System for Grape-Growing Regions Worldwide. Agricultural and Forest Meteorology, 124, 81-97
157. Trigo Cordoba E. (2015). T. D. Respuesta fisiologica y agronómica de variedades gallegas de vid a diferentes practicas de cultivo: Cubiertas vegetales y riego.
158. Trigo-Córdoba E., Bouzas-Cid Y., Orriols-Fernández, I., Mirás-Avalos J. M. (2015a). 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.
159. Trigo-Córdoba E., Bouzas-Cid Y., Orriols-Fernández I., Díaz-Losada E., Mirás-Avalos J.M. 2015b. Influence of cover crop treatments on the performance of a vineyard in a humid region. Span. J. Agric. Res., 13, e0907
160. Van den Berg A. K., Perkins T. D. (2004). Evaluation of a portable chlorophyll meter to estimatechlorophyll and nitrogen contents in sugar maple (Acer saccharum Marsh.) leaves. Forest Ecology and Management 200 (2004) 113–117.
161. van Leeuwen C., Trégoat O., Choné X., Bois B., Pernet D., Gaudillére, 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. OENO One, 43(3), 121-134.
162. van Leeuwen C., de Rességuier L. (2018). Major soil-related factors in terroir expression and vineyard siting. Elements: An International Magazine of Mineralogy, Geochemistry, and Petrology, 14(3), 159-165.
163. Loureiro, M. D., Moreno, P., & Suárez, B. (2011). Variedades de vid de Asturias. Ed. SERIDA. Villaviciosa (Asturias). 163 páginas.
164. Vasconcelos, M.C., Castagnoli S. (2000). Leaf canopy structure and vine performance. American Journal of Enology and Viticulture. 51(4), 390-396.
165. Vélez Tébar M.D., Ferrer Cebrián E. (dir). (2007). Estudio de un sistema de marcadores microsatélites para la protección y defensa legal de variedades de vid (Vitis vinífera L.), [Tesis doctoral]. Universidad de Alcalá.
166. Vélez M.D., Ibañez J. (2012). Assessment of the uniformity and stability of grapevine cultivars using a set of microsatellite markers. Euphytica 186 (2):419-432.
167. Vilanova M., Escudero A., Graña M., Cacho J. (2013). Volatile composition and sensory properties of North West Spain white wines. Food Research International 54: 562-568
168. Vilanova M., Campo E., Escudero A., Graña M., Masa A., Cacho J. (2012). Volatile composition and sensory properties of Vitis vinifera red cultivars from North West Spain: Correlation between sensory and instrumental analysis. Analytica Chimica Acta, 720: 104-111.
169. Vilanova M., Genisheva Z., Bescansa L., Mas, A., Oliveira J.M. (2009). Volatile composition of wines from Vitis vinífera Agudelo, Serradelo and Blanco Lexítimo from Betanzos (NW Spain). Journal of the Institute of Brewing, 115: 35-40.
170. Vilanova M., Genisheva Z., Bescansa L., Masa A., Oliveira J.M. (2012). Changes in free and bound fractions of aroma compounds of four Vitis vinifera cultivars at the last ripening stages. Phytochemistry, 74: 196-205
171. Vilanova M., Vilariño F. (2006). Influence of geographic origin on aromatic descriptors of Spanish Albariño wine. Flavour and Fragrance Journal 21(2):373-378
172. Vilanova M., de la Fuente M., Fernández-González M., Masa A. (2009). Identification of New Synonymies in Minority M. Grapevine Cultivars from Galicia (Spain) Using Microsatellite Analysis. American Journal of Enology and Viticulture. 60 (2): 236-240.

173. Vilanova M., Fandiño M., Frutos S., García-Escudero E., Martín I., Rey B.J., Cancela J.J. (2011). Influencia del riego sostenido sobre el rendimiento y el aroma del cultivar Albariño. Segundas jornadas de viticultura de la SECH.
174. Vilanova M., Soto B. (2005). The impact of geographic origin on sensory properties of Vitis vinífera cv. Mencía. Journal of Sensory Studies, 20: 503-511.
175. Vilanova M., Ugliano M., Varela C., Siebert T., Pretorius I.S., Henschke P.A. (2007). Assimilable nitrogen utilisation and production of volatile and non-volatile compounds in chemically defined medium by Saccharomyces cerevisiae wine yeasts. Microbial Biotechnology. 2007 nov;77(1):145-57.
176. Vilanova M., Oliveira J.M., Rivas R., Alonso J.C., Martínez-Zapater J.M., Ibañez J., Cacho J. (2017). El potencial aromático de las variedades de vid cultivadas en Galicia. Ed. Xunta de Galicia. (DL: C 903-2017)
177. Villaseca S., Novoa S.A., Muñoz I. (1986). Fenología y sumas de temperatura en 24 variedades de vid. Agricultura técnica.
178. Wagner H.W., Sefc K.M. (1999). Identity 4.0 Web. Available from: http://www.uni- graz.at/~sefck/ (accessed 3.05.10)
179. Williams P.J., Strauss C.R., Wilson B. (1980). Hydroxilated linalool derivatives as precursors of volatile monoterpenes of muscat grapes. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 28: 766-771.
180. Willams P.J., Strauss C.R., Wilson B., Massy-Westropp R.A. (1982). Studies on the hydrolysis of *Vitis vinifera* monoterpene precursor compounds and model monoterpene-b-D-glucosides rationalizing the monoterpene composition of grapes. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 30: 1219-1223.
181. Williams L.E., Dokoozlian N.K., Wample R. (1994). Grape. Handbook of environmental Physiology of fruit crops. Vol I. Temperature crops. B. Shaffer and P. Andersen (Eds.) pp.85-233. CRS Press, Inc. Florida, USA.
182. Williams L.E., Araujo F. J. (2002). Correlations among leaf, midday leaf and midday stern wáter potential and their correlations with other measures of soil and plant wáter status in Vitis vinífera. American Journal of Enology and Viticulture. 127, 448-454.
183. Wilson B. Strauss C.R., Williams P.J. (1984). Changes in Free and Glycosidically Bound Monoterpenes in Developing Muscat Grapes. J. Agric. Food Chemistry. 1984, 32, 919-924.
184. Yuste, J., Gutiérrez, I., Rubio, J. A., Alburquerque, M. V. (2004). Réponse des potentiels hydriques de la feuille et du xylème comme indicateurs de l'état hydrique de la vigne, cépage Tempranillo, soumis à différents régimes hydriques dans la vallée du Douro. Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin, 38(1), 21-26.
185. Zamboni, M. y Fregoni, M. (1991). La viticultura y la acidez del mosto. Viticultura/ Enología 14:29-37.
186. Zoecklein B.W., Wolf T.K., Duncan N.W., Judge J.M., Cook M.K. (1992). Effects of fruit zone leaf removal on yield, fruit composition, and fruit rot incidence of Chardonnay and White Riesling (Vitis vinifera L.) grapes. American Journal of Enology and Viticulture 43, 139– 48.
187. Zoecklein, B.W., Wolf T., Pélanne, L., Miller M.K., Birkenmaier S.S. (2008). Effect of vertical shoot-possitioned, smart-dyson and geneva double curtain training systems on Viognier grape and wine composition. American Journal of Enology and Viticulture 59 (1): 11-21.

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Se ha realizado la evaluación del potencial agronómico y enológico de la escasísima variedad Blanco Lexítimo en las condiciones de cultivo de Ribeira Sacra. Para ello, se ha realizado un estudio microclimático y edafológico, calculando los índices: HI, CI, de Winkler-Amerine, el período libre de heladas y la evapotranspiración de referencia (ETo). Se procedió también, a determinar la composición química y la evaluación de su potencial ecofisiológico y agronómico.
Finalmente se evaluó su potencial enológico, analizando la composición físico-química y aromática de los mostos y vinos obtenidos, que se sometieron a un análisis organoléptico.