

Trabajo Fin de Grado

Comportamiento de variedades de vid resistentes a
enfermedades fúngicas en la comarca del
Somontano

Behavior of fungal-resistant grapevine varieties in
the Somontano region

Autor

Antonio Bernad Eustaquio

Director/es

José Casanova Gascón
Pablo Martín Ramos

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría comenzar transmitiendo mi más sincero agradecimiento a Viñas del Vero, y en especial a D. José María Ayuso, por haberme brindado la oportunidad de realizar este trabajo de investigación tan interesante y novedoso dentro del sector vitivinícola.

A D. Sergio Torres, mi tutor de campo, por su amable asesoramiento en todo lo relativo a las enfermedades de la vid.

Al Prof. José Casanova, por su inestimable ayuda y consejo, tanto en campo como en la interpretación de resultados, y al Prof. Pablo Martín, por solventar todos los problemas tecnológicos a lo largo de estos meses.

Por último, a mi familia, por estar siempre ahí, y a mis amigos, con quien comparto el día a día.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Contexto y motivación	1
1.2. Avances en el campo de la viticultura sostenible en los últimos años	3
1.3. Objetivos	6
1.4. Información general sobre las enfermedades objeto de estudio	6
1.4.1. Mildiu (<i>P. viticola</i>)	6
1.4.1.1. Ciclo biológico	6
1.4.1.2. Sintomatología	7
1.4.1.3. Estrategias de lucha	8
1.4.2. Oídio (<i>U. necator</i>)	11
1.4.2.1. Ciclo biológico	11
1.4.2.2. Sintomatología	11
1.4.2.3. Estrategias de lucha	13
1.4.3. Podredumbre gris (<i>B. cinerea</i>)	14
1.4.3.1. Ciclo biológico	14
1.4.3.2. Sintomatología	15
1.4.3.3. Estrategias de lucha	16
2. MATERIAL Y MÉTODOS	19
2.1. Climatología y edafología	19
2.2. Material vegetal	21
2.3. Emplazamiento y técnicas culturales	23
2.4. Metodología en campo	27
2.4.1. Fenología	27
2.4.2. Ampelografía	27
2.4.3. Tasa de cuajado	27
2.4.4. Seguimiento agronómico	28
2.4.5. Deriva de fitosanitarios	28
2.4.6. Seguimiento climático	31
2.4.7. Seguimiento de enfermedades	32
2.4.8. Tratamiento estadístico	34
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
3.1. Fenología	37
3.2. Ampelografía	38
3.3. Tasa de cuajado	40
3.4. Resultados de la maduración	41
3.5. Índice de Ravaz	41
3.6. Deriva de fitosanitarios	43
3.7. Coste de tratamientos	44
3.8. Datos climáticos	44
3.9. Mildiu (<i>P. viticola</i>)	46
3.9.1. Resultados de enfermedad en hoja	46
3.9.1.1. Grado de ataque de mildiu en hoja	47
3.9.1.2. Intensidad de ataque de mildiu en hoja	48

3.9.1.3. Incidencia de ataque de mildiu en hoja	48
3.9.1.4. Eficacia de tratamiento de mildiu en hoja	48
3.9.2. Resultados de enfermedad en racimo.....	48
3.9.3. Modelización de mildiu.....	48
3.10.Oídio (<i>U. necator</i>)	49
3.10.1. Resultados de enfermedad en hoja	49
3.10.1.1. Grado de ataque de oídio en hoja.....	49
3.10.1.2. Intensidad de ataque de oídio en hoja.....	51
3.10.1.3. Incidencia de ataque de oídio en hoja	52
3.10.1.4. Eficacia de tratamiento de oídio en hoja	52
3.10.2. Resultados de enfermedad en racimo	53
3.10.2.1. Grado de ataque de oídio en racimo.....	53
3.10.2.2. Intensidad de ataque de oídio en racimo.....	55
3.10.2.3. Incidencia de ataque de oídio en racimo	56
3.10.2.4. Eficacia de tratamiento de oídio en racimo	56
3.10.3. Modelización de oídio	57
3.11.Podredumbre gris (<i>B. cinerea</i>).....	58
3.11.1. Resultados de enfermedad en hoja	58
3.11.2. Resultados de enfermedad en racimo	58
3.11.2.1. Grado de ataque de podredumbre gris en racimo.....	59
3.11.2.2. Intensidad de ataque de podredumbre gris en racimo.....	59
3.11.2.3. Incidencia de ataque de podredumbre gris en racimo	60
3.11.2.4. Eficacia de tratamiento de podredumbre gris en racimo	60
3.11.3. Modelización de la podredumbre gris	61
3.12.Vinificación	61
3.12.1. Vendimia	61
3.12.2. Obtención del mosto.....	62
3.12.3. Análisis pre-fermentación	62
3.12.4. Transporte/clarificado.....	62
3.12.5. Fermentación	63
3.12.6. Fin fermentación	66
3.12.7. Embotellado	66
3.12.8. Análisis post-embotellado.....	66
3.12.9. Análisis sensorial	66
4. CONCLUSIONES	69
5. BIBLIOGRAFÍA.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mancha de aceite provocada por mildiu en haz y fructificación en envés (Ministerio de Agricultura, 2014b).	7
Figura 2. Mosaico y desecación parcial en hojas (Ministerio de Agricultura, 2014b).	8
Figura 3. Racimos en forma de S y Tallo atacado por P. viticola (Ministerio de Agricultura, 2014a, 2014b).	8
Figura 4. Inicio de ataque de oídio en hoja (Alves & Carlos, 2013).	12
Figura 5. Ataque severo de oídio en hoja (Ministerio de Agricultura, 2014a)/ (Ministerio de Agricultura, 2014b).	12
Figura 6. Brotes y sarmientos atacados por oídio (Ministerio de Agricultura, 2014b) / (Alves et al., 2013).	13
Figura 7. Granos atacados por oídio (Alves & Carlos, 2013)/ (Ministerio de Agricultura, 2014).	13
Figura 8. Ataque de B. cinerea en hojas (Ministerio de Agricultura, 2014b) (CSIC, 2016).	15
Figura 9. Brotes y sarmientos atacados por B. cinerea (Ministerio de Agricultura, 2014b)/(CSIC, 2016; Ministerio de Agricultura, 2014a).	15
Figura 10. Inflorescencias atacadas por B. cinerea (Ministerio de Agricultura, 2014b)/(Ministerio de Agricultura, 2014a).	16
Figura 11. Granos atacados por B. cinerea (Ministerio de Agricultura, 2014b)/(Carisse et al., 2006).	16
Figura 12. Localización de las parcelas.	19
Figura 13. Esquemas de ubicación de variedades en parcela de estudio.	24
Figura 14. Efectos de la erinosis en hojas (Elaboración propia).	25
Figura 15. Colocación de mallas anti aves (Elaboración propia).	26
Figura 16. Papel hidrosensible / Aplicación de fitosanitarios (Elbaile, 2016).	29
Figura 17. Plano distribución del papel hidrosensible en la Parcela 1 (Elbaile, 2016).	29
Figura 18. Plano distribución del papel hidrosensible en la Parcela 2 (Elbaile, 2016).	30
Figura 19. Datalogger para monitorización de Tª y humedad in situ (Vickery, 2012).	31
Figura 20. Sensores de campo (Elaboración propia).	31
Figura 21. Izquierda: sensor de humedad en hoja (Elaboración propia); derecha: adaptador RJ11 a USB.	32
Figura 22. Recogida manual de madera de poda en campo (Elaboración propia).	42
Figura 23. Papeles hidrosensibles de: (A) fila Tratamiento; (B) filas de las variedades PIWI; (C) fila Testigo de la parcela 1, junto a sauvignon kretos; (D-E) filas Testigo de la parcela 2 junto a muscaris y sauvignier gris, respectivamente.	43
Figura 24. Temperaturas horarias obtenidas mediante "Moisture Meter Datalogger".	45
Figura 25. Resistividad horaria en hoja vs precipitaciones obtenida mediante "Moisture Meter Datalogger".	45
Figura 26. Comparativa de resistividades en mayo.	45
Figura 27. Daños producidos por mildiu (Elbaile, 2016).	46
Figura 28. Gráfica de temperaturas de sensores.	47
Figura 29. Gráfica de resistividades de todos los sensores.	48
Figura 30. Daños producidos por oídio (Elaboración propia).	49
Figura 31. Evolución temporal del oídio en hoja.	50
Figura 32. Intensidad de ataque (superficie de hoja atacada/superficie de hoja) en hoja U. necator.	52

Figura 33. Incidencia de oídio en hoja.....	52
Figura 34. Evolución temporal del oídio en racimo.....	54
Figura 35. Intensidad de ataque del oídio en racimo.....	55
Figura 36. Incidencia de oídio en racimo.....	56
Figura 37. Modelización de oídio según Gubler.	57
Figura 38. Daños provocados por podredumbre gris (Elaboración propia).	58
Figura 39. Evolución temporal de la Botrytis en racimo.	59
Figura 40. Intensidad de ataque de Botrytis en racimo.	59
Figura 41. Incidencia de Botrytis en racimo	60
Figura 42. Diagrama del proceso de vinificación.....	61
Figura 43. Vendimia en campo (Elaboración propia).	62
Figura 44. Garrafas de mosto en cámara de temperatura (Elaboración propia).	63
Figura 45. Cluster jerárquico de las distintas variedades estudiadas.....	68
Figura 46. Gráfica bidimensional de características de los vinos.	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tanto por ciento diario de desarrollo del mildiu (G. Barrios et al., 2004).....	10
Tabla 2. Gipsisol hipergípsico. Parámetros físicos y químicos (Badía et al., 2006).....	20
Tabla 3. Gipsisol hipergípsico. Parámetros físicos y químicos (Badía et al., 2006).....	20
Tabla 4. Gipsisol hipergípsico. Parámetros físicos y químicos (Badía et al., 2006).....	20
Tabla 5. Gipsisol hipergípsico. Parámetros físicos y químicos (Badía et al., 2006).....	21
Tabla 6. Características de sauvignon kretos (Morgante & Testolin, 2016).	21
Tabla 7. Características de sauvignier gris (Pritchard, 2016b; WBI, 2016).	22
Tabla 8. Características Muscaris (Pritchard, 2016a; WBI, 2016).	22
Tabla 9. Características sauvignon blanc (Chomé Fuster et al., 2003).....	23
Tabla 10. Dosis de riego campaña 2017 (Viñas del Vero).	25
Tabla 11. Labores de parcela (Viñas del Vero).	26
Tabla 12. Tratamientos aplicados en la parcela (Viñas del Vero).	27
Tabla 13. Escala de evaluación del porcentaje de órgano afectado (Elaboración propia).	33
Tabla 14. Principales estadios fenológicos (Elaboración propia).	37
Tabla 15. Caracterización ampelográfica.	39
Tabla 17. Cosenos cuadrados de las variables tras rotación Varimax (Elaboración propia).....	40
Tabla 18. Cosenos cuadrados de las observaciones tras rotación Varimax del segundo ACP (Elaboración propia).....	40
Tabla 19. Análisis de variedades en campo (Viñas del Vero).	41
Tabla 20. Datos de racimos en variedades PIWI (Elaboración propia).	41
Tabla 21. Tabla de datos de la campaña anterior (Elbaile, 2016).	41
Tabla 22. Resultados del cálculo de índice de Ravaz (Elaboración propia).....	42
Tabla 23. Costes estimados para tratamientos de mildiu y oídio (Elaboración propia).	44
Tabla 24. Prueba de Kruskal-Wallis para ataque de mildiu en hoja.....	47
Tabla 25. Conover-Iman para ataque de mildiu en hoja.....	47
Tabla 26. Prueba de Kruskal-Wallis para ataque de oídio en hoja.....	50
Tabla 27. Conover-Iman para ataque de oídio en hoja.....	50
Tabla 28. Prueba de Kruskal-Wallis para ataque de oídio en hoja en la parcela 1	51
Tabla 29. Conover-Iman para ataque de oídio hoja en la parcela 1	51
Tabla 30. Conover-Iman para hoja en parcela 2	51
Tabla 31. Eficacia del tratamiento (grado de ataque en cepas testigo vs. tratamiento) en racimo U. necator	53
Tabla 32. Prueba de Kruskal-Wallis para oídio en racimo en la parcela 1	54
Tabla 33. Conover-Iman para oídio en racimo en la parcela 1	54
Tabla 34. Prueba de Kruskal-Wallis para ataque de oídio en racimo en la parcela 2	55
Tabla 35. Conover-Iman para ataque de oídio en racimo en la parcela 2	55
Tabla 36. Eficacias de tratamiento para el oídio en racimo.....	56
Tabla 37. Eficacia de tratamiento de Botrytis en racimo.	60
Tabla 38. Rendimiento de producción.	61
Tabla 39. Análisis de uva a la entrada a bodega el 22/08/17	62
Tabla 40. Análisis de mostos tras su desfangado en la planta piloto de Zaragoza el día 23/08/17	63

Tabla 41. Muestras de mostos de cada variedad.	63
Tabla 42. Descriptor para la variedad control.	67
Tabla 43. Descriptor para la variedad sauvignon kretos.	67
Tabla 44.Descriptor para la variedad muscaris.	67
Tabla 45. Descriptor para la variedad sauvignier gris.	67
Tabla 46. Descriptor final de variedades.	67

Resumen

Las nuevas variedades de vid resistentes a enfermedades fúngicas (denominadas PIWI) constituyen una de las líneas de investigación más activas sobre material vegetal en viticultura. En el presente trabajo se ha realizado un seguimiento de la evolución e impacto de las tres enfermedades principales (Mildiu, Oídio y Botrytis) en parcelas de la D.O. Somontano, comparando plantas PIWI con variedades convencionales como *sauvignon blanc* en condiciones reales de cultivo durante la campaña 2016-2017. Si bien los daños provocados por enfermedades fúngicas en la variedad testigo fueron más bajos que en la campaña anterior debido a las condiciones climáticas, se ha podido confirmar la ausencia de afección en las tres variedades PIWI. En base a los resultados de producción, se ha observado el excelente potencial de la variedad *sauvignon kretos*. No obstante, en relación con los análisis de calidad del vino obtenido en microvinificaciones a partir de estos híbridos, el de la variedad *muscaris* sería el que presenta mejores propiedades organolépticas.

Palabras clave: *Botrytis cinerea*, microvinificación, PIWI, *Plasmopara viticola*, resistencia, *Uncinula necator*, *Vitis spp.*

Abstract

New vine varieties resistant to fungal diseases (referred to as PIWI) constitute one of the most active research lines on plant material in viticulture. In the work presented herein, the evolution and impact of three main diseases (mildew, powdery mildew and Botrytis) have been monitored in a vineyard of the Somontano Designation of Origin, comparing PIWI plants with conventional varieties such as *sauvignon blanc* under real conditions during the 2016-2017 campaign. Although the damages caused by fungal diseases in the control variety were lower than in the previous year due to the climatic conditions, it has been possible to confirm the absence of infection in the three PIWI varieties. Based on the production results, an excellent potential of *sauvignon kretos* variety has been observed. However, in relation to the quality analysis of the wine obtained in microvinifications from these hybrids, that of the *muscaris* variety would be the one with the best organoleptic properties.

Keywords: *Botrytis cinerea*, microvinification; PIWI, *Plasmopara viticola*, resistance, *Uncinula necator*, *Vitis spp.*

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Contexto y motivación

El cultivo de la vid (*Vitis vinifera* L.) es originario de regiones cercanas a los mares Negros y Caspio en Asia. Es uno de los más importantes del mundo en el ámbito frutícola debido a su superficie cultivada y valor económico (Bouquet, Torregrosa, Iocco, & R Thomas, 2006). En España se cultivan alrededor de 955.000 ha, según el MAPAMA (2017).

A su vez, este cultivo es también extremadamente vulnerable a diversas enfermedades de origen fúngico, principalmente a oídio (*Uncinula necator*), mildiu (*Plasmopara viticola*) y podredumbre gris (*Botrytis cinerea*) (Carrero & Planes, 2008).

Según la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV), la producción mundial de vino estimada para el año 2017 fue un resultado históricamente bajo, debido principalmente a las condiciones climáticas adversas. No obstante, España se mantuvo como tercer mayor productor del mundo.

Para conseguir estos niveles tan altos de producción es preciso controlar las principales enfermedades citadas anteriormente, lo cual -en la gran mayoría de los casos- se alcanza utilizando productos fitosanitarios. De hecho, el elevado uso de insumos por hectárea y año hace de la viticultura uno de los sectores agrarios con mayor uso de tratamientos químicos (Engelhart, 2017).

Debido al excesivo uso de estos productos, la Directiva Europea 2009/128/CE ha establecido bases reguladoras en su artículo 14. Este marco legal, unido a las crecientes exigencias del mercado, ha llevado a que en los últimos años se estén implementando sistemas de producción alternativos al convencional o tradicional, en los que se utilizan técnicas de producción sostenibles y no por ello menos eficaces. El proyecto europeo *PURE* (www.pure-ipm.eu) ha demostrado que existen soluciones disponibles para los productores, habiéndose evaluado tanto alternativas en fase de desarrollo como otras listas para su aplicación en la práctica. Parte de los pesticidas químicos sintéticos pueden ser sustituidos por agentes de control biológico para controlar plagas y patógenos, y la cantidad de tratamientos se puede reducir mediante el uso de sistemas de soporte de decisión, que identifican el momento óptimo para las aplicaciones (Pertot et al., 2016).

Al margen de la necesidad de prevenir el impacto negativo de los plaguicidas químicos sintéticos en la salud humana y el medio ambiente, la utilización de herramientas y métodos innovadores conlleva también beneficios desde un punto de vista económico. Según el nivel de resistencia de las variedades individuales, y por lo tanto de la reducción de las medidas de protección, se pueden ahorrar hasta unos 700 euros (por hectárea y año), mediante el uso de variedades con características que las hagan resistentes a los hongos, lo que significa un ahorro del 15% del total de los costes de producción (Eibach & Töpfer, 2004).

En base a lo anterior, los viticultores vienen mostrando un gran interés en reducir el uso de pesticidas a través de prácticas de manejo de plagas, como recientemente ha indicado Barker (2017), y las nuevas técnicas de viticultura de precisión están en auge (Ausín & Rodrigues, 2015).

En lo que respecta a la diversidad de variedades, en el mercado nacional, 34 variedades representan el 95% de la producción, y 9 producen el 80% de la uva. Este bajo aprovechamiento del potencial varietal se ve favorecido por la regulación administrativa, que restringe el cultivo de variedades en diversas zonas del país o denominaciones de origen. Esta misma problemática se presenta también en otros territorios (por ejemplo, en Francia, 15 variedades copan un 85% de la producción), y puede verse como un problema a nivel europeo: las variedades mayoritarias aumentan progresivamente su superficie de cultivo, mientras el retroceso de las minoritarias se hace más marcado.

La sensibilidad de dichas variedades, tanto de uso local como de gran producción, a las enfermedades ya mencionadas supone importantes pérdidas de producción y calidad. Para hacer frente a esta situación se viene actuando a dos niveles: (i) a través de la modelización de las enfermedades, que permite reducir daños en la plantación y obtener un producto de mejor calidad, y (ii) mediante la selección de *castas* de esas variedades inscritas en el registro que manifiestan resistencia a alguna de esas enfermedades (en trabajos recientes se han encontrado diversos clones con esas características deseables de resistencia).

Otro enfoque pasa por el desarrollo de nuevas variedades resistentes a hongos, más conocidas como “PIWI” (del alemán *Pilzwiderstandsfähig*) (Engelhart, 2017). En concreto, están diseñadas para eliminar (o minimizar) la afección de las tres principales enfermedades fúngicas comentadas anteriormente, que desde su introducción en Europa en el siglo XIX habían hecho inviable la producción de uva sin grandes cantidades de fungicidas (Montaigne, Coelho, & Khefifi, 2016).

En un principio se crearon en Francia los híbridos resistentes *V. americana* x *V. vinifera*, que fueron eliminados por el desagradable sabor que poseían los vinos resultantes. Avances subsiguientes en la investigación llevaron al descubrimiento de las PIWI a través de cruzamientos interespecíficos entre especies asiáticas *V. amurensis* y norteamericanas *V. rupestris*, que portan la alta resistencia, con especies mediterráneas *V. vinifera*, que aportan la calidad del vino (Lissarrague et al., 2016). En la actualidad, sólo se contempla la introducción de resistencia por multiplicación dirigida, mediante cruces repetitivos de la variedad noble con la variedad resistente, pese a ser un proceso lento. Estos cruces deben demostrar tanto su adaptación agronómica como su calidad enológica antes de ser inscritos en el registro. Es destacable que la Administración francesa viene obteniendo desde los años 50 nuevas variedades mediante retrocruzamientos con características de especial interés para el mercado: variedades resistentes de alta producción y de bajo grado alcohólico para elaborar zumos o mostos, variedades para bebidas espirituosas o coñac, variedades para vinos de calidad, o variedades de alta sostenibilidad.

Las modernas técnicas de modificación genética, de transgénesis o de cisgénesis, permitirían acelerar el proceso, pero tienen el inconveniente de que la normativa prohíbe el cultivo en Europa de las variedades obtenidas por este procedimiento, aparte de su baja aceptación social.

La expansión más rápida de las variedades resistentes se viene produciendo en Centroeuropa, donde la superficie cultivada se está ampliando año a año, sobre todo en territorios con alta presión de patógenos o para viticultura ecológica en zonas donde el número de tratamientos necesarios es especialmente alto. De hecho, algunas de las denominaciones de origen alemanas y austriacas ya han inscrito variedades resistentes en sus registros.

La regulación normativa europea es estricta, pero al mismo tiempo no es homogénea. En España, una vez presentada la descripción de la variedad en el registro (ya sea nueva o recuperada), pasa a un listado de variedades provisionales, para finalmente introducirse en el listado definitivo. La duración del proceso anterior es de aproximadamente 7 años, aunque se pueden dar casos con variedades autóctonas en los que es algo más breve, a diferencia de otros países de nuestro entorno, donde estos plazos se ven reducidos sustancialmente. Estas dificultades normativas y la incertidumbre sobre la respuesta del consumidor hacia vinos producidos sin residuos ni pesticidas hacen que en España los viticultores y enólogos aún sigan indecisos a la hora de incluir estas variedades PIWI en sus nuevas plantaciones (Montaigne et al., 2016).

Un aspecto clave que podría determinar el éxito o fracaso en la introducción de nuevas variedades es la nomenclatura. La OCVV (Oficina Comunitaria de Variedades Vegetales) permite la inscripción de las nuevas variedades resistentes empleando el nombre del parental de la variedad principal seguido de un término sin significado propiamente dicho: por ejemplo, *sauvignon kretos*, *merlot khorus*, *cabernet eidos*, etc. El hecho de que compartan parte del nombre con la variedad noble ha despertado una cierta polémica: por un lado, facilita su aceptación por parte del consumidor y su introducción en el mercado, pero hay sectores que entienden que puede llevar a confusión.

1.2. Avances en el campo de la viticultura sostenible en los últimos años

Las plantas, a diferencia de los animales, son organismos sésiles que carecen de un sistema circulatorio que transporte células inmunitarias especializadas. Sin embargo, poseen mecanismos de defensa que van desde barreras físicas (películas de cera en la superficie de sus órganos, paredes celulares rígidas, etc.), hasta potentes mecanismos moleculares de resistencia en cada célula y señales sistémicas provenientes del sitio de la infección que tienen marcadas similitudes con la inmunidad innata de los animales (Zipfel, 2008). Están constantemente expuestas a posibles patógenos y plagas y, por lo tanto, cuentan con un sistema inmune sofisticado para evitar estas amenazas, que de otro modo podrían tener consecuencias ecológicas y económicas devastadoras para los ecosistemas y la agricultura.

Las plantas emplean las quinasas receptoras (RK) y las proteínas similares a los receptores (RLP) como receptores de reconocimiento de patrones (PRR) para controlar su entorno apoplástico y detectar patrones propios y de autolesión como signos de peligro potencial. Los PRR de plantas contribuyen a resistencias basales y no hospedadoras, y el tratamiento con patrones moleculares asociados a patógenos/microbios (PAMP/MAMP) o patrones moleculares asociados a daños (DAMP) reconocidos por PRR de plantas induce inmunidad tanto local como sistémica. El uso potencial biotecnológico emergente de los PRR debería servir para mejorar la resistencia a enfermedades de amplio espectro, siendo potencialmente duradera en los cultivos (Boutrot & Zipfel, 2017).

A día de hoy, se han identificado numerosos marcadores genéticos relacionados con características agronómicas (tiempo de maduración de la fruta, color y tamaño de baya, acidez, etc.) y se está avanzando en el conocimiento de los genes responsables de los mecanismos de defensa de patógenos específicos (PSDM), que inducen a una respuesta hipersensible a la planta y contribuyen a la defensa de la misma (Elbaile, 2016).

Debido al gran poder de ataque que posee el mildiu, se vienen realizando investigaciones y descubriendo líneas de vid como la VpPR 10.1, que muestra resistencia al hongo gracias a la muerte celular (Hui et al., 2018). Se realizó el estudio una población biparental que segrega la resistencia al mildiu vellosa para identificar marcadores moleculares vinculados a la resistencia. La progenie de 202 individuos de un cruce de V3125 (línea de reproducción susceptible) con *Börner* (portainjerto resistente) se fenotipó en campo en cuatro temporadas y mediante la evaluación de discos de hojas infectados artificialmente. El mapeo de QTL (*quantitative trait loci*) reveló un locus de resistencia principal en el cromosoma 5 que explicaba hasta el 17,4% de la varianza fenotípica. Este nuevo locus de resistencia se llamó Rpv14. Se transmitió desde el abuelo masculino *V. cinerea* Arnold a *Börner* y está asociado con el marcador GF05-13 (Ochßner, Hausmann, & Töpfer, 2016). El mildiu vellosa, causado por *Plasmopara viticola*, puede provocar una disminución sustancial de la productividad de la vid. En estudios previos, se investigó la resistencia natural de la accesión *V. PS de quinquangularis* de vid silvestre china contra *P. viticola* y se obtuvieron varios genes de resistencia (R) candidatos que pueden tener un papel importante en la resistencia a enfermedades de las plantas. En otro estudio, se aisló un gen CC-NBS-LRR tipo R de 'PS', designado VqCN. Por otra parte, las hojas de *cabernet sauvignon* que expresaron transitoriamente VqCN manifestaron una mayor resistencia a *P. viticola*. Los resultados indicaban que VqCN podría jugar un papel positivo en la protección de la vid contra la infección por *P. viticola*. La clonación y el análisis funcional de un gen de resistencia putativo claramente pueden proporcionar una base para la mejora de la resistencia a las enfermedades (Zhang, Ding, Peng, Huang, & Lu, 2018).

En un reciente trabajo de Su et al. (2018), se describe un método eficiente para facilitar la transformación -mediada por *Agrobacterium*- de la embriogénesis somática de *Vitis vinifera* L. cv. *Thompson Seedless* usando poliaminas (PAs). La putrescina (PUT) y la espermidina (SPD) promueven la recuperación de masas proembrionarias (PEM) y el desarrollo de embriones somáticos (SE) después del co-cultivo. A juzgar por la importancia del marco de tiempo en la transformación genética, las PAs añadidas en la etapa de co-cultivo tuvieron un efecto más fuerte que los tratamientos de selección retardada, que son superiores a los tratamientos con antibióticos en la etapa de selección. Las mejores

respuestas embriogénicas fueron con PUT 1 mM y SPD 100 μ M añadidas al medio de co-cultivo. Usando el método anterior, se transfirió un gen relacionado con la patogénesis (VpPR10.1) de la vid silvestre china *Vitis pseudoreticulata* a *Thompson Seedless* para la evaluación funcional. La línea transgénica, confirmada por análisis de Western blot (una prueba de anticuerpos), fue inoculada con *Plasmopara viticola* para evaluar la resistencia al mildiu velloso. En base a las restricciones de crecimiento de hifas observadas y al aumento de la acumulación de H₂O₂ en las plantas transgénicas, la acumulación de VpPR10.1 probablemente mejoró la resistencia de las plantas transgénicas al mildiu velloso.

En referencia al oídio, se ha hecho también en el último año uno de los primeros informes en la vid que demuestra el uso de mapas basados en SNP (polimorfismos de un solo nucleótido) y haplotipos para identificar genes candidatos a QTL (*quantitative trait loci*), con el descubrimiento de un locus de resistencia novedoso (Teh et al., 2017).

Las primeras variedades alemanas resistentes a oídio y mildiu son portadoras de un gen de resistencia para cada una de estas enfermedades y han servido para demostrar que es posible combinar la resistencia a enfermedades con la aptitud para la elaboración de vinos de calidad. Muchas de estas variedades no se distinguen de las variedades tradicionales de *V. vinifera*, ni a nivel taxonómico ni en catas ciegas. La siguiente generación de variedades resistentes podría estar representada por variedades como *calardis blanc*, que se espera llegue al mercado a lo largo de 2018. Estas variedades serán resistentes a un mayor número de enfermedades de la vid y acumularán varios genes de resistencia para cada enfermedad, resistencias que seguirán aumentando con cada generación de nuevas variedades mejoradas (Martinez Zapater, 2017).

La pudrición de los racimos asociada a *Botrytis* es otra de las principales enfermedades fúngicas de las vides, y también causa graves daños económicos en todo el mundo. En condiciones climáticas húmedas, el desarrollo de la podredumbre de racimo en las uvas no se puede suprimir por completo. La selección de material de plantación con menor susceptibilidad a pudrición de racimo representa una de las herramientas más eficientes a largo plazo en la compleja estrategia de minimización de esta afección. En este sentido, es destacable una investigación llevada a cabo recientemente por D. Molitor, Biewers, Junglen, Schultz, and Clementi (2018) durante cuatro años consecutivos (2013-2016) bajo las condiciones ambientales del valle del Mosela, orientada a detectar diferencias consistentes en la susceptibilidad a la pudrición de racimos dentro de un grupo de nueve clones de *Vitis vinifera* L. 'white riesling' disponibles comercialmente, investigar posibles causas subyacentes y derivar recomendaciones para la selección de clones *riesling* en la práctica. El progreso de la severidad de la enfermedad y la madurez de la uva (sólidos solubles totales) fue simulado correctamente con curvas sigmoidales. En el promedio de los cuatro años, las fechas en que se alcanzó la severidad de la enfermedad del 5% de podredumbre parda difirieron significativamente en 9 días entre el clon con la infección más temprana (Trier 34) y el clon con la infección más tardía (Heinz 65). Los resultados plurianuales permitieron una clasificación de los nueve clones de acuerdo con su susceptibilidad relativa a la pudrición del racimo, así como su precocidad relativa. En base a esto, se derivaron recomendaciones prácticas sobre una selección de clones dirigida como una herramienta integral a largo plazo en el manejo Integrado de plagas que contribuya a la reducción de pesticidas en viticultura y en la estrategia de adaptación al cambio climático vitícola.

Las enfermedades de la pudrición de la fruta se encuentran entre los desafíos más importantes económicamente que enfrenta la industria de la uva de vinificación en rápido crecimiento en la región del Atlántico Medio de EE.UU. Aunque diversos hongos están asociados con la pudrición de la fruta, la mayoría se consideran patógenos secundarios. Las encuestas en otoño de 2015 y 2016 recuperaron siete especies de hongos hifas de bayas enfermas, en las que *Aspergillus japonicus* y *Colletotrichum fioriniae* fueron las especies dominantes recuperadas de los racimos de *vidal blanc*, y *Alternaria alternata* y *Colletotrichum fioriniae* fueron las especies más comunes recuperadas de *chardonnay*. En un trabajo de Kepner and Swett (2018), la introducción de inóculo en una herida mecánica aumentó significativamente la incidencia de la enfermedad para todas las especies. La variedad híbrida *vidal*

blanc, cultivada principalmente por sus rasgos resistentes a la putrefacción de la fruta, fue altamente susceptible al patógeno *A. japonicus*, así como al patógeno de podredumbre madura *C. fioriniae*. Este ha sido uno de los primeros estudios para evaluar la diversidad del patosistema de la pudrición de la fruta en los viñedos del Atlántico Medio, y para evaluar la susceptibilidad relativa de un cultivar híbrido a las enfermedades de la podredumbre de la fruta. Esta información será sin duda de utilidad para desarrollar recursos de diagnóstico y para continuar los esfuerzos de investigación y divulgación para mejorar el manejo de la pudrición fúngica de la fruta.

En los últimos años hay también una preocupación creciente por el insuficiente control de la enfermedad con fungicidas debido al desarrollo de patógenos resistentes a los mismos y a la presencia de residuos de fungicidas por encima de los niveles máximos especificados en la cosecha en muchos productos agrícolas. Esto ha enfatizado una vez más la necesidad de un mayor uso de agentes de control biológico para una protección de cultivos segura y sostenible. Microorganismos como *Trichoderma*, *Bacillus* y *Pseudomonas* tienen un mecanismo de control biológico de múltiples frentes y, por lo tanto, no se conoce ningún caso de desarrollo de resistencia en los patógenos contra ellos. Por otro lado, son efectivos contra las poblaciones de patógenos resistentes a los fungicidas y pueden ser útiles en programas de manejo de resistentes. Según Sawant (2018), el desarrollo de cepas de estos microorganismos capaces de controlar múltiples enfermedades en amplias zonas geográficas es esencial. La mayor demanda del mercado de tales cepas superiores alentaría la inversión necesaria en el desarrollo de formulaciones efectivas y sistemas de aplicación.

El análisis por HPLC (cromatografía líquida de alta presión o *high pressure liquid chromatography*) de estilbenos es un método eficaz para evaluar la capacidad que tienen las plantas de vid para inhibir el desarrollo de patógenos fúngicos. Las variedades resistentes de vid reaccionan muy rápidamente a las infecciones, produciendo altas concentraciones de los estilbenos más tóxicos, α -viniferina y pterostilbeno, en los sitios de infección. La monitorización de tales biomarcadores de estrés también es de gran interés para evaluar la eficiencia de las moléculas de cebado para inducir las respuestas de defensa natural de las vides. La diversidad de estilbenos es intrigante, y los nuevos enfoques analíticos holísticos, como la metabolómica, que se utilizan ampliamente para la clasificación del vino, también tienen un gran potencial para el estudio exhaustivo de las respuestas de las *vitaceas* al estrés biótico y abiótico (Gindro et al., 2012).

En lo relativo a las PIWIs, que han supuesto una importante innovación en viticultura, actualmente se plantea la combinación del uso de cultivares resistentes con el novedoso método de cultivo de mínima poda de vides formadas en espaldera (*minimal pruning of trellis trained grapevines*, SMPH) puede permitir una producción de vid sostenible desde el punto de vista medio ambiental, con sustanciales beneficios desde un punto de vista económico y adaptada al cambio climático en curso. En concreto, el proyecto alemán "NoviSys", que comprende un consorcio interdisciplinar para conocer los cambios de rendimiento en los nuevos cultivares de vid resistentes bajo diferentes sistemas de producción, es un ejemplo de integración de todos los campos importantes del sector del vino, incluyendo selección de vides, protección vegetal, cribado visual y sensorial, ingeniería de aplicaciones, análisis fisiológicos y moleculares, evaluación analítica y sensorial de mosto de uva y del vino, gestión comercial, comercialización del vino y economía social. El objetivo este proyecto es la evaluación del comportamiento de diferentes cultivares de vid en el sistema de espaldera posicionado verticalmente (VSP) más común y compararlo con el cultivo de SMPH, evaluando y comparando también la calidad de los vinos resultantes. Se busca también conocer la causa de la demora de maduración por aplicación de tratamientos, y el desarrollo de la base tecnológica para una introducción del nuevo sistema de cultivo en la viticultura práctica (Herzog, Töpfer, & Weisshaar, 2018).

En otros países, como en Suiza, también se están planteando proyectos de apoyo a PIWI para aumentar su relevancia en el sector vitivinícola orgánico, como el de la comisión de viticultores de Bio Suisse (Holzwarth, 2018).

En Francia, debido al alto consumo de fitosanitarios, ha surgido el plan *Ecophyto*, que tiene como objetivo la reducción del uso de pesticidas en viticultura (que representan un 20% del total). INRA, IFV y enólogos han desarrollado nuevas variedades de uva resistentes a las enfermedades fúngicas, clasificadas como "viñas de uva de vino" para la campaña 2018. Las variedades de uva resistentes desarrolladas por INRA con el apoyo de sus socios están destinadas a ser comercializadas y desplegadas en todo el viñedo francés para 2030. Cerca de treinta variedades "RES DUR" están en estudio y fueron registradas en el catálogo oficial en 2017, mientras que 7 variedades de uvas de vino del tipo "Bouquet" están registradas para su inclusión en el catálogo oficial en 2018. La resistencia poligénica de las variedades desarrolladas representa un enfoque eficiente para la reducción de los gastos operativos asociados al uso de productos fitosanitarios (con una disminución del 96% de la frecuencia de los tratamientos en fungicidas, herbicidas e insecticidas). Además, gracias a estas variedades, la industria del vino puede mantener su imagen de calidad y excelencia en el tiempo en un contexto de mayor sensibilidad del consumidor a los problemas ambientales relacionados con el vino. Si bien este trabajo es de especial interés para los productores y enólogos franceses, también puede ser de aplicación en otras regiones vinícolas de todo el mundo (Le Crenn, 2018).

1.3. Objetivos

El objetivo general del presente Trabajo Fin de Grado es el estudio del comportamiento frente a enfermedades durante la campaña 2016-2017 de tres variedades PIWI comerciales jóvenes (*sauvignon kretos*, *southern gris* y *muscaris*), plantadas en 2015 en una bodega de la D.O. Somontano. Dichas variedades son resistentes a mildiu (*P. viticola*), óidio (*U. necator*) y podredumbre gris (*B. cinerea*).

Como objetivos específicos se plantean:

- Estudiar la adaptación agronómica de los cultivares al medio climático y edáfico de la comarca del Somontano.
- Comprobar la verdadera resistencia inherente del material en condiciones reales de cultivo.
- Verificar la estabilidad del material vegetal y su resistencia en el tiempo a presiones de enfermedad crecientes.
- Analizar los perfiles organolépticos de la producción de estas tres variedades en la medida en que su producción lo haga posible.

1.4. Información general sobre las enfermedades objeto de estudio

1.4.1. Mildiu (*P. viticola*)

Conocida por *mildeo*, *mildeu*, *niebla* o *añublo*, es causada por el hongo oomiceto *Plasmopara viticola*, perteneciente a la familia *peronosporaceae*. Su ataque se da en su mayor parte en hojas y racimos.

Este endoparásito, cuando las condiciones atmosféricas son favorables, es una de las enfermedades criptogámicas más conocidas por sus graves daños, debido a que puede atacar a todos los órganos verdes de la vid.

Ocasiona grandes pérdidas, aunque en la actualidad se conoce su ciclo biológico y existen productos fitosanitarios sistémicos y penetrantes muy eficientes para su control.

1.4.1.1. Ciclo biológico

Se reproduce de forma sexual, en la que se unen dos hifas de igual o signo diferente, y asexual, a través de trozos más o menos diferenciados de micelio. La sexual corresponde a la fase perfecta del hongo y el objetivo es multiplicar la especie en el tiempo, asegurando la supervivencia en el invierno. Por el contrario, la asexual o imperfecta tiene como fin multiplicar la especie en el espacio, la propaga y la difunde en primavera y verano.

El ciclo de esta enfermedad consta de las siguientes fases:

Fase de contaminación: En primavera, cuando se dan una serie de condiciones ambientales (terreno suficientemente húmedo, temperatura superior a 12°C y precipitaciones de al menos 10 mm durante 1-2 días) se produce la maduración de las oosporas (fase sexual), que germinan emitiendo macroconidios, los cuales contienen las zoosporas. Estas zoosporas son depositadas sobre los órganos verdes de las cepas (es necesaria la presencia de agua líquida), donde germinan y dan lugar a un micelio, que penetra a través de un estoma al interior de los tejidos, dando lugar a la contaminación primaria. Para que este proceso tenga lugar se necesita aproximadamente unos 10°C de temperatura, 10 cm de brotación y 10 mm de lluvia en un día (Elbaile, 2016).

Fase de incubación: El micelio se va desarrollando con la ayuda de los haustorios, que permiten captar nutrientes de las células. Desarrollado el micelio, aparece en el haz de las hojas una mancha de aceite y, si el tiempo es húmedo, aparece una pelusilla blanca en el envés o en los racimos. La pelusilla blanca se corresponde con los conidióforos y conidios que contienen en su interior zoosporas (fase asexual). Este período tiene una duración de entre 4 y 21 días, en función de las temperaturas y de las humedades relativas (Barrios & Reyes, 2004).

Fase de esporulación: Se produce da la fructificación de los conidióforos, que forman los conidios necesarios para la propagación del hongo en el periodo vegetativo. Los conidios se transportan por viento y agua a los órganos que serán infectados cuando las condiciones climáticas sean óptimas. El agua de rocío presente más de dos horas ya es suficiente para que se den estas contaminaciones secundarias. Para que se produzca la maduración de las oosporas y la diseminación de los conidios es necesario que las temperaturas estén en un rango de entre 12-30 °C y que haya humedad, bien procedente de lluvia o de rocío.

1.4.1.2. Sintomatología

Se aprecia en el haz de las hojas unas zonas translúcidas semejantes a manchas de aceite. En el envés se forma una mancha blanca y brillante formada por una pelusilla que corresponde a la fructificación del hongo (Figura 1). Esta se extiende y finaliza con la desecación de las hojas (Figura 2).



Figura 1. Mancha de aceite provocada por mildiu en haz y fructificación en envés (Ministerio de Agricultura, 2014b).



Figura 2. Mosaico y desecación parcial en hojas (Ministerio de Agricultura, 2014b).

En racimos el período crítico es la floración-cuajado: si los granos son pequeños, se observa una pelusilla blanca como antes, y si son grandes se observan unas manchas pardas que se extienden y dan lugar a la desecación de las uvas. A veces sufre ataque el pedúnculo, que se seca y deja el racimo muerto (Figura 3). En sarmientos también se pueden ver manchas parduscas, que si se extienden se acabarían secando (Figura 3).



Figura 3. Racimos en forma de S y Tallo atacado por *P. viticola* (Ministerio de Agricultura, 2014a, 2014b).

1.4.1.3. Estrategias de lucha

La principal estrategia consiste en impedir o detener la germinación de las zoosporas con la realización de tratamientos, en función de las condiciones climáticas y en los momentos fenológicos más susceptibles al ataque del hongo en la vid:

- 1- Racimos visibles y mayoría de brotes con una longitud igual o superior a 10 cm.
- 2- Comienzo de la floración.
- 3- Granos del tamaño de un guisante

Además, se recomiendan unas prácticas:

- Poda en verde para facilitar ventilación en vid.
- Destruir restos de poda anteriores en lugar de enterrarlos como abono.
- Control químico con productos como cobre y sistémicos.
- Uso de equipos climáticos específicos como estaciones que nos permitan predecir el riesgo.

A pesar de todas las recomendaciones citadas anteriormente, también existen modelos predictivos para mildiu, si se conoce su biología y ciclo biológico, basados en el seguimiento de las condiciones meteorológicas que influyen en la contaminación.

Los modelos que cubren distintos momentos del ciclo del hongo son los siguientes:

- *Maduración de las esporas de invierno*: Se valora cualitativamente el estado de las esporas si están maduras, su capacidad germinativa y si son capaces de contaminar.

- *Inicio de infecciones secundarias*: La variación de temperatura y horas de rocío afectan en la formación de infecciones.
- *Duración del período de incubación*: El modelo más usado es el de Goidanich y, por lo tanto, el utilizado mayoritariamente por las Estaciones de Avisos Agrícolas (Barrios & Reyes, 2004).

En la actualidad existen numerosos modelos predictivos (EPI, POM, PCOP, PLASMO, BLAESER, etc.) que son utilizados en diferentes países europeos y que es necesario adaptar a cada zona vitivinícola española en función de las características de las mismas (Barrios et al., 2004).

Los modelos Goidanich y EPI son los más frecuentes en España:

El *modelo EPI* para mildiu se basa en la combinación de dos ecuaciones matemáticas para calcular el potencial de infección del patógeno (Caffi, Rossi, Cossu, & Fronteddu, 2007).

Cada período invernal calculado se inicia con $EPI=0$, considerando en iguales condiciones la espora de partida. El cálculo se inicia en el mes de octubre y finaliza en el mes de marzo. Al final de cada mes se obtiene un valor de EPI que se va acumulando. En marzo se obtiene un valor final comprendido entre -20 y $+20$, el cual da una estimación del porcentaje de huevos de invierno (oosporas) viables. Esta información da una previsión teórica sobre la frecuencia probable de focos primarios (Barrios et al., 2004).

El *modelo Goidanich* consiste en calcular cada ciclo teórico de infección a partir del día siguiente al que se dan condiciones favorables (oosporas maduras, brotes de aproximadamente 10 cm, lluvia superior a 10 mm y T_m superior a 12 °C) y se termina cuando se alcanza un 100% de desarrollo acumulado. Entonces el período de incubación teórico finaliza y la contaminación del hongo es visible en campo por la aparición de las manchas de aceite y la fructificación asexual.

Constatada la primera infección procedente de las oosporas invernantes, para seguir la evolución del hongo, es necesario conocer diariamente la temperatura media (T_m), la humedad relativa media (HR_m), la humectación de las hojas (horas) y la lluvia (mm). En la Tabla 1., Goidanich establece la evolución diaria, en la cual, por cada temperatura, se fija un crecimiento diario del hongo según la HR_m sea alta o baja (Elbaile, 2016).

Define que la HR_m es alta en los días nublados con diferencia térmica baja, y HR_m baja es la que se produce en los días serenos con diferencia térmica alta. Por tanto, la Tabla 1 consta de dos columnas por cada T_m , una cuando la HR_m es inferior al 75% y la otra cuando es superior al 75%, proporcionando dos valores numéricos de desarrollo diario para una misma temperatura según sea la HR_m (Barrios & Reyes, 2004)

Tabla 1. Tanto por ciento diario de desarrollo del mildiu (G. Barrios et al., 2004).

Temperatura media (°C)		% diario desarrollo HR _m < 75%	% diario desarrollo HR _m > 75%
12.	00	0.00	5.25
	25	4.40	5.75
	50	4.70	6.20
	75	5.00	6.70
13.	00	5.30	7.10
	25	5.70	7.70
	50	6.00	8.00
	75	6.30	8.50
14.	00	6.60	9.00
	25	6.80	9.40
	50	7.10	9.70
	75	7.30	10.20
15.	00	7.60	10.60
	25	7.80	10.80
	50	8.10	11.10
	75	8.30	11.30
16.	00	8.50	11.70
	25	9.00	12.00
	50	9.30	12.50
	75	9.60	12.90
17.	00	10.00	13.25
	25	10.30	13.60
	50	10.50	14.30
	75	10.75	14.75
18.	00	11.10	15.30
	25	11.48	15.20
	50	11.70	16.00
	75	12.10	16.30
19.	00	12.50	16.60
	25	12.90	17.50
	50	13.40	18.30
	75	13.70	19.30
20.	00	14.20	20.00
	25	14.50	20.50
	50	14.80	21.00
	75	15.00	21.50
21.	00	15.30	22.20
	25	15.70	22.20
	50	16.00	22.20
	75	16.30	22.20
22.	00	16.60	22.20
	25	17.00	22.60
	50	17.30	23.50
	75	17.70	24.40
23.	00	18.10	25.00
	25	18.10	25.00
	50	18.10	25.00
	75	18.10	25.00
24.	00	18.10	25.00
	25	17.70	24.30
	50	17.30	23.50
	75	17.00	23.20
25.	00	16.60	22.20

Nota. A partir de 25 °C el desarrollo es constante

1.4.2. Oídio (*U. necator*)

Conocido como *ceniza*, *cenicilla* o *sendreta*, es una enfermedad criptogámica que afecta a la mayoría de plantas cultivadas y espontáneas. Pertenecce a la familia *Erysiphaceae* y produce daños en todos los órganos de la vid. Es originaria de América del Norte y se ha extendido por España haciendo daño en todas las campañas vitícolas.

1.4.2.1. Ciclo biológico

El hongo pasa el invierno principalmente en el interior de las yemas (micelio) y también en los sarmientos, hojas y cortezas de las cepas (peritecas o cleistotecas). Al comienzo de la brotación de la vid suelen darse condiciones adecuadas (temperaturas de 5 °C) para que el hongo comience su desarrollo. Al ser un hongo ectoparásito, el micelio se localiza en el exterior de los tejidos vegetales, adhiriéndose a éstos mediante unas estructuras llamadas haustorios, que penetran en las células vegetales extrayendo nutrientes y estableciendo la infección.

Una vez el micelio está maduro, comienza la formación de gran cantidad de conidios, que son propagados por el viento y, si las condiciones climáticas son favorables, constituyen los focos primarios de infección sobre cualquier órgano verde de la vid. A partir de estos, si se dan las condiciones climáticas apropiadas, se continúan produciendo contaminaciones secundarias por las conidias durante todo el desarrollo vegetativo de la vid (Barrios et al., 2004).

Finalizada la etapa vegetativa, el hongo detiene su desarrollo, pudiendo conservarse durante el invierno en forma de micelio en el interior de las yemas (fase asexual) o bien en forma de cleistotecas en los sarmientos o en las hojas (fase sexual) (Elbaile, 2016).

Factores climáticos que condicionan el desarrollo del hongo:

- La temperatura favorable es de aproximadamente 15 °C para su desarrollo vegetativo, el óptimo para su propagación se da entre 25 y 28 °C, aunque cuando alcanza los 35 °C se detiene. Si alcanza los 40 °C se produce la muerte del hongo.
- Humedad ambiental: por un lado, cuando es alta se favorece la germinación de las conidias y con exceso de lluvias, al contrario que sucedía con el mildiu, se detiene el desarrollo del hongo.

1.4.2.2. Sintomatología

El oído ataca a todos los órganos de la vid, pero principalmente a hojas, sarmientos y racimos. Su ataque es característico por la aparición de un polvillo de color ceniza sin brillo y con olor a moho sobre todos los órganos afectados. Al comienzo aparecen unas manchas en el haz y envés que pueden ser confundidas con el mildiu porque son de apariencia aceitosa también, pero más pequeñas y sin la pelusilla característica en el envés, apreciándose punteaduras pardas (Figura 4).



Figura 4. Inicio de ataque de oídio en hoja (Alves & Carlos, 2013).

Conforme va progresando la enfermedad se pueden ver las hojas crispadas y con polvillo tanto en el haz como el envés (Figura 5).



Figura 5. Ataque severo de oídio en hoja (Ministerio de Agricultura, 2014a)/ (Ministerio de Agricultura, 2014b).

En brotes y sarmientos aparecen de nuevo manchas de color verde oscuro, que van creciendo de tamaño y oscureciéndose (Figura 6).



Figura 6. Brotes y sarmientos atacados por oidio (Ministerio de Agricultura, 2014b) / (Alves et al., 2013).

En cuanto a los racimos, es aquí donde se ven los daños más importantes, debido a que se detiene el crecimiento de la piel, llegándose a rajar los granos. Esto ocasiona pérdidas de calidad y cantidad de la cosecha. Además, ayuda con la penetración de *Botrytis cinerea* (Figura 7).



Figura 7. Granos atacados por oidio (Alves & Carlos, 2013)/ (Ministerio de Agricultura, 2014).

1.4.2.3. Estrategias de lucha

Como es una enfermedad criptogámica de desarrollo externo, se puede combatir una vez que aparece, a diferencia del mildiu que es más difícil de erradicar.

El periodo crítico para el cultivo es el comprendido entre el inicio de la floración (I) y el cuajado (J)/engorde (K/L) del grano (Ministerio de Agricultura, 2014). Dentro de las estrategias de lucha se recomiendan las siguientes:

- Poda en verde para incrementar la aireación disminuyendo las condiciones favorables para el desarrollo del hongo.
- Destruir la madera de poda afectada, es decir, con manchas en sarmientos.
- Lucha química. Dentro de esta hay una gama muy amplia de productos y estrategias de control, principalmente el azufre en polvo, el cual presenta alguna limitación, puesto que es eficaz en un rango de temperaturas de 18 a 30 °C (Barrios et al., 2004).

Los momentos más adecuados para aplicar tratamientos preventivos en variedades sensibles y en años normales son los siguientes:

- Cuando la mayoría de los brotes tienen unos 5-10 cm.
- Al comienzo de la floración.
- Entre grano tamaño guisante e inicio del envero.

Se encuentran también modelos predictivos para prevenir la infección o poder conocer el momento exacto que va a suceder. Según la bibliografía consultada estos son los modelos desarrollados actualmente:

- El *modelo de D. Gubler*, basado en la medición de la temperatura de la vegetación, la cual es medida con el comienzo de la brotación. Se fija como una temperatura óptima el rango de 20-30 °C para reproducción, infección y avance de la enfermedad (Gubler, Rademacher, & Vasquez, 1999).
- El *modelo de M.A. Sall*, basado en la utilización de las temperaturas máximas y mínimas diarias. Para ello se utiliza una tabla predefinida que cruza las temperaturas mínimas con las máximas diarias, estableciendo unos valores de oídio en función de las mismas (Ausin Martin, 2014).

1.4.3. *Podredumbre gris (B. cinerea)*

Es una enfermedad fúngica provocada por el hongo *Botrytis cinerea*, más conocida por *quemadura de las hojas*, *moho gris*, *botritis* y *podredumbre noble* en el Rhin, debido a la acción beneficiosa que realiza destruyendo ácidos, aumentando la concentración de azúcares y dándole lugar a ese clásico sabor del vino (Carrero & Planes, 2008).

Además de la vid, afecta a numerosas plantas silvestres y cultivadas. En la Península afecta de manera más importante en la zona mediterránea y en el norte, puesto que las condiciones climáticas como la humedad son muy favorables para su desarrollo.

1.4.3.1. *Ciclo biológico*

En el invierno se mantiene como esclerocios sobre los sarmientos, visibles en manchas negras y largas, o bien como micelio en las grietas de la madera y en menor medida en las yemas (Barrios et al., 2004).

Al llegar la primavera y cuando las condiciones climáticas son favorables, maduran los órganos de conservación que darán lugar a los conidióforos y estos a su vez a las conidias, que a través del viento y/o lluvia contaminarán los órganos verdes de la vid cuando germinen.

Encontramos el peor período durante envero-maduración, ya que se encuentra el mayor número de conidias en el aire. Estas penetran los tejidos a través de heridas (por ejemplo, provocadas por el anterior hongo mencionado llamado oídio) o bien de manera directa por los estomas.

En el período cuajado-envero, si no hay heridas, los granos poseen una sustancia como mecanismo de defensa en la piel que impedirá la penetración de los conidios. Sin embargo, en el período de maduración, los racimos presentan su mayor sensibilidad.

Por último, cuando ocurre la germinación, se produce un micelio en el interior del órgano atacado que posteriormente destruye el tejido y sale al exterior con el paso de los días, produciendo conidias de color blanco que se convierten en color gris.

Las contaminaciones se dan durante el período vegetativo de la vid hasta que empeoran las condiciones climatológicas con la llegada del invierno, que es cuando el hongo volverá a formar los esclerocios para perdurar en el tiempo.

Las condiciones climáticas óptimas son una temperatura de 25 °C y una humedad relativa del 75%, que es la condición más importante para la germinación de las conidias, además de las heridas que producen aves, oídio y polillas del racimo (que favorecen el crecimiento del hongo).

1.4.3.2. Sintomatología

Puede dañar todos los órganos de la vid, pero con mayor importancia a los racimos. En primer lugar, si hablamos de las hojas, que son las menos atacadas, los síntomas se manifiestan en forma de necrosis en el limbo (Figura 8).



Figura 8. Ataque de *B. cinerea* en hojas (Ministerio de Agricultura, 2014b) (CSIC, 2016).

En segundo lugar, si nos fijamos en los brotes jóvenes y los sarmientos, cuando están afectados presentan síntomas de manchas alargadas de color marrón oscuro, que también pueden ser grises si hay humedad. Cuando el ataque es fuerte, provocará pérdida de brotes jóvenes y las yemas nuevas no brotarán (Figura 9).



Figura 9. Brotes y sarmientos atacados por *B. cinerea* (Ministerio de Agricultura, 2014b)/(CSIC, 2016; Ministerio de Agricultura, 2014a).

En último lugar y el más importante, porque es el que más pérdidas de cosecha genera, está el ataque a los racimos. En floración-cuajado el efecto se da en las inflorescencias y el raspón del racimo, en formas de manchas marrones oscuras de nuevo (Figura 10). La época crítica es en el envero, cuando se puede observar los granos como *podridos* y con una capa de moho gris recubriéndolos (Figura 11).

El ataque en ambos períodos mencionados anteriormente da lugar a una disminución en la calidad del vino por el aumento de la acidez volátil, como se ha reflejado en el presente trabajo con la variedad testigo, que poseía *Botrytis* en racimo a la hora de la vendimia.



Figura 10. Inflorescencias atacadas por *B. cinerea* (Ministerio de Agricultura, 2014b)/(Ministerio de Agricultura, 2014a)



Figura 11. Granos atacados por *B. cinerea* (Ministerio de Agricultura, 2014b)/(Carisse et al., 2006).

1.4.3.3. Estrategias de lucha

Puede variar en función de la localización del viñedo y la dinámica de trabajo del viticultor, pero en líneas generales, a causa del carácter endófito de dicho hongo, se recomienda:

- Evitar el uso excesivo de abonos nitrogenados.
- Podas equilibradas para mejorar la aireación sobre todo cuando nos acercamos al período de invierno.
- Evitar los ataques de polilla del racimo, aves y oídio que hacen heridas fuertes en los granos.
- Uso de patrones de vid no muy vigorosos y unos marcos de plantación lo más amplios posible.
- Evitar el uso de variedades con racimos demasiado compactos.
- Eliminar los restos de poda por ejemplo con la quema.

Además de estos métodos preventivos, existen unos modelos de lucha preventiva elaborados y puestos en práctica con el conocimiento de datos climáticos (siendo la humedad el más importante), conocimiento del parásito (germinación y diseminación de conidios) y por último de los estados fenológicos de la vid más vulnerables al ataque del hongo. Seguidamente se explican los tres:

Método estándar. Consiste en aplicar cuatro tratamientos preventivos fijos en los siguientes estados fenológicos (Barrios et al., 2004):

- Caída de capuchones florales (cuajado).
- Granos tamaño guisante (cerramiento del racimo).
- Inicio del envero.
- 21 días antes de la recolección.

Método 15-15. Consiste en realizar tratamientos desde el inicio de la floración hasta 21 días antes de la recolección, siempre que exista un periodo de humectación igual o superior a 15 horas y la temperatura durante ese periodo sea igual o superior a 15 °C, dejando entre dos tratamientos como mínimo un intervalo de 10 días (Lucas Espadas, 2008).

Modelo EPI. Consiste en calcular, mediante unas fórmulas que cuantifican la interacción entre clima-parásito-planta, el EPI en cada uno de los momentos fenológicos indicados para el método standard, y observando si el EPI en unos estados fenológicos concretos supera unos determinados valores (Barrios et al., 2004).

A pesar de la propuesta de dichos métodos, el único utilizado y efectivo actualmente es el método estándar (Barrios, 2009).

2. MATERIAL Y MÉTODOS

El viñedo experimental se localiza en una parcela propiedad de Viñas del Vero S.A., en el término municipal de Barbastro, partida Las Almunietas. Las referencias SIGPAC de la parcela elegida son 22/61/14/113. Las coordenadas UTM de la parcela son: X=261706, Y=4652417, huso 31. Se incluye plano de localización (Figura 12) de la citada parcela.

Con el fin de experimentar en condiciones y parámetros ambientales reales, las líneas experimentales se sitúan al lado de una plantación de C.V. *sauvignon blanc* (clon 376) injertado sobre SO4, que servirá en la experiencia como testigo y tratamiento.



Figura 12. Localización de las parcelas.

2.1. Climatología y edafología

El territorio que comprende la D.O. Somontano se caracteriza por presentar un clima mediterráneo continental, con una tendencia creciente a la sequedad hacia el sur y el este, siendo más frío y húmedo hacia el norte, donde aumenta la altitud (Badía, Cuchí, Martí, & Casanova, 2006). Los inviernos son fríos y los veranos calurosos, con cambios bruscos de temperatura al final de la primavera y el otoño (junio y noviembre).

En la zona en la que se ha realizado el estudio, y tomando como referencia la estación meteorológica correspondiente al municipio de Barbastro, la precipitación media es de 508 mm anuales (Fernández et al., 2012).

La pluviometría tiene su máximo estacional en primavera, con un segundo máximo relativo en otoño, siendo el periodo más seco el verano.

La temperatura media anual se sitúa en torno a los 13,6 °C y la duración del periodo libre de heladas es de, aproximadamente, unos siete meses.

La evapotranspiración anual (calculada según el método de Thornthwaite) oscila entre los 750 y 800 mm, siendo siempre superiores a los valores de precipitación anual. El déficit hídrico se extiende en el periodo estival durante varios meses.

Un elemento climático de gran importancia es el viento, que favorece la evapotranspiración y la desecación del suelo. Los vientos dominantes son el cierzo, en dirección noroeste-sureste, básicamente invernal, y el bochorno, en dirección sureste-noroeste, estival (Badía et al., 2006).

Respecto a la edafología, en el libro *“Los suelos de los viñedos de la Denominación de Origen Somontano”* (Badía et al., 2006), se recoge un estudio detallado del suelo de la zona de las Almunietas, concretamente el que hace referencia a Torre Fierro. Torre Fierro está localizada según coordenadas UTM en X=261706, Y=4652417, huso 31 y a una altitud de 405 m. Esta localización está próxima a la parcela de estudio.

Esta zona está formada por gipsisoles, suelos desarrollados sobre margas yesíferas que presentan una acumulación secundaria de yeso en formas pulverulenta y/o lenticular a cierta profundidad. Son suelos de texturas francas, pedregosidad escasa, capacidad de retención de agua disponible moderada y baja capacidad de intercambio catiónico. El análisis completo para esta localización es el siguiente (Tabla 2, Tabla 3, Tabla 4 y Tabla 5):

- Material original: yeso. Mioceno
- Vegetación o uso: Viñedo con riego localizado.
- Pedregosidad superficial: 6% de gravas.
- Drenaje: bien drenado. Infiltración de 13,1 cm/hora.
- Clima del suelo: xérico-térmico.

Tabla 2. Gipsisol hipergípsico. Parámetros físicos y químicos (Badía et al., 2006).

Horizontes (profundidad)	pH H ₂ O	C org (%)	MO (%)	Co ³⁺ (%)	Caliza activa (%)	Yeso (%)	CE 1:5 (dS m ⁻¹)
Ap1 (0-20 cm)	8,0	1,89	3,26	29,0	7,3	20,1	2,4
Ap2 (20-50 cm)	8,1	1,04	1,79	25,5	5,3	26,3	2,7
By (50-93 cm)	8,3	0,18	0,30	6,7	nd	90,2	2,9
Cy (93-120 cm)	8,2	0,11	0,30	21,0	nd	48,5	2,5

Tabla 3. Gipsisol hipergípsico. Parámetros físicos y químicos (Badía et al., 2006).

Horizontes (profundidad)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase textural (USDA)	Elementos gruesos (%)	Estabilidad estructural (%)
Ap1 (0-20 cm)	45,7	nd	nd	nd	14,6	11,8
Ap2 (20-50 cm)	39,3	nd	nd	nd	7,2	8,4
By (50-93 cm)	11,2	nd	nd	nd	0,5	33,4
Cy (93-120 cm)	27,2	nd	nd	nd	0,7	7,8

Tabla 4. Gipsisol hipergípsico. Parámetros físicos y químicos (Badía et al., 2006).

Horizontes (profundidad)	Fósforo (mg kg ⁻¹)	Potasio (mg kg ⁻¹)	Magnesio (cmol(+)kg ⁻¹)	CC 0,33 MPa (%)	PMP 1,5 MPa (%)
Ap1 (0-20 cm)	40,2	552	1,1	24,2	10,9
Ap2 (20-50 cm)	9,7	648	2,1	22,4	10,4
By (50-93 cm)	0,4	334	1,6	17,3	4,7
Cy (93-120 cm)	0,3	86	1,4	24,8	10,2

Tabla 5. Gipsisol hipergépsico. Parámetros físicos y químicos (Badía et al., 2006).

Propiedad	Calificación
Agua útil (CRAD en mm/1,5 m)	Alta (206)
Potencial de VIGOR inducido por la Tierra	Medio (9)
Potencial de PRECOCIDAD de la Tierra	Moderadamente fuerte (45)
Clasificación Capacidad Agrológica	II
Clasificación Soil Taxonomy (SSS, 1999)	Haploxerept gipsico
Clasificación WRB (IUSS, 2006)	Gipsisol hipergépsico, sobre yeso, moderadamente profundo

2.2. Material vegetal

El estudio a realizar se centrará en tres variedades PIWI que poseen las siguientes características:

***Sauvignon kretos* (C.v. 76-026)**, de ahora en adelante “Resistente C”.

Variedad PIWI blanca resistente a enfermedades. Obtenida en Italia por la Universidad de Udine en el Instituto de Genómica Aplicada de Udine, del cruce: *sauvignon blanc* x 20/3. Registrada en 2015 en el Registro Nazionale delle Varietà di Vite. No puede ser utilizada para la producción de vino de denominación de origen, pero sí para vinos con indicación geográfica, tal y como se recoge en el Art. 6 del Decreto Legislativo 61/2010 de la legislación italiana (Pecile, Zavaglia, & Ciardi, 2016). En España está solicitada la Protección para la obtención vegetal en 2016 (OEVV, 2016). Sus características varietales son:

Tabla 6. Características de *sauvignon kretos* (Morgante & Testolin, 2016).

Vigor	Alto
Hoja	De tamaño medio, forma orbicular y generalmente con tres o cinco lóbulos. Margen de la hoja con marcado dentado, de longitud media y con ambos lados rectos o convexos. No presenta pelos en el haz y en el envés tiene una vellosidad baja.
Racimo	De tamaño medio-grande, de forma cónica y con dos alas pronunciadas. Bayas de tamaño medio-pequeño, de forma esférica. Piel gruesa de color verde con reflejos dorados.
Brotación	Temprana
Floración	Media
Maduración	Temprana
Producción	Media
Resistencia a mildiu	Buena
Resistencia a mídio	Buena
Resistencia a podredumbre gris	Media
Potencial enológico	Excelente contenido en azúcar, y modesta acidez. De perfil aromático intenso, son vinos que se prestan para el consumo joven o a medio plazo.

Las plantas del estudio están certificadas por el vivero: Vivai Cooperativi Rauscedo (Vía Udine 39, 33090 Rauscedo, Italia).

***Southern gris* (C.v. FR 392-83)**, de ahora en adelante “Resistente E”.

Variedad PIWI blanca resistente a enfermedades. Obtenida en Alemania en 1983 por el Staatliches Weinbauinstitut Freiburg, por el Dr. Norbert Becker. Registrada en el German Federal Office's Varieties Register en 2008 (Pritchard, 2016b) y en Francia en el "Catalogue des variétés de vigne" (Bonnet & Lacombe, 2016).

Obtenido del cruce de los siguientes parentales:

- Madre: *cabernet sauvignon* (*sauvignon blanc* x *cabernet franc*)
- Padre: *Bronner* (*merzling* x *Gm 6494* (*zarya severa* x *st. laurent*))

A pesar de la influencia de *V. amurensis* en *Gm 6494*, ambos parentales son *V. vinifera*, por lo que *southern gris* no se clasifica como variedad híbrida, sino como cruce (Pritchard, 2016b).

Sus características varietales son:

Tabla 7. Características de *southern gris* (Pritchard, 2016b; WBI, 2016).

Vigor	Medio-alto, vertical. Crecimiento de los brotes laterales medio.
Racimo	Racimo de tamaño medio, no muy compacto, de forma alargada. Bayas de color rosado de tamaño medio-grande y con forma cilíndrica alargada.
Brotación	Media, casi al mismo tiempo que <i>pinot gris</i> o <i>pinot blanc</i>
Floración	Media, unos días antes de <i>pinot gris</i>
Maduración	Media-tardía, casi al mismo tiempo que <i>pinot gris</i> o <i>pinot blanc</i>
Producción	Un poco por debajo del promedio
Resistencia a mildiu	Muy alta
Resistencia a oídio	Alta
Resistencia a podredumbre gris	Media
Potencial enológico	Vinos muy potentes, con mucho cuerpo, con aromas ligeramente más pesados y una acidez inferior a <i>sauvignon B</i> . El potencial de acumulación de azúcar de esta variedad es muy alto y parece especialmente adecuado para la elaboración de vinos dulces.

Las plantas del estudio están certificadas por el vivero: Pepinières Viticoles Mercier (16 Rue de la Chaigné, 85770 Vix, Francia).

***Muscaris* (C.v. FR 493-87)**, de ahora en adelante “Resistente D”.

Variedad PIWI blanca resistente a enfermedades. Se obtuvo en Alemania en 1987 por el Staatliches Weinbauinstitut Freiburg por el Dr. Norbert Becker. No se conocen datos de registro (Pritchard, 2016a).

Obtenido del cruce de los siguientes parentales: *solaris* x *muscat*. Sus características varietales son:

Tabla 8. Características *Muscaris* (Pritchard, 2016a; WBI, 2016).

Racimo	Racimo de tamaño medio-grande, no muy compacto. Bayas de tamaño medio.
Brotación	Medio, al mismo tiempo que borgoña.
Floración	Medio, al mismo tiempo que riesling/borgoña.
Maduración	Media-tardía.
Resistencia a mildiu	Muy alta
Resistencia a oídio	Alta
Potencial enológico	Intenso, muscat y cítricos con notas ahumadas. Al paladar resulta afrutado, fuerte, con acidez intensa.

Las plantas del estudio están certificadas por el vivero: Pepinières Viticoles Mercier (16 Rue de la Chaigné, 85770 Vix, Francia).

En total hay 224 cepas de variedades PIWI: 69 pertenecen a la denominada Resistente C, 79 a la Resistente D y 76 a la Resistente E. Todas ellas fueron plantadas durante el mes de abril de 2015 en forma de planta injerto, sobre patrón SO4.

Además de las variedades PIWI, tal y como se ha citado en el punto 2, se ha utilizado como testigo (183 plantas) y tratamiento la variedad *sauvignon blanc* (clon 376) injertado en SO4.

A continuación, se recogen las principales características de dicha variedad:

Tabla 9. Características *sauvignon blanc* (Chomé Fuster et al., 2003).

Vigor	Muy vigorosa
Hoja	Tamaño pequeño, forma pentagonal con cinco lóbulos ligeramente superpuestos. Con baja velloosidad tanto en el haz como en el envés.
Racimo	De pequeño tamaño, compacto y con una longitud del pedúnculo más bien corta. Las bayas son de pequeño tamaño, uniformes, con coloración verde-amarilla y forma elíptica ancha.
Brotación	Tardía
Floración	Media
Maduración	Temprana
Producción	Media
Resistencia a mildiu	Bastante resistente
Resistencia a oídio	Sensible
Resistencia a podredumbre gris	Muy sensible
Potencial enológico	Vinos blancos secos muy elegantes y equilibrados. Aromas varietales presentes sobre todo los primeros años.

2.3. Emplazamiento y técnicas culturales

Las variedades a estudiar se distribuyeron en dos parcelas bastante próximas (Figura 13). En la parcela 1 se situó la variedad Resistente C, y en la parcela 2 las variedades Resistentes E y D. Por otro lado, encontramos las filas de plantas testigo ubicadas a ambos lados de las resistentes y seguidamente las filas Tratamiento. Debido a la distribución de la plantación, no fue posible dejar filas guarda y por ello se estimó conveniente colocar una fila Tratamiento a cada lado del testigo.



Figura 13. Esquemas de ubicación de variedades en parcela de estudio.

Cada uno de los tres cultivares está plantado en doble fila, de unos 40 metros cada una, y con un claro marcaje en los postes cabeceros indicando la variedad de la que se trata. El marco de plantación es de 2,8 m × 0,9 m, con una densidad de plantación de 3968 plantas/hectárea y una orientación N-S menos 10°.

Las plantas son sometidas a unas condiciones exigentes respecto a rendimiento, forzando algunos aspectos de manejo (riego, hierba, dosel o *canopy*) para evaluar realmente la resistencia de los cultivares experimentales. La colocación del dosel es importante en el rendimiento y calidad de la uva, ya que la manera de posicionarse los pámpanos influye en productividad y la maduración (MacMillan, 2003).

El riego de la parcela se efectúa mediante mangueras de goteo integrado cada 75 cm y con un caudal de 3,5 litros/hora. Las mangueras se disponen aproximadamente 50 cm por encima del suelo y cuentan con 3750 goteros.

En la Tabla 10 se recogen las fechas y dosis de riego para la campaña de mayo a septiembre de 2017:

Tabla 10. Dosis de riego campaña 2017 (Viñas del Vero).

Fecha	Duración riego (horas)	Fecha	Duración riego (horas)
03/05/2017	2	18/07/2017	6
22/05/2017	4	21/07/2017	5
31/05/2017	3	24/07/2017	6
07/06/2017	1	27/07/2017	5
13/06/2017	6	31/07/2017	6
16/06/2017	4	03/08/2017	5
19/06/2017	4	07/08/2017	6
22/06/2017	5	10/08/2017	5
27/06/2017	3	14/08/2017	6
30/06/2017	4	17/08/2017	2
03/07/2017	5	21/08/2017	1
06/07/2017	6	04/09/2017	4
10/07/2017	5	05/09/2017	3
14/07/2017	5	13/09/2017	4

Todas las cepas de la parcela a estudiar han sido sometidas a las mismas condiciones climáticas, edáficas y de cultivo. Ni las variedades PIWI ni las filas testigo han sido tratadas contra ninguna enfermedad fúngica. El único tratamiento aplicado a las PIWI ha sido el acaricida indicado en la Tabla 12, debido a los fuertes ataques de ácaros.

Las filas Tratamiento también fueron tratadas frente a los fuertes ataques de eriosis, muy frecuentes en plantaciones jóvenes como esta. En cuanto a los fungicidas aplicados en las líneas tratamiento, para mildiu se ha tratado con un fungicida preventivo (hidróxido cúprico) y uno sistémico (metalaxil + mancoceb); y para oídio con miclobutanil, fungicida preventivo, y con varios fungicidas sistémicos (bupirinato, tebuconazol y proquinazid).

**Figura 14. Efectos de la eriosis en hojas (Elaboración propia).**

En la Tabla 11 vemos también las labores de poda, control de malas hierbas y control contra pájaros. Para estos últimos, a diferencia de la campaña 2015-2016, se han tomado medidas de protección en las filas PIWI (exclusivamente para las variedades E y D) con el comienzo del envero. Estas medidas se basan en la colocación de malla de entutorado de color verde, cubriendo las cepas e impidiendo así el ataque a los racimos.



Figura 15. Colocación de mallas anti aves (Elaboración propia).

El manejo del suelo consistió en un enyerbado espontáneo con control mecánico mediante picadoras. El emparrado fue un SVF con alambre de formación a 150 cm, la poda se hizo a doble cordón *Royat* y se aplicó un *sprawl*. Sobre el alambre de formación se coloca uno superior de vegetación para incrementar la superficie foliar eficaz del viñedo.

Tabla 11. Labores de parcela (Viñas del Vero).

Fecha	Acción	PIWIs/testigos	Tratamiento
17/02/2017	Picar hierba	Sí	Sí
20/02/2017	Podar formación	Sí	Sí
12/04/2017	Atar formación	Sí	Sí
17/02/2017	Picar hierba	Sí	Sí
16/06/2017	Formación, limpiar troncos	Sí	Sí
16/06/2017	Atar vegetación	Sí	Sí
27/06/2017	Picar hierba	Sí	Sí
16/06/2017	Formación, limpiar troncos	Sí	Sí
21/07/2017	Aclareo de racimos	Sí	
27/07/2017	Colocar tela anti pájaros	Sólo PIWIs	
02/07/2017	Picar hierba	Sí	Sí

En la Tabla 12 se recogen todos los tratamientos realizados por Viñas del Vero durante la campaña 2017. Se puede observar que las filas testigo son las únicas que no han recibido ningún tratamiento.

Tabla 12. Tratamientos aplicados en la parcela (Viñas del Vero).

Fecha	Tratamiento aplicado	PIWIs	Testigo	Variedad tratamiento
07/02/2017	Tratamiento herbicida (glifosato 36%), 1,5 l/ha	Sí		Sí
20/04/2017	Tratamiento acaricida , erinosis, con (abamectina 1,8%), 75 cc/100 l	Sí, manual		Sí
25/04/2017	Tratamiento acaricida , erinosis, con (abamectina 1,8%), 75 cc/100 l	Sí, manual		Sí
19/05/2017	Tratamiento herbicida (glifosato 36%), 2 l/ha	Sí, manual		Sí
24/05/2017	Tratamiento acaricida, erinosis, con (abamectina 1,8%), 100 cc/100 l			Sí
30/05/2017	Abono N-32 a 30 kg/ha	Sí		Sí
28/06/2017	Tratamiento acaricida , erinosis, con (abamectina 1,8%), 100 cc/100 l			Sí
04/07/2017	Tratamiento herbicida (glifosato 36%), 2 l/ha	Sí, manual		Sí
05/07/2017	Abono 4-2,5-9, 300 kg/ha	Sí		Sí
07/07/2017	Tratamiento acaricida , erinosis, con (abamectina 1,8%), 300 cc/100 l			Sí
31/07/2017	Tratamiento herbicida (glifosato 36%), 2 l/ha	Sí, manual		

2.4. Metodología en campo

Se realizó un seguimiento semanal de campo de todas las variedades desde el 31 de marzo hasta el 17 de agosto de 2017. Con el objetivo de que la toma de datos fuese lo más amplia y exacta posible, se dividieron las parcelas del siguiente modo (ver Figura 13):

- Parcela 1: Variedad Resistente C, Testigo 1 y Tratamiento 1.
- Parcela 2: Variedad Resistente E, Resistente D, Testigo 2 y Tratamiento 2.

En cada una de las divisiones se observaron los aspectos que se detallan a continuación:

2.4.1. Fenología

Se llevó a cabo semanalmente desde que comenzó la brotación hasta la maduración, tomándose 12 elementos de referencia en cada fecha. Para obtener más datos que en la campaña anterior se han seguido las siguientes escalas: *Código Eichhorn-Lorenz (Eichhorn et al., 1978)*, *Estados fenológicos de la vid (Baillod et al., 1993)* y la *Codificación BBCH de los estadios fenológicos de desarrollo de la vid (Lorenz et al., 1995)*.

2.4.2. Ampelografía

Se han tomado también 12 cepas de referencia y se han usado los descriptores OIV para hoja joven, adulta, flor, racimo, baya, producción y enfermedad para variedades de la vid y especies *Vitis* (OIV, 2001).

2.4.3. Tasa de cuajado

A nivel de órgano, el rasgo fenotípico más importante es el rendimiento, que se define como el peso del cultivo por viña, según el cual el peso depende de la variación del número de racimos por cepa (60%), el número de bayas por racimo (30%) y el tamaño de la baya (10%). El rendimiento biológico verdadero, descrito como peso por cepa, se pronostica estadísticamente mediante la evaluación de los llamados parámetros de rendimiento: peso del racimo, número de racimos, número de bayas por racimo y peso de la baya.

En viticultura, esta información es recolectada tradicionalmente en el campo por medios visuales y manuales por una persona con experiencia. Es preciso aclarar que este enfoque es lento, subjetivo y propenso a errores humanos. De ahí que, en los últimos años, la investigación se haya centrado en el desarrollo de métodos basados en sensores automatizados y no invasivos para reducir los costos de mano de obra, aumentar la velocidad de adquisición de datos y mejorar la precisión y la objetividad de la medición.

En nuestro caso, con la información recogida por el procedimiento tradicional, se realizó un tratamiento estadístico con el método del análisis de componentes principales (ACP), técnica utilizada para reducir la dimensión de un conjunto de datos, perdiendo el mínimo de información que portan. Esta técnica sirve para hallar las causas de la variabilidad de un conjunto de datos y ordenarlas por importancia. Nos permite:

- Visualizar y analizar rápidamente las correlaciones entre las N variables.
- Visualizar y analizar las M observaciones (inicialmente descritas por las N variables) en un mapa de menos dimensiones, la vista óptima para un criterio de variabilidad.
- Construir un conjunto de P factores correlacionados.

Los inconvenientes de dicho análisis se derivan del hecho de que es un método de proyección, y en ocasiones la visualización puede conducir a interpretaciones falsas. Es asimismo importante señalar que el ACP es una herramienta estadística exploratoria y no permite en general someter hipótesis a prueba. La ventaja de este aspecto es que el ACP puede ejecutarse repetidas veces añadiendo o eliminando observaciones de las variables en cada ejecución, en la medida en que esas manipulaciones estén justificadas en las interpretaciones (Xlstat, 2018).

2.4.4. *Seguimiento agronómico*

La plantación, como se ha indicado anteriormente, es de tercer año. Se han medido para cada variedad los siguientes parámetros (Hidalgo, 2006):

- Producción (en kg/cepa)
- Peso de racimo (en gramos).
- Peso de 100 bayas (en gramos).
- Grado probable. Grado alcohólico volúmico probable (GAP), calculado sobre la base de 16,83 g de azúcares por 1% de alcohol, mediante lectura en refractómetro.
- Grados Brix (% en peso de azúcares), mediante lectura directa en un refractómetro.
- Acidez total (expresada en g/l de ácido sulfúrico).
- pH.
- Índice de Ravaz (índice sin dimensiones que relaciona el desarrollo vegetativo y rendimiento de la viña).

2.4.5. *Deriva de fitosanitarios*

Con el fin de comprobar si existía deriva de los tratamientos fitosanitarios en las variedades testigo y resistentes, se colocó en dos ocasiones papel hidrosensible en las parcelas, como se puede observar en Figura 16, según se muestra en el plano de distribución de la parcela 1 (Figura 17) y en el de la parcela 2 (Figura 18). En éstos se indica su orientación hacia uno u otro sentido según las letras A, B.



Figura 16. Papel hidrosensible / Aplicación de fitosanitarios (Elbaile,2016).

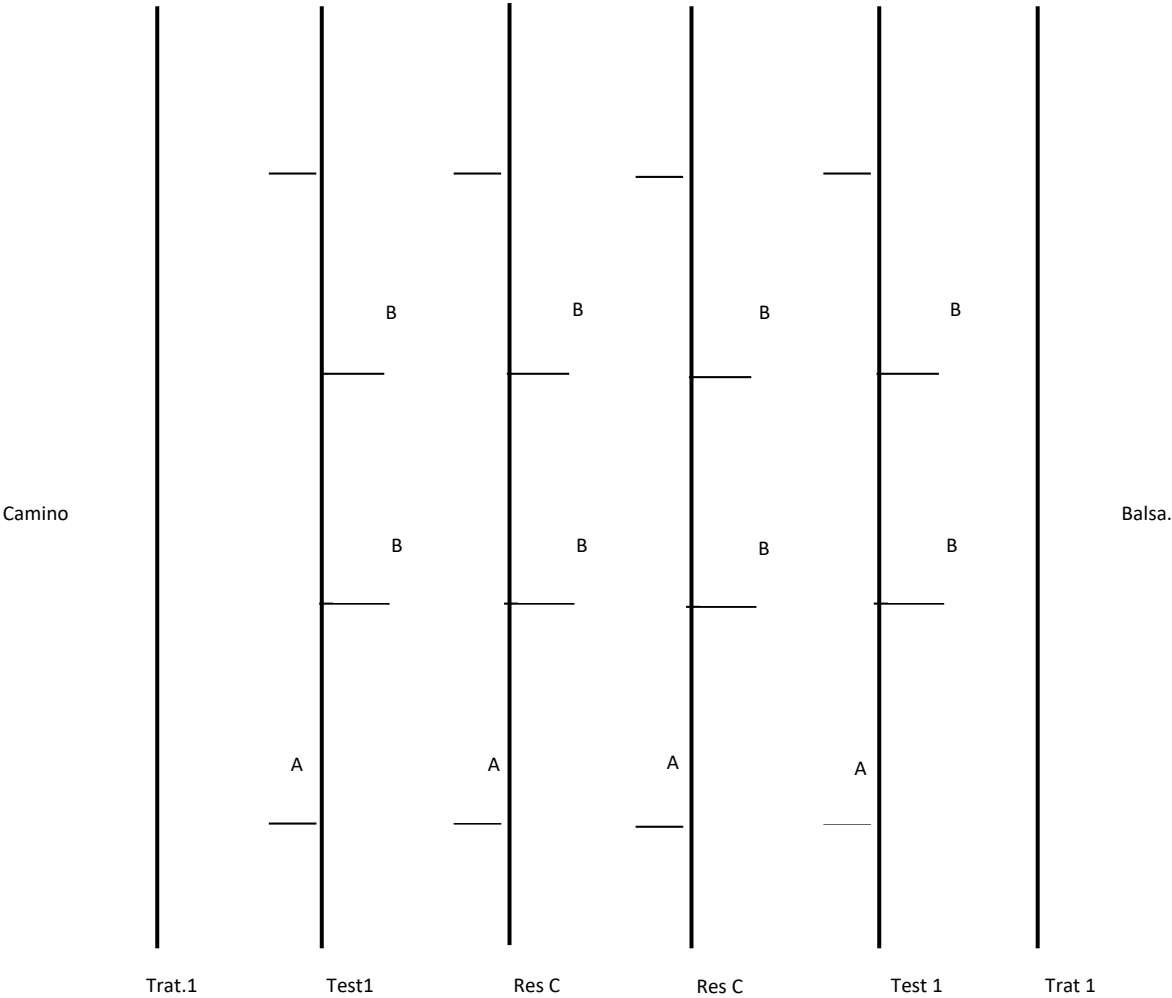


Figura 17. Plano distribución del papel hidrosensible en la Parcela 1 (Elbaile,2016).

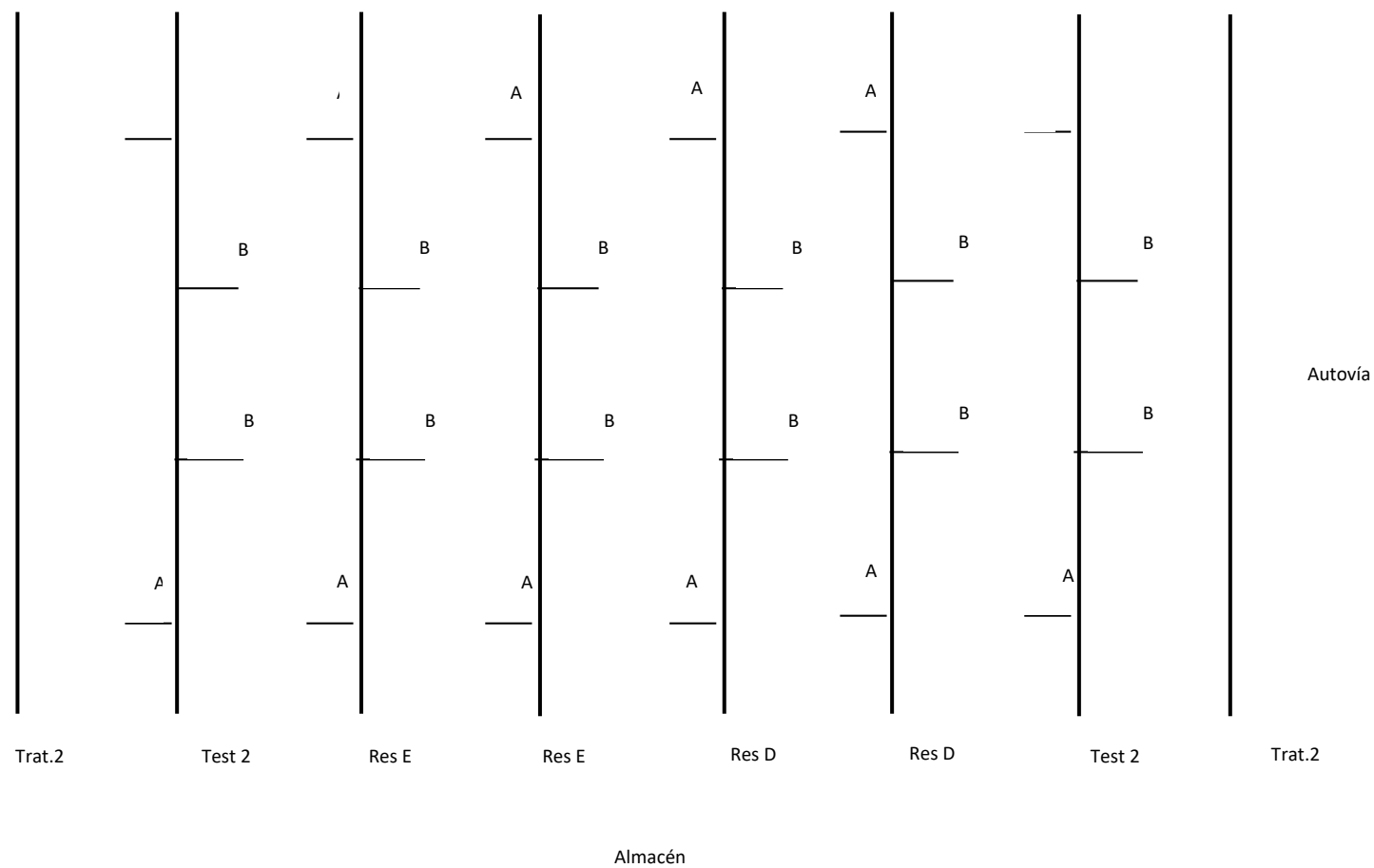


Figura 18. Plano distribución del papel hidrosensible en la Parcela 2 (Elbaile,2016).

2.4.6. Seguimiento climático

Los datos pluviométricos se han tomado del pluviómetro “A095 Rio Vero en Barbastro”, perteneciente a la Confederación Hidrográfica del Ebro (coordenadas UTM: X=759268,3; Y=4657745,6; Huso 30).

Al no estar en funcionamiento la estación meteorológica de Viñas del Vero, se intentaron obtener datos de la estación de Barbastro.

Además, se colocaron tres placas “Moisture meter datalogger” de Hobby Boards (Vickery, 2012) en la parcela de estudio y otra cerca de ellas para obtener medidas de humedad en hoja y temperatura (Figura 19 e Figura 20). Las placas de la parcela se instalaron el 31 de marzo del 2017 y la cuarta se instaló a finales de abril (cuando se detectó el fallo de la estación meteorológica de Viñas del Vero). Todas se retiraron el 6 de septiembre de 2017.

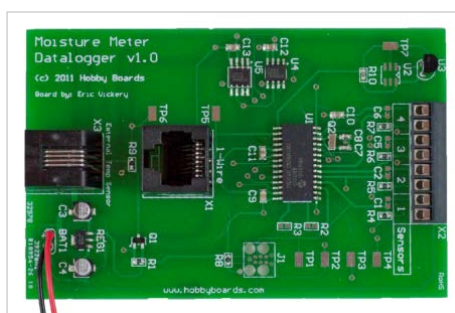


Figura 19. Datalogger para monitorización de T^a y humedad in situ (Vickery, 2012).



Figura 20. Sensores de campo (Elaboración propia).

Los dispositivos antes mencionados cuentan con un sensor de temperatura integrado (con una resolución de $0,5^{\circ}\text{C}$), puertos de conexión para 4 sensores de humedad en suelo o de humedad en hoja, soporte para un sensor de temperatura externo y almacenamiento flash para 65000 registros (Figura 19).

La elección de este circuito integrado frente a otras alternativas se basó en su excelente eficiencia respecto al consumo de potencia (alimentación con tres pilas AA que le proporcionan una autonomía de meses) y su bajo coste (Elbaile, 2016).

Para determinar la presencia y duración de la humedad en el follaje, se empleó un sensor de humedad en hoja de Hobby Boards (Figura 21, izquierda). Este tipo de higrómetro resistivo es sencillo y robusto, y el galvanizado de los dos conductores con una fina película de oro minimiza la oxidación y prolonga su vida útil. Su funcionamiento se basa en que, cuando hay niebla, rocío o lluvia, las gotas de agua conectan eléctricamente los dos conductores y permiten el paso de la corriente, con lo que la resistencia se reduce de 200 k Ω a valores inferiores a 3 k Ω .

Para la programación de las placas y la posterior extracción de datos se utilizó el protocolo de comunicaciones 1-Wire (Dallas Semiconductor) y un adaptador DS9490R de RJ11 a USB suministrado por Maxim Integrated (Figura 21, derecha) junto con el *software* desarrollado *ad-hoc* para la placa (sólo compatible con Windows). Respecto a la programación de los integrados, se limitó a la actualización de la fecha y hora del reloj interno (un RTC), el formateo del almacenamiento interno y la selección de la frecuencia de monitorización (en este caso se ha optado por una frecuencia de 10 minutos).



Figura 21. Izquierda: sensor de humedad en hoja (Elaboración propia); derecha: adaptador RJ11 a USB.

Los ficheros de datos extraídos de las dos placas fueron procesados para permitir su importación a OriginPro (OriginLab), la herramienta *software* empleada para su tratamiento y representación.

2.4.7. Seguimiento de enfermedades

Como se ha indicado anteriormente, los cultivares estaban fuera del programa de aplicación de fitosanitarios al igual con las cepas testigo, mientras que a las filas tratamiento se les aplicó el programa definido para la variedad por Viñas del Vero.

Cada semana se observó una muestra de 50 órganos elegidos al azar en cada bloque, y en su momento, 25 racimos.

Tras una revisión bibliográfica, y tal como se recoge en los siguientes estudios: (Perera González, Rodríguez de Acuña Pego, & Trujillo García, 2013), (Angelotti et al., 2008), (Maharjan, Bhatta, Prasad Acharya, C., & Shrestha, 2015), (Andalucía, 2014), (Díez Navajas, 2015), para efectuar una adecuada evaluación de los parámetros relativos a la presencia y ataque de dichas enfermedades, se ha seguido la propuesta marcada por la EPPO 2009. En ésta se establece en primer lugar una escala en base al porcentaje de área del órgano afectada por la enfermedad (Townsend & Heuberger, 1943). Se ha creído conveniente adaptar los niveles de dicha escala para facilitar así la recogida de datos en campo.

La escala de ataque utilizada es la siguiente (Tabla 13):

Tabla 13. Escala de evaluación del porcentaje de órgano afectado (Elaboración propia).

Valor de la escala	Porcentaje del órgano afectado
0	0%
1	<25%
2	25-50%
3	50%-75%
4	75-100%

Para calcular el grado de ataque (porcentaje de órganos enfermos/órganos controlados), tanto en hoja como en racimo, se ha utilizado la fórmula de Towsend-Heuberger que se adjunta a continuación:

$$P = \frac{\sum(n \times v)}{Vm \times N} \times 100$$

dónde

P = Índice del grado de ataque (%)

n = Número de órganos en cada categoría de ataque

v = Valor numérico de cada categoría de ataque

Vm = Valor máximo de la escala

N = Número total de órganos

Para la evaluación de la eficacia del tratamiento, es decir la relación entre el grado de ataque en las cepas testigo frente a las tratadas, se ha utilizado la fórmula de Abbott (Abbott, 1925) que se detalla a continuación:

$$E = \frac{Pt - P}{Pt} \times 100$$

dónde

E = Grado de eficiencia del tratamiento (%)

Pt = Índice del grado de ataque en la parcela testigo (%)

P = Índice del grado de ataque en la parcela tratada (%)

Según la enfermedad, los parámetros observados fueron los siguientes:

Para mildiu (*P. viticola*) se realizó seguimiento en brote, flor y hoja, y se anotaron los siguientes parámetros:

- Grado del ataque en hojas, "Porcentaje de hojas enfermas/hojas controladas" mediante la fórmula de Towsend-Heuberger.
- Intensidad del ataque, "Superficie de hoja atacada/Superficie de hoja".
- Eficacia del tratamiento, "Relación del grado de ataque en hojas en las cepas testigo frente a las tratadas" mediante la fórmula de Abbott.
- Incidencia de ataque, "Hojas con presencia de daños/total de hoja".

En racimos se realizó el seguimiento de:

- Grado del ataque en racimo, "Porcentaje de racimo enfermo/racimo" mediante la fórmula de Towsend-Heuberger.
- Intensidad del ataque, "Superficie de racimo atacado/superficie de racimo".
- Eficacia del tratamiento "Relación del grado de ataque en racimo en las cepas testigo frente a las tratadas" mediante la fórmula de Abbott.
- Incidencia del ataque, "Racimos con presencia de daños/ total de racimos".

El seguimiento del oídio (*U. necator*) se realizó en hoja, flor y racimo, y se observaron los siguientes parámetros:

- Grado del ataque en hojas, “Porcentaje de hojas enfermas/hojas controladas” mediante la fórmula de Townsend-Heuberger.
- Intensidad del ataque, “Superficie de hoja atacada/Superficie de hoja”.
- Eficacia del tratamiento, “Relación del grado de ataque en hojas en las cepas testigo frente a las tratadas” mediante la fórmula de Abbott.
- Incidencia de ataque, “Hojas con presencia de daños/total de hoja”.

En racimos se realizó el seguimiento de:

- Grado del ataque en racimo, “Porcentaje de racimo enfermo/racimo” mediante la fórmula de Townsend-Heuberger.
- Intensidad del ataque, “Superficie de racimo atacado/superficie de racimo”.
- Eficacia del tratamiento “Relación del grado de ataque en racimo en las cepas testigo frente a las tratadas” mediante la fórmula de Abbott.
- Incidencia del ataque, “Racimos con presencia de daños/ total de racimos”.

El seguimiento de la podredumbre gris (*B. cinerea*) se realizó desde los estadios de floración, en hoja y racimo, y se observaron los siguientes parámetros:

- Grado del ataque en hojas, “Porcentaje de hojas enfermas/hojas controladas” mediante la fórmula de Townsend-Heuberger.
- Intensidad del ataque, “Superficie de hoja atacada/Superficie de hoja”.
- Eficacia del tratamiento, “Relación del grado de ataque en hojas en las cepas testigo frente a las tratadas” mediante la fórmula de Abbott.
- Incidencia de ataque, “Hojas con presencia de daños/total de hoja”.

En racimos se realizó el seguimiento de:

- Grado del ataque en racimo, “Porcentaje de racimo enfermo/racimo” mediante la fórmula de Townsend-Heuberger.
- Intensidad del ataque, “Superficie de racimo atacado/superficie de racimo”.
- Eficacia del tratamiento “Relación del grado de ataque en racimo en las cepas testigo frente a las tratadas” mediante la fórmula de Abbott.
- Incidencia del ataque, “Racimos con presencia de daños/ total de racimos”.

2.4.8. Tratamiento estadístico

Para el tratamiento estadístico se han utilizado criterios no paramétricos, puesto que no se cumplían criterios de normalidad en la distribución. También, debido a los tamaños muestrales reducidos, se ha estimado conveniente el uso de distribuciones paramétricas.

Dentro de los métodos no paramétricos, se ha decidido someter los datos a la prueba Kruskal-Wallis. Este método permite comparar varias muestras aleatorias independientes, partiendo de las siguientes hipótesis:

- Hipótesis nula: todas las funciones de distribución k son iguales.
- Hipótesis alternativa: al menos una de las poblaciones tiende a producir valores mayores que al menos una de las otras poblaciones.

Para ello se ha utilizado el programa *XLSTAT versión 2016.02.28451. Comparación de k muestras (Kruskal-Wallis)*.

En los casos en los que se han obtenido resultados significativos, se han realizado comparaciones múltiples entre las muestras, realizando todas las comparaciones posibles entre pares de valores.

Para la realización de estas comparaciones se ha usado el método *post hoc* Conover-Iman. Se ha descartado el test de Dunn por su menor discriminación en comparación con el primer método (Conover, 1999) . La aplicación del método Conover-Iman se ha llevado a cabo con el programa *XLSTAT versión 2016.02.28451. Comparaciones múltiples por pares mediante el procedimiento de Conover-Iman*.








3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Fenología

A continuación se recogen los resultados obtenidos en el seguimiento semanal de los principales estados fenológico,s desde el 31 de marzo hasta el 29 de agosto del 2017, para las tres variedades PIWI y la variedad tratamiento/testigo *sauvignon blanc*.

El orden de las escalas que se recoge en la Tabla 14 es el siguiente: el primer número corresponde a la *Codificación BBCH de los estadios fenológicos de desarrollo de la vid* (Lorenz et al., 1995), el siguiente al *Código Eichhorn-Lorenz* (Eichhorn & Lorenz, 1978) y el indicado con una letra a los *Estados fenológicos de la vid* (Baillod & Baggiolini, 1993).

Tabla 14. Principales estadios fenológicos (Elaboración propia).

		Resistente C	Tratamiento/Testigo	Resistente E	Resistente D
	05. Estado lanoso 03. Yema hinchada B. Yema hinchada	31/03/2017	31/03/2017	31/03/2017	31/03/2017
	07. Comienzo brotación 05. Brotación C. Punta verde	31/03/2017	07/04/2011	07/04/2017	31/03/2017
	13. 3 hojas desplegadas 09. 2-3 hojas desplegadas E. 2-3 hojas desplegadas	07/04/2017	07/04/2017	07/04/2017	31/03/2017
	53. Inflorescencias visibles 12. Inflorescencias visibles F. Racimos visibles	12/04/2017	20/04/2017	12/04/2017	07/04/2017
	57. Inflor. desarrolladas complet. 17. Inflor. desarrolladas complet. H. Botones florales separados	04/05/2017	18/05/2017	27/04/2017	27/04/2017
	61. Comienzo de la floración 19. Comienzo de la floración I1. Inicio floración	25/05/2017	25/05/2017	18/05/2017	18/05/2017
	65. Plena floración 23. Plena floración I2. Plena floración	02/06/2017	02/06/2017	25/05/2017	25/05/2017

	71. Cuajado de los frutos				
	27. Cuajado de los frutos	09/06/2017	02/06/2017	25/05/2017	25/05/2017
	J. Cuajado				
	75. Baya tamaño guisante				
	31. Baya tamaño guisante	22/06/2017	09/06/2017	02/06/2017	02/06/2017
	K. Baya tamaño guisante				
	81. Comienzo maduración	27/07/2017	27/07/2017	28/07/2017	20/07/2017
	35. Envero				
	M1. Inicio del envero				
	85. Ablandamiento de las bayas	10/08/2017	04/08/2017	04/08/2017	27/07/2017
	36. Maduración				
	M2. Pleno envero				
	89. Bayas listas para recolectarse	17/08/2017	10/08/2017	17/08/2017	10/08/2017
	38. Madurez cosecha				
	N. Maduración				

3.2. Ampelografía

Para la caracterización ampelográfica de las tres variedades PIWI y la variedad *sauvignon blanc* se escogió una selección de los principales descriptores de la *Lista de descriptores OIV para variedades de vid y especies Vitis* (OIV, 2001). Dicha caracterización se realizó en diferentes fechas en función del estado fenológico de las variedades, tal y como se indica en cada descriptor.

Los descriptores que hacen referencia a la resistencia de las variedades de la vid a enfermedades fúngicas deben observarse en plantas en las que no se utilice ningún producto químico para la protección de las mismas (OIV, 2001). Por lo tanto, la caracterización ampelográfica para la variedad *sauvignon blanc* se realizó sobre las líneas testigo. Además, se establece que los descriptores 453, 456 y 459 relacionados con la enfermedad deben medirse en dos fechas indicadas, de ahí que aparezcan dos valores para cada uno de ellos en la Tabla 15.

Tabla 15. Caracterización ampelográfica.

Descriptor OIV	Resistente C	Testigo	Resistente E	Resistente D
1	7	5	7	7
4	1	3	3	3
16	1	1	1	1
51	3	2	1	3
53	1	5	3	1
65	5	3	4	5
67	4	3	3	5
72	1	2	2	2
75	5	5	5	3
81-2	1	1	1	1
84	1	5	3	1
87	1	5	3	1
151	3	3	3	3
202	5	5	3	5
203	3	3	3	3
204	5	7	5	5
208	2	1	1	1
209	2	1	2	2
220	3	3	3	3
221	3	3	3	3
223	2	2	2	2
225	1	1	2	1
241	3	3	3	3
301	5	7	5	5
302	5	3	5	5
304	5	5	5	5
452	9	9	9	9
453	9	9	9	9
453	9	7	9	9
455	9	9	9	9
456	9	5	9	9
456	9	5	9	9
458	9	9	9	9
459	9	9	9	9
459	9	5	9	9
502	1	*	1	1
503	1	3	3	3
505	7	5	9	9
506	5	3	5	3
508	5	5	5	5

Una vez revisada la ampelografía de las tres PIWI y la variedad testigo, se compararon los datos recogidos en campo con los disponibles para cada variedad en el apartado anterior “Material vegetal”.

Se pudo observar que no había grandes diferencias con las fichas varietales para la mayor parte de los descriptores utilizados. Además, las diferencias en comparación con la ampelografía realizada en la campaña de 2016 fueron insignificantes. Quizás el año siguiente se pueda observar alguna diferencia, al tener un año más de edad y ser más homogénea.

3.3. Tasa de cuajado

Se consultó la siguiente bibliografía para realizar el estudio de dicho apartado (Matthews & Nuzzo, 2007), (Poni, Casalini, Bernizzoni, Civardi, & Intrieri, 2006) y (Guilpart, Metay, & Gary, 2014).

En nuestro caso, los datos de las características fenotípicas se recolectaron de modo visual en campo, tomando como referencia dos cepas de cada variedad resistente y la otra de la variedad tratamiento. El objetivo del estudio es ver las diferencias y relaciones entre las cepas de cada variedad y también entre todas las variedades.

Se realizó un ACP con una transformación previa de los datos mediante una estandarización de la desviación típica ($n-1$) para homogeneizar las comparaciones y con el fin de facilitar la interpretación del significado de los factores seleccionados se llevó a cabo una rotación de los ejes factoriales. Uno de los métodos más corrientes es el Varimax, desarrollado por Kaiser (1958), que efectúa una rotación ortogonal de los ejes factoriales. El objetivo de la rotación es conseguir que la correlación de cada una de las variables sea lo más próxima a 1 con sólo uno de los factores y próxima a cero con todos los demás.

Tabla 16. Cosenos cuadrados de las variables tras rotación Varimax (Elaboración propia).

Variedad	F1	F2	F3
E_1	0,714	0,001	0,001
E_2	0,004	0,585	0,021
D_2	0,002	0,487	0,323
D_3	0,676	0,027	0,008
T_1	0,014	0,617	0,006
T_2	0,384	0,096	0,032
C_2	0,561	0,002	0,000

Se puede observar en la Tabla 16 que las correlaciones entre las variables y los factores no coinciden para ninguna de las dos plantas en el mismo factor. Se observa que en el factor 1 están altamente correlacionadas las variedades E1, D3 y C2.

Estas diferencias entre individuos de la misma variedad y entre las cuatro variedades muestran una importante heterogeneidad, posiblemente debida a la edad de las plantas, a la pérdida de sarmientos y racimos por accidentes, roturas y la influencia del sistema de formación.

Para comprobar dicha homogeneidad en las variedades sería preciso realizar conteos sobre mayor número de plantas de cada variedad y a una edad más adulta.

Se volvió a analizar de nuevo con las observaciones del anterior buscando una mayor claridad, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 17. Cosenos cuadrados de las observaciones tras rotación Varimax del segundo ACP (Elaboración propia).

	F1	F2	F3
Yema	0,006	0,891	0,089
Racimo/hoja	0,139	0,105	0,742
Nº FLORES	0,614	0,024	0,006
CUAJADOS	0,846	0,001	0,047
GRANOS_Finales	0,875	0,002	0,029

Respecto a las variables del ACP se expresa el 88% de la varianza con tres factores. Se observa una alta correlación entre el número de flores, frutos cuajados y granos al final del envero (lo que es evidente, ya que se expresan en el Factor 1). En el F2 se expresa la yema, y racimo/hoja en F3. Además, se observa en el Factor 2 que la ubicación del racimo es independiente de las otras variables.

3.4. Resultados de la maduración

Una vez realizados los análisis pertinentes por los técnicos de Viñas del Vero, se procedió a la vendimia de todas las variedades el día 22 de agosto de 2017. Los parámetros controlados se recogen en la Tabla 18:

Tabla 18. Análisis de variedades en campo (Viñas del Vero).

	Fecha	Peso racimo (gr)	Peso 100 bayas (gr)	Grado Brix	Grado probable	Acidez total (g/l)	pH
Resistente C	09/08/2017	140,1	87,40	20,2	11,5	8,1	3,1
Resistente D	09/08/2017	151,2	128,80	23	13,5	6,33	3,2
Resistente E	09/08/2017	119,0	140,4	28,6	17,4	4,71	3,3
<i>Sauv. blanc</i>	22/08/2017	149,4	131,7	17,8	9,92	4,74	3,22
Resistente C	17/08/2017	140,1	74,30	21,6	12,5	6,95	3,1
Resistente D	17/08/2017	151,2	130,00	24,2	14,3	5,62	3,3
Resistente E	17/08/2017	119,0	123,40	29,2	18,3	3,98	3,6
<i>Sauv. blanc</i>	22/08/2017	149,4	151,9	17,8	9,92	4,3	3,27

Además, para obtener unos buenos análisis de producción, se tomaron datos de cepas (Tabla 19):

Tabla 19. Datos de racimos en variedades PIWI (Elaboración propia).

Variedad	Nº cepas	Cepas con racimo	Nº racimos/cepa	Racimos viables
Resistente C	69	33	25	826
Resistente D	79	59	13,4	795
Resistente E	76	71	12,4	884

La producción en la campaña 2017 aumentó respecto a la anterior y se pudo realizar una vendimia y una vinificación. En la única variedad en que se produjeron racimos por debajo del 50% del número de cepas fue en la resistente C, pero la diferencia fue muy pequeña, pudiendo deberse a un mayor ataque de eriosis y pájaros.

A efectos de comparación, en la Tabla 20 se pueden observar los datos de la campaña 2016.

Tabla 20. Tabla de datos de la campaña anterior (Elbaile, 2016).

	Fecha	Peso racimo (gr)	Peso 100 bayas (gr)	Grado Brix	Grado probable	Acidez Total (g/l)	PH
Resistente C	18/08/2016	65,9	118,4	21,4	12,35	7,47	2,94
Resistente D	18/08/2016	64	115	29	17,42	4,88	3,41
Resistente E	18/08/2016	82,8	138,1	23	13,45	7,23	3,05
<i>Sauv. blanc</i>	25/08/2016		131,7	17,8	9,92	4,74	3,22
Resistente C	30/08/2016		92,1	23,1	13,52	5,79	3,1
Resistente D	30/08/2016		139,1	29,6	18,1	3,96	3,6
Resistente E	30/08/2016		161,5	25	14,84	5,44	3,31
<i>Sauv. blanc</i>	31/08/2016		151,9	17,8	9,92	4,3	3,27

3.5. Índice de Ravaz

Este año se ha creído conveniente el cálculo de un nuevo índice, buscando reflejar la relación entre rendimiento de cosecha (kg/m^2) y peso de madera de poda (kg/m^2). Es el más usado actualmente para evaluar el equilibrio de la planta entre producción y desarrollo fue propuesto por Ravaz en 1903

(Vasconcelos & Castagnoli, 2000). Se calcula relacionando el peso de la cosecha y el peso de la madera de poda. Los valores recomendados por el autor son 5-7 si se quiere evitar desequilibrios en el viñedo.

Existen autores que proponen valores ideales de este índice, aunque la gran parte se encuentran comprendidos entre 5-12, en función del cultivar, carga, dosis de riego y sistemas de conducción (Smart y Robinson, 1991; Reynolds et al. 1985 en González-Padierna, 2003).

El día 20 de marzo de 2018 se poda la parcela que es objeto de estudio y se comienza a recoger fardos de sarmientos para después pesarlos y así obtener la cantidad de madera de poda de cada variedad resistente y de la Testigo 1 y 2. A continuación se pueden ver los cálculos (Tabla 21):

Tabla 21. Resultados del cálculo de índice de Ravaz (Elaboración propia).

Variedad	Rendimiento de cosecha (kg/m ²)	Peso de madera de poda (kg/m ²)	Índice de Ravaz
Resistente C	241,7	60	4
Testigo 1	231,8	40,5	5,7
Resistente E	154,71	11,29	13,7
Resistente D	117,04	13,56	8,63
Testigo 2	214,72	31,21	6,9

Se puede apreciar que las únicas que están entre los rangos recomendados son la variedad *muscaris* y las dos variedades testigos, con índice de Ravaz entre 5 y 12. Por tanto, las demás están en desequilibrio.

Esta campaña no poseemos de más datos, pero la que viene se podrán hacer comparaciones mejores.



Figura 22. Recogida manual de madera de poda en campo (Elaboración propia).

3.6. Deriva de fitosanitarios

Se analizó el día 15 de junio de 2017, colocando papeles hidrosensibles en las dos parcelas.

Al principio se comprobó la eficacia del mismo (Figura 23). Una vez finalizada la aplicación de productos fitosanitarios en las filas correspondientes, no se dieron casos de deriva en ninguna de las variedades PIWI (papeles indicadores amarillos), en cambio sí se dio un poco de deriva de tratamiento en las filas testigo de alrededor de las tres PIWIs. Se puede observar en las siguientes fotografías de ejemplos de las parcelas.

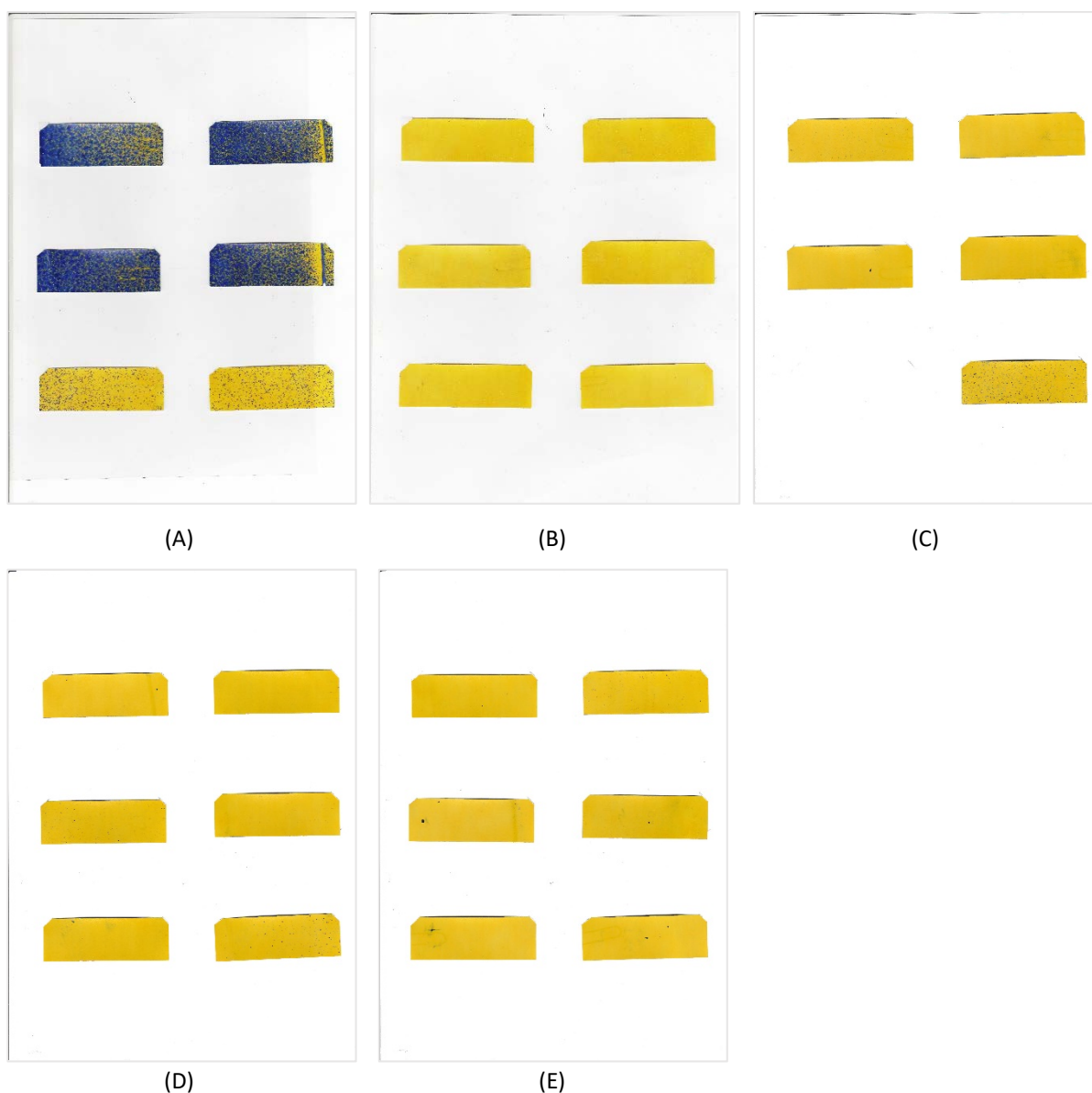


Figura 23. Papeles hidrosensibles de: (A) fila Tratamiento; (B) filas de las variedades PIWI; (C) fila Testigo de la parcela 1, junto a sauvignon kretos; (D-E) filas Testigo de la parcela 2 junto a muscaris y souvignier gris, respectivamente.

3.7. Coste de tratamientos

Se procede a mostrar los costes estimados de los tratamientos en el periodo mayo-junio (ambos inclusive). En concreto, se muestran los precios por aplicación y hectárea en euros según las dosis aplicadas durante la campaña. Es preciso aclarar que sólo se han tenido en cuenta los tratamientos para mildiu y oídio, que son las dos enfermedades que estas nuevas variedades resisten.

Tabla 22. Costes estimados para tratamientos de mildiu y oídio (Elaboración propia).

Tratamiento aplicado	Precio producto (€/litro-kg)	Precio aplicación (€)/ha
Tratamiento antioidio con poltix (miclobutanil 12,5%) a dosis 300 cc/ha	14,00	4,20
Tratamiento antioidio con adir (bupirinato 25%) a dosis de 400 cc/ha	42,41	16,96
Tratamiento para mildiu (hidróxido cúprico 25%) a dosis 1,8 kg/ha	8,70	15,66
Tratamiento antioidio con genius (tebuconazol) a dosis 600 cc/ha	13,00	7,80
Tratamiento estuder para mildiu mzl (metalaxil+mancoceb) a dosis 2 kg/ha	12,50	25,00
Total		69,62

Esta campaña los gastos atribuibles al tratamiento de enfermedades supusieron aproximadamente 70 euros/ha, siendo inferiores a los del año anterior, en que ascendieron hasta 117,36 euros/ha. A los valores anteriores se deberían añadir las pérdidas debidas a disminución en rendimiento de cosecha si los tratamientos no surten efecto (este año han sido eficaces en el mildiu debido a que, por causas climáticas, no ha habido mucho ataque; y en el caso del oídio las eficacias de tratamiento han sido bastante altas, tanto en hoja como en racimo) y el coste de la mano de obra para cada aplicación, del cual no se disponen datos.

Teniendo en cuenta que la plantación es joven, aún no es de gran interés el coste, pero si se calculara para una plantación de mayor tamaño y edad, la mejora tanto en el aspecto económico como en el ambiental debería ser notable.

3.8. Datos climáticos

A partir de los datos climáticos recogidos de las diferentes fuentes en el período abril-septiembre de 2017, que fueron tratados con el programa *OriginPro versión 2017 SR2*, se procedió a realizar las modelizaciones de cada enfermedad a estudiar.

A continuación se muestran los datos diarios de temperatura (Figura 24), resistividad en hoja frente a precipitación (Figura 25) y resistividades en mayo (Figura 26).

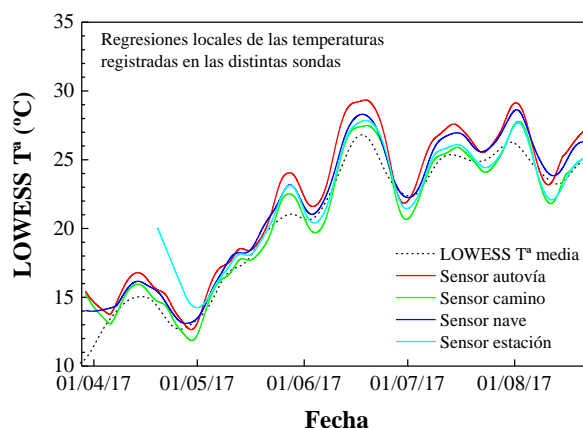


Figura 24. Temperaturas horarias obtenidas mediante "Moisture Meter Datalogger".

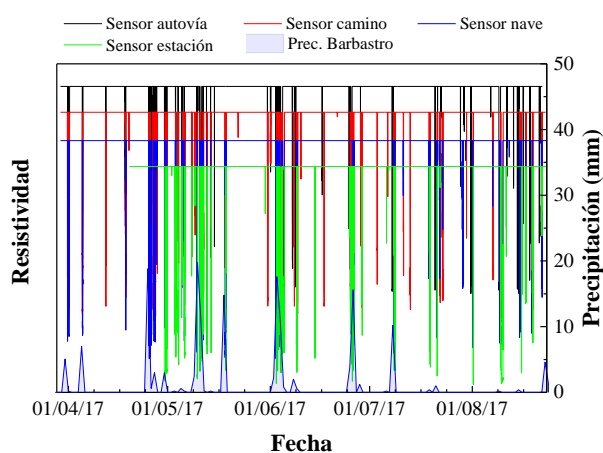


Figura 25. Resistividad horaria en hoja vs precipitaciones obtenida mediante "Moisture Meter Datalogger".

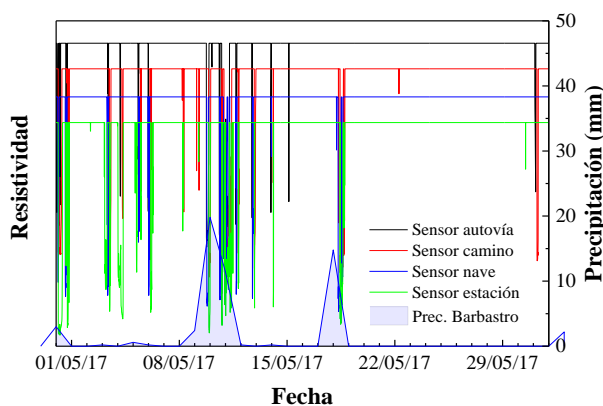


Figura 26. Comparativa de resistividades en mayo.

Respecto a las temperaturas, las desviaciones de la regresión local (LOWESS) de la estación de Barbastro frente a las de los sensores instalados en parcela pueden deberse: (1) al hecho de que la regresión local los datos de la estación de Barbastro se ha calculado a partir de valores medios diarios de temperatura (que es lo que estaba disponible en la página de SIAR), obviando fluctuaciones dentro de cada día, mientras que las regresiones locales para los sensores se han calculado usando todos los datos recogidos cada 10 minutos; (2) a que la distancia a la estación (situada en las coordenadas UTM X=757738; Y=4655960) implica *per se* pequeños cambios respecto a la zona de la bodega. No obstante,

se aprecia claramente que los valores son próximos, lo que confirma el buen funcionamiento de los sensores instalados (que es lo que nos interesaba).

Respecto a las precipitaciones, vemos que coinciden con la mayor parte de los aumentos de conductividad de los sensores instalados. Ahora bien, se aprecia que en los sensores hay más disminuciones de la resistividad que no se corresponderían con lluvias. Puede deberse a que haya llovido en la zona de la parcela y en Barbastro no (poco probable), o sencillamente a condensación de la humedad ambiental en el sensor (rocío), puesto que las humedades máximas ambientales diarias (ver gráfica de la estación de Barbastro) están muchas veces por encima del 80%.

3.9. Mildiu (*P. viticola*)

Los daños producidos por el *P. viticola*, en base al análisis visual tanto hojas como racimos de las cepas, se analizan en los apartados siguientes apartados.

A modo de ejemplo, en la Figura 27 se muestran algunas imágenes de los daños observados en campo el año pasado (Elbaile, 2016), pero es preciso aclarar este año fueron mínimos.



Figura 27. Daños producidos por mildiu (Elbaile, 2016).

3.9.1. Resultados de enfermedad en hoja

No se han detectado daños en ninguna de las variedades PIWI, ni en las viñas tratadas ni en la variedad testigo 2. Anecdóticamente, se detectaron daños leves (<25%) en hoja para la variedad testigo 1 en la recogida de datos del 13/07/2017 (3 de 55 muestras, 5.77%). En racimo no se detectaron daños.

3.9.1.1. Grado de ataque de mildiu en hoja

Una vez se realiza el análisis estadístico con los datos de ataque en hoja para mildiu, no se encuentran diferencias relevantes entre las muestras.

Tabla 23. Prueba de Kruskal-Wallis para ataque de mildiu en hoja

Prueba de Kruskal-Wallis:	
K (Valor observado)	6,000
K (Valor crítico)	12,592
GL	6
valor-p (bilateral)	0,423
alfa	0,05

Tabla 24. Conover-Iman para ataque de mildiu en hoja

Comparaciones múltiples por pares mediante el procedimiento de Conover-Iman / Prueba bilateral:				
Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos
Rest C	6	126,000	21,000	A
Trat 1	6	126,000	21,000	A
Rest E	6	126,000	21,000	A
Rest D	6	126,000	21,000	A
Trat 2	6	126,000	21,000	A
Test 2	6	126,000	21,000	A
Test 1	6	147,000	24,500	A

Esto se debe a que las condiciones ambientales (altas temperaturas con pocas lluvias y bajas humedades) no han sido favorables a su desarrollo, a diferencia del año anterior (más lluvioso). El único daño registrado fue en la variedad testigo 1 la semana de 18 de mayo, posiblemente -como se puede ver en las siguientes gráficas- debido a una temperatura media entre 10-20 °C y a las lluvias acumuladas de las primeras semanas del mes de mayo. Las temperaturas ascienden a partir de la semana del 18 de mayo y se mantienen por encima de los 20 °C, impidiendo al hongo desarrollarse adecuadamente (Figura 28).

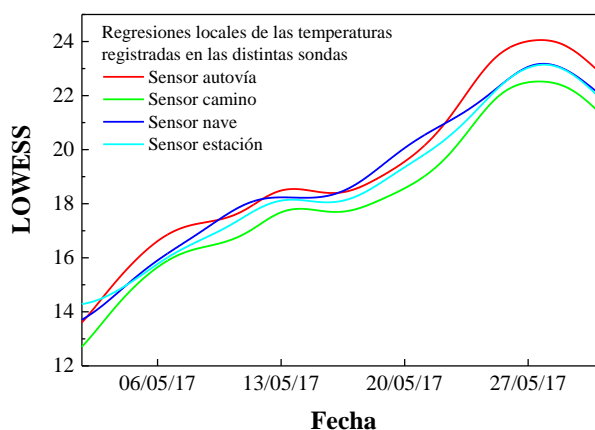


Figura 28. Gráfica de temperaturas de sensores.

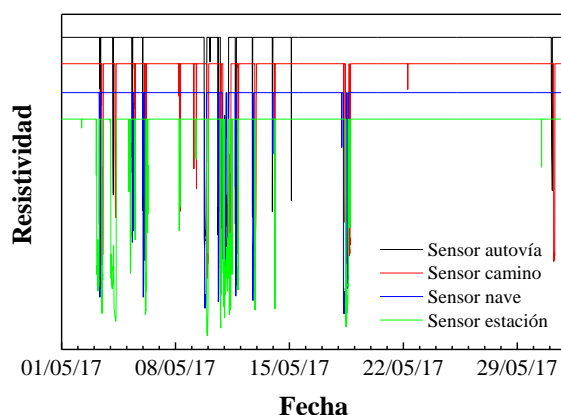


Figura 29. Gráfica de resistividades de todos los sensores.

3.9.1.2. Intensidad de ataque de mildiu en hoja

No se ha calculado debido a que los daños no han sido suficientes.

3.9.1.3. Incidencia de ataque de mildiu en hoja

Igual que en el apartado anterior, debido a la baja presión de enfermedad, no se ha podido calcular.

3.9.1.4. Eficacia de tratamiento de mildiu en hoja

Como no se han producido enfermedades, se podría decir que ha sido muy eficaz el tratamiento (o que debido a las condiciones climáticas es por lo que no se ha dado lugar la enfermedad).

3.9.2. Resultados de enfermedad en racimo

En este caso sí que no se ha encontrado ningún indicio de la enfermedad y por tanto no se pueden calcular los siguientes apartados. Esto es debido a las altas temperaturas como ya hemos mencionado anteriormente.

3.9.3. Modelización de mildiu

A raíz del aumento de las enfermedades fúngicas en la vid en los últimos años, con el subsiguiente aumento del uso de productos fitosanitarios, se han creado las guías de gestión integrada de plagas que son de gran utilidad. Entre las nuevas técnicas preventivas, destacan los modelados para la temprana detección de las enfermedades nombradas, optimizando el uso de insumos, aumentando la eficacia de los tratamientos, evitando pérdidas en la cosecha y reduciendo la contaminación ambiental (Kuflik et al., 2009)(Ausín & Rodrigues, 2015).

No obstante, en esta campaña no ha sido posible la modelización con el método de Goidanich, ya que no ha habido elevadas presiones durante la campaña.

3.10. Oídio (*U. necator*)

Los daños producidos por dicho hongo serán analizados en los siguientes apartados, en base a la inspección visual de hojas y racimos en cada una de las variedades durante el periodo de estudio. En la Figura 30 se pueden observar algunas fotografías de los daños vistos en las parcelas.



Figura 30. Daños producidos por oídio (Elaboración propia).

3.10.1. Resultados de enfermedad en hoja

3.10.1.1. Grado de ataque de oídio en hoja

La evolución del grado de ataque en hoja se puede observar en la Figura 31. Las variedades resistentes no han mostrado ningún ataque y las testigo y tratamiento sí. Los ataques comienzan en menor grado la semana del 22 de mayo en el testigo de la parcela 2, y en mayor medida en la semana del 2 de julio en ambas parcelas.

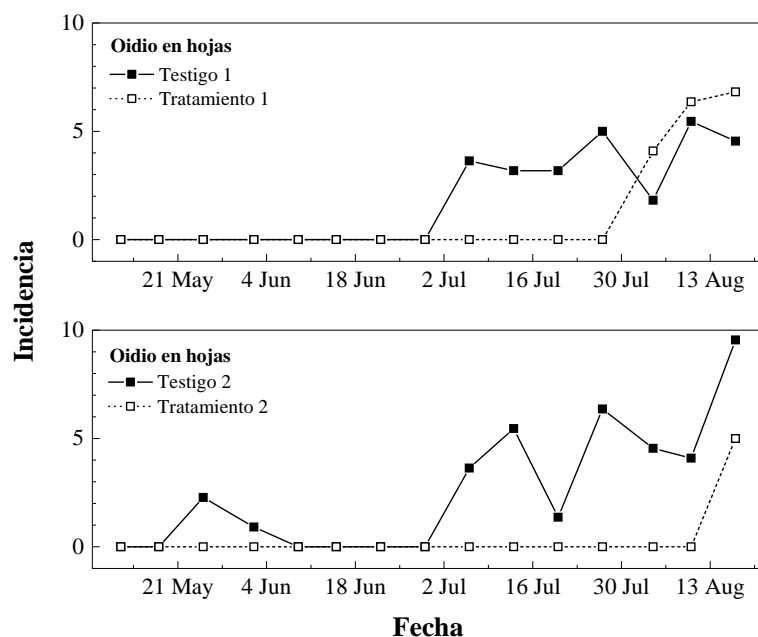


Figura 31. Evolución temporal del oídio en hoja.

A diferencia de lo comentado para mildiu, en el análisis estadístico para oídio sí se aprecian diferencias claras (Tabla 25 y Tabla 26).

Tabla 25. Prueba de Kruskal-Wallis para ataque de oídio en hoja

Prueba de Kruskal-Wallis:	
K (Valor observado)	33,694
K (Valor crítico)	12,592
GL	6
valor-p (bilateral)	< 0,0001
alfa	0,05

Tabla 26. Conover-Iman para ataque de oídio en hoja

Comparaciones múltiples por pares mediante el procedimiento de Conover-Iman / prueba bilateral:				
Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos
Rest C	15	645,000	43,000	A
Rest D	15	645,000	43,000	A
Rest E	15	645,000	43,000	A
Trat 2	15	700,500	46,700	A B
Trat 1	15	818,000	54,533	A B C
Test 1	15	996,000	66,400	B C
Test 2	15	1115,500	74,367	C

Si se tratan los datos teniendo en cuenta el efecto fecha para las variedades resistentes, testigo y tratamiento, también se observan diferencias significativas desde el punto de vista estadístico en el desarrollo de la enfermedad. Por un lado, se ve que hay diferencias entre las variedades resistentes y las testigo y tratamiento, ya que no presentan ninguna afección de hongo las resistentes y las demás sí.

Para poder observar mejor las diferencias entre variedades, realizamos un nuevo análisis diferenciando entre parcela 1 y parcela 2.

Comenzamos por la parcela 1 y se tienen los siguientes datos:

Tabla 27. Prueba de Kruskal-Wallis para ataque de oídio en hoja en la parcela 1

Prueba de Kruskal-Wallis:		
K (Valor observado)		8,102
K (Valor crítico)		5,991
GL		2
valor-p (bilateral)		0,017
alfa		0,05

Obtenidos éstos resultados se ha procedido a realizar un análisis Conover-Iman (Tabla 28) en el cual se pueden observar distintos grados de ataque: la variedad Resistente C no sufre ataque, mientras que la Testigo 1 sí. En el caso de la Tratamiento 1, la diferencia de las medias no es estadísticamente significativa respecto a las otras dos. Esto indicaría una eficacia moderada en el tratamiento aplicado en la parcela 1 para oídio, que se comprobará al determinar la eficacia de tratamiento.

Tabla 28. Conover-Iman para ataque de oídio hoja en la parcela 1

Comparaciones múltiples por pares mediante el procedimiento de Conover-Iman / prueba bilateral:					
Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos	
Rest C	15	270,000	18,000	A	
Trat 1	15	346,000	23,067	A	B
Test 1	15	419,000	27,933		B

De forma análoga, los resultados del Conover-Iman obtenidos para la parcela 2 se detallan a continuación:

Tabla 29. Conover-Iman para hoja en parcela 2

Comparaciones múltiples por pares mediante el procedimiento de Conover-Iman / Prueba bilateral:					
Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos	
Rest E	15	382,500	25,500	A	
Rest D	15	382,500	25,500	A	
Trat 2	15	414,000	27,600	A	
Test 2	15	651,000	43,400		B

Igual que ocurría en la parcela 1, en la Tabla 29 se observan dos grados de ataque, presentando en este caso la Tratamiento 2 un grado de ataque bajo, similar al de las variedades resistentes D y E. Por tanto, se podría afirmar que la eficacia de tratamiento para oídio ha sido alta en esta parcela, lo que comprobaremos en el correspondiente apartado más adelante.

3.10.1.2. Intensidad de ataque de oídio en hoja

Una vez calculada la intensidad de ataque para un total de 825 órganos por variedad, se obtienen los resultados expuestos en la Figura 32.

Se puede observar que ninguna de las tres variedades resistentes presenta daños y, por otro lado, vemos que la Tratamiento 2 sólo posee un 0,9% de hojas dañadas, indicando que el tratamiento ha sido eficaz en la parcela 2. No obstante, en la parcela 1 (Tratamiento 1) no habría sido tan eficaz y supone un 2,8 % de hojas dañadas. La variedad más afectada en este caso es la testigo 2 que llega a tener el 0,6% de hojas con >75 % de daños.

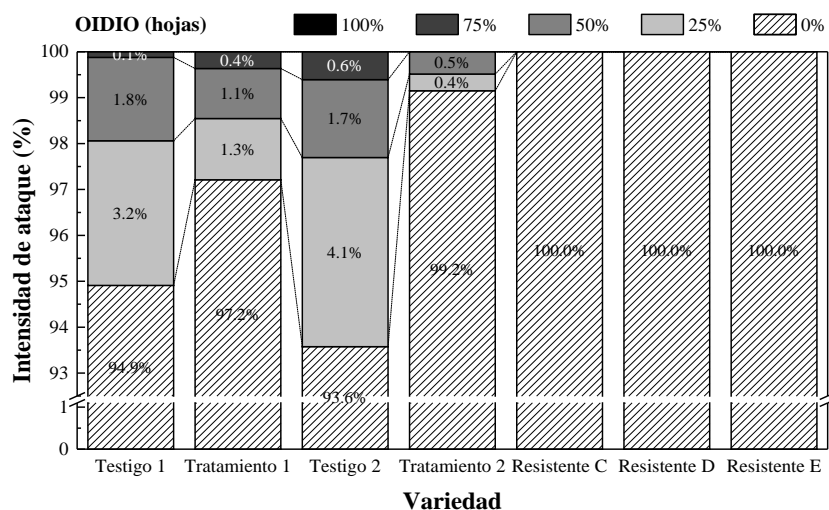


Figura 32. Intensidad de ataque (superficie de hoja atacada/superficie de hoja) en hoja *U. necator*.

3.10.1.3. Incidencia de ataque de oídio en hoja

En el total de daños en hoja (Figura 33) se puede observar que la mayor incidencia de daño se dio en las muestras testigo, concretamente en la testigo 2 se observan hasta 53 hojas atacadas de 825 que se muestrearon; lo que equivale a un 6,42%.

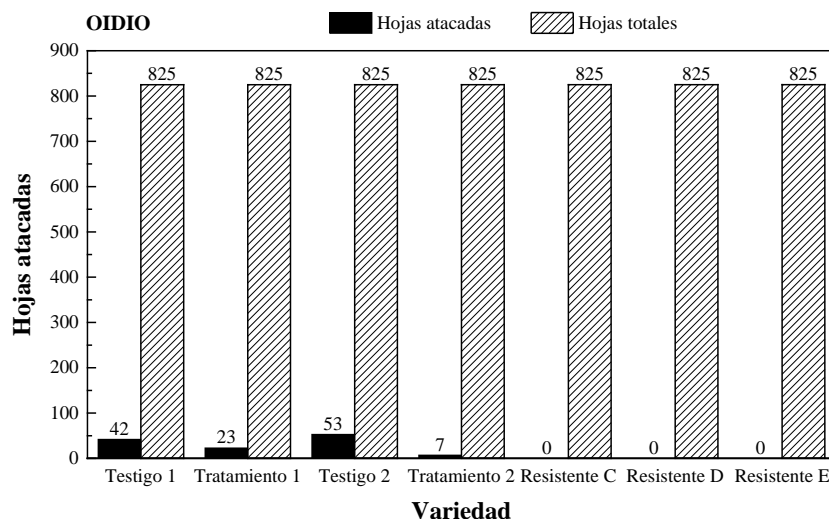


Figura 33. Incidencia de oídio en hoja.

3.10.1.4. Eficacia de tratamiento de oídio en hoja

Se obtiene el grado de eficacia del tratamiento a partir del índice del grado de ataque por cada semana y en cada parcela (Tabla 30).

Tabla 30. Eficacia del tratamiento (grado de ataque en cepas testigo vs. tratamiento) en racimo U. necator

Fecha	Eficacia 1	Eficacia 2
12/05/2017	ND	ND
18/05/2017	ND	ND
25/05/2017	ND	ND
02/06/2017	ND	ND
09/06/2017	ND	ND
15/06/2017	ND	ND
22/06/2017	ND	ND
29/06/2017	ND	ND
06/07/2017	100	100
13/07/2017	100	100
20/07/2017	100	100
27/07/2017	100	100
04/08/2017	0	100
10/08/2017	12,5	100
17/08/2017	0	53,9
MEDIA \pm D.E.	58,93 \pm 47,58	93,41 \pm 17,44

Una vez calculada la eficacia de tratamiento para ambas parcelas, se confirman los resultados obtenidos en los análisis estadísticos con los datos de las dos parcelas. Se observa una eficacia en torno al 60 % en la parcela 1, en la que la variable Tratamiento 1 presentaba menor grado de afección que la variable Testigo 1, y una eficacia de tratamiento que alcanza el 93% en la parcela 2, en la que el grado de afección es mucho mayor para la Testigo 2 que para Tratamiento 2. Además, se corrobora también que en la intensidad de ataque en la variedad Tratamiento 2 fue muy baja.

3.10.2. Resultados de enfermedad en racimo

3.10.2.1. Grado de ataque de oídio en racimo

De forma similar a los apartados anteriores, la evolución del ataque en racimo se recoge en la Figura 34. Se observa que los primeros ataques comienzan la semana del 2 de julio en la parcela 1, y que en la parcela 2 los daños son más tardíos, en la semana del 16 de julio. Encontramos el mayor pico de intensidad de ataque la semana del 13 de agosto. En las variedades resistentes nuevamente no hay afección.

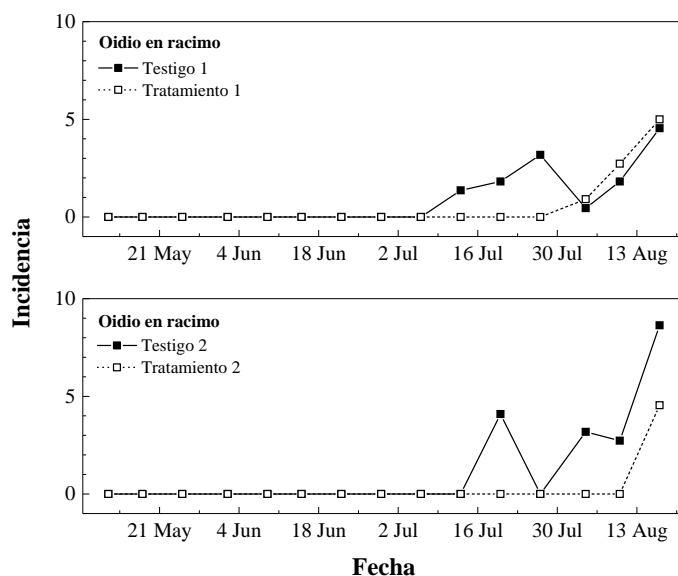


Figura 34. Evolución temporal del oídio en racimo.

En primer lugar, se hace un análisis estadístico con todos los datos, pero no se obtienen diferencias. Por tanto, se procede de nuevo a realizar un análisis estadístico con los datos de grado de ataque en racimos por oídio del mismo modo que en hoja, dividiendo las parcelas. En la parcela 1 se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 31. Prueba de Kruskal-Wallis para oídio en racimo en la parcela 1

Prueba de Kruskal-Wallis:	
K (Valor observado)	7,008
K (Valor crítico)	5,991
GL	2
valor-p (bilateral)	0,030
alfa	0,05
Se ha utilizado una aproximación para calcular el valor-p.	

Vistos éstos resultados se ha procedido a realizar un análisis Conover-Iman (Tabla 32) en el cual se pueden observar distintos grados de ataque, igual que en el apartado de ataque en hoja: por un lado la variedad Resistente C no sufre ataque, mientras que la Testigo 1 sí lo sufre. De nuevo, la diferencia de las medias para la Tratamiento 1 no sería significativa respecto a las otras dos. Esto indicaría una moderada eficacia en el tratamiento aplicado en la parcela 1 para oídio, como se comprobará al determinar la eficacia de tratamiento.

Tabla 32. Conover-Iman para oídio en racimo en la parcela 1

Comparaciones múltiples por pares mediante el procedimiento de Conover-Iman / Prueba bilateral:				
Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos
Rest C	15	277,500	18,500	A
Trat 1	15	347,000	23,133	A B
Test 1	15	410,500	27,367	B

Nuevamente se realiza otro análisis para la parcela 2 obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 33. Prueba de Kruskal-Wallis para ataque de oídio en racimo en la parcela 2

Prueba de Kruskal-Wallis:		
K (Valor observado)		9,034
K (Valor crítico)		7,815
GL		3
valor-p (bilateral)		0,029
alfa		0,05
Se ha utilizado una aproximación para calcular el valor-p.		

Tabla 34. Conover-Iman para ataque de oídio en racimo en la parcela 2

Comparaciones múltiples por pares mediante el procedimiento de Conover-Iman / Prueba bilateral:				
Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos
Rest E	15	420,000	28,000	A
Rest D	15	420,000	28,000	A
Trat 2	15	451,000	30,067	A B
Test 2	15	539,000	35,933	B

En la Tabla 34 por un lado tenemos las variedades resistentes, sin ataque, y por otro lado la Testigo 2, afectada. La diferencia de las medias para la Tratamiento 2 respecto al resto no es significativa.

3.10.2.2. Intensidad de ataque de oídio en racimo

Del total de 375 racimos revisados se puede destacar que las variedades resistentes de nuevo no presentan ningún ataque. De las otras variedades estudiadas, la más afectada es la Testigo 2, seguida de la Testigo 1, que presenta un 5,6 % de intensidad de ataque de oídio en racimo. Por último, las filas Tratamiento 1 y 2 han sido menos dañadas que las testigo.

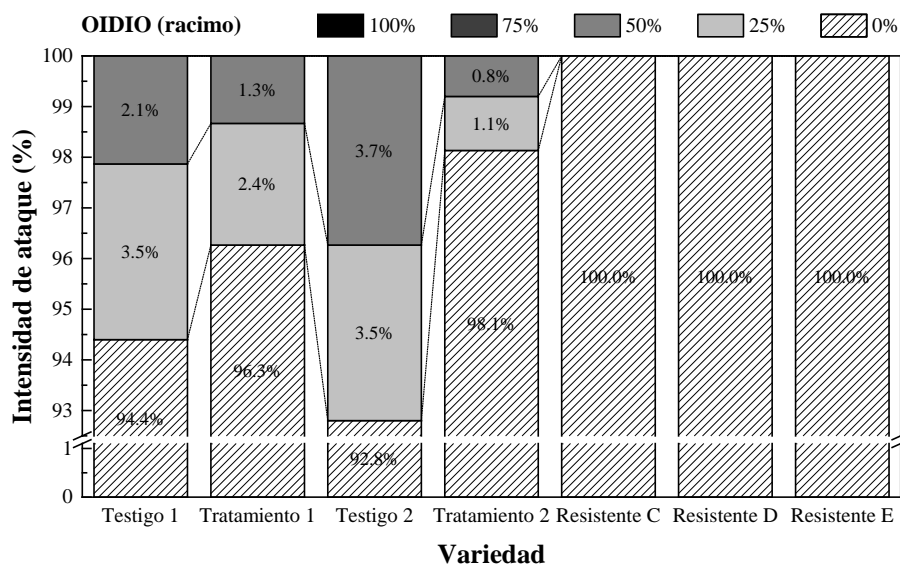


Figura 35. Intensidad de ataque del oídio en racimo.

3.10.2.3. Incidencia de ataque de oídio en racimo

En el total de daños en racimo (Figura 36) se puede observar que la mayor incidencia de daño se dio en las muestras testigo, concretamente en la Testigo 2, para la que se observan hasta 27 racimos atacados de 375 que se muestrearon (lo que equivale a un 7,2%). También se puede añadir que los tratamientos fitosanitarios han surtido algún efecto.

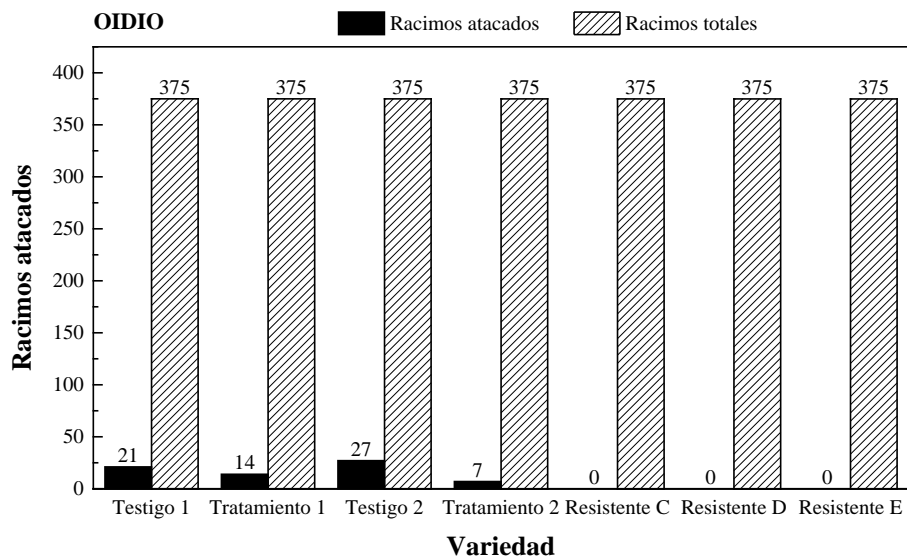


Figura 36. Incidencia de oídio en racimo.

3.10.2.4. Eficacia de tratamiento de oídio en racimo

Las eficacias de tratamiento semana a semana se recogen en la Tabla 35:

Tabla 35. Eficacias de tratamiento para el oídio en racimo.

Fecha	Eficacia 1	Eficacia 2
12/05/2017	ND	ND
18/05/2017	ND	ND
25/05/2017	ND	ND
02/06/2017	ND	ND
09/06/2017	ND	ND
15/06/2017	ND	ND
22/06/2017	ND	ND
29/06/2017	ND	ND
06/07/2017	ND	ND
13/07/2017	100	ND
20/07/2017	100	100
27/07/2017	100	ND
04/08/2017	0	100
10/08/2017	0	100
17/08/2017	0	41,7
MEDIA \pm D.E.	50 \pm 54,77	85,425 \pm 29,15

Calculada la eficacia de tratamiento para ambas parcelas, se corroboran los resultados obtenidos en los análisis estadísticos con los datos de las dos parcelas: se observa una eficacia del 50% en la parcela 1, y una eficacia de tratamiento de 85% en la parcela 2, de forma coherente con lo indicado para la eficacia de tratamiento en hoja.

La mayor eficacia del tratamiento en la parcela 2, tanto para racimo como para hoja, puede deberse a varias razones: en primer lugar, la disposición de la parcela, ya que una tiene orientación este-oeste y la otra norte-sur, lo que implica que las horas de incidencia de luz y su intensidad, así como la dirección del viento, serán diferentes. Por otro lado, no se puede descartar un error humano a la hora de la aplicación del tratamiento o que se viese afectado por el viento. Por último, la plantación tiene 3 años y no alcanzado su madurez, lo que puede conllevar una falta de homogeneidad.

3.10.3. Modelización de oídio

Una vez consultada y revisada la bibliografía se puede observar que en las ATRIAS para el viñedo en Aragón no se realiza ninguna modelización para el oídio.

En este proyecto se ha creído conveniente hacer un modelo de Gubler basado en la temperatura media de la vegetación en las parcelas de estudio para fijar las fechas de tratamiento más importantes.

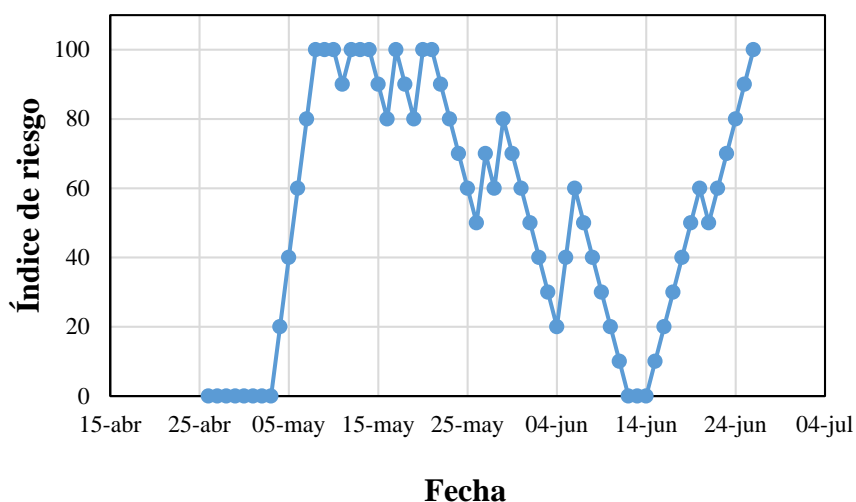


Figura 37. Modelización de oídio según Gubler.

El día 4 de mayo es el primer día que se dan temperaturas entre 20-30 °C durante más de 6 horas consecutivas. En los días siguientes se alcanza un índice de riesgo de 40, por lo que deberían comenzar las aplicaciones de tratamiento a intervalos normales, dado que el ciclo del patógeno se completa cada 15 días aproximadamente.

A partir del 8 de mayo el intervalo de aplicaciones se ajustaría a un ciclo de reproducción del hongo de 5 días. Por tanto, el primer día de ataque sería el 6 de mayo, cuando coincide el tercer día consecutivo y el índice de riesgo tiene un valor de 60, llegando hasta 100 el día 8 de mayo.

Según la Tabla 12 de Viñas del Vero, para la campaña de tratamientos 2017 los tratamientos anti-oídio se realizaron en primer lugar el 9 de mayo y sucesivamente en los días 24 de mayo y 28 de junio.

Se puede observar que la primera aplicación se ajusta perfectamente al modelo de Gubler calculado, y en el caso de la segunda el desfase es de dos días teóricamente (en la Figura 31 se puede observar que para el día 22 de mayo en campo se vio reflejada la enfermedad en hoja en la variedad Testigo 2). Para el tercer día de aplicación existiría el mismo desfase de 2 días respecto el modelo teórico, pero no se puede corroborar ya que no se vieron daños en campo.

Por otra parte, sería recomendable, según el modelo teórico, realizar un tratamiento adicional durante el mes de agosto, en el que se registran las mayores presiones de enfermedad. No obstante, esta opción no es viable desde el punto de vista práctico por los plazos de seguridad y porque el balance entre beneficios reportados por el tratamiento frente a daños no es favorable económicamente.

Se concluye que este método, se puede establecer como una guía para determinar las fechas adecuadas de tratamiento en la zona. Lo idóneo sería realizar el cálculo durante la campaña para ajustar las aplicaciones al máximo.

3.11. Podredumbre gris (*B. cinerea*)

Los daños producidos por dicho hongo serán analizados en los siguientes apartados a partir de los datos obtenidos por inspección visual de hojas y racimos en cada una de las variedades y durante el periodo de estudio. En la siguiente figura (Figura 38) se pueden observar algunas fotografías de los daños vistos en las parcelas.



Figura 38. Daños provocados por podredumbre gris (Elaboración propia).

3.11.1. Resultados de enfermedad en hoja

Para las variedades PIWI no hay ataque ni en hoja ni en racimo. Para las testigos y tratamientos sólo hay daños en racimo. Debido al reducido número de casos detectados, no se puede realizar ningún análisis estadístico.

3.11.2. Resultados de enfermedad en racimo

Como se ha indicado anteriormente, se detectaron daños en racimo para las variedades testigo y tratamiento. Para las variedades PIWI tampoco se detectó afección por *Botrytis*.

3.11.2.1. Grado de ataque de podredumbre gris en racimo

La evolución del ataque en racimo se recoge en la Figura 39. Se observa que en la parcela 2 comienza antes el ataque que en la parcela 1 (en la semana del 31 de julio y en la del 13 de agosto, respectivamente). Se debería a los aumentos de temperatura y humedad junto con el ataque de oídio (Figura 31).

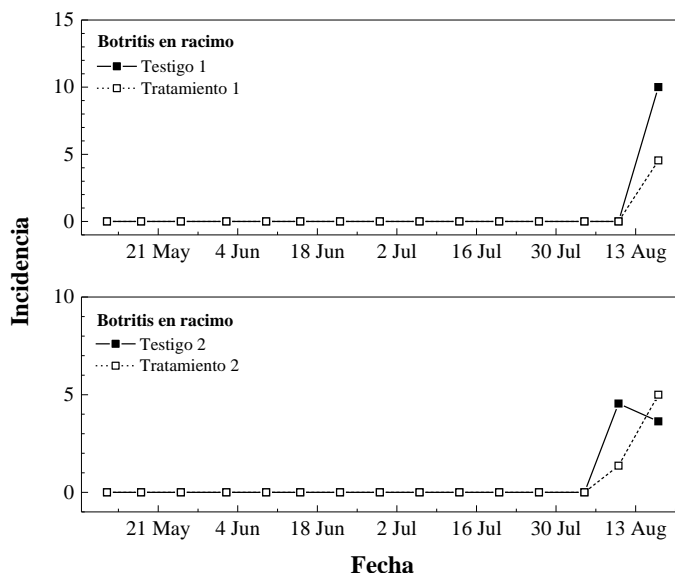


Figura 39. Evolución temporal de la Botrytis en racimo.

3.11.2.2. Intensidad de ataque de podredumbre gris en racimo

Una vez calculada la intensidad de ataque para un total de 375 órganos por variedad, se obtienen los resultados mostrados en la Figura 40. Se puede observar que ninguna de las tres variedades resistentes presenta daños y, por otro lado, en Testigo 1 y Testigo 2 el 96,8 % de los órganos observados tampoco tienen daños. La variedad más afectada en este caso es la Testigo 2, que llega a tener racimos con un 75% de daños.

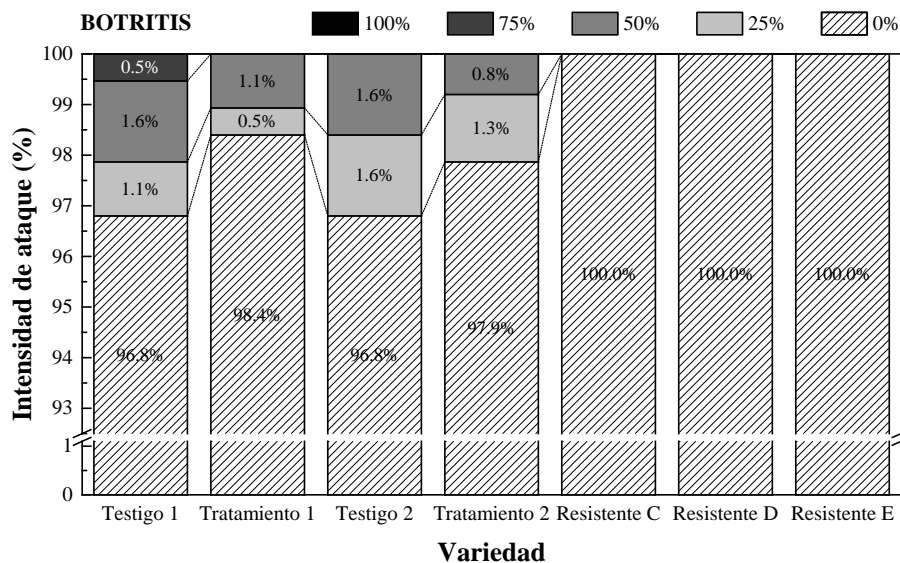


Figura 40. Intensidad de ataque de Botrytis en racimo.

3.11.2.3. Incidencia de ataque de podredumbre gris en racimo

En primer lugar, las variedades resistentes no muestran en este apartado ninguna afección. Se puede observar que la mayor incidencia de daño se dio en las muestras testigo, concretamente en las Testigo 1 y 2 se observan hasta 12 racimos atacados de 325 que se muestrearon; lo que equivale a un 3,2% en ambas. Por otro lado, en las filas Tratamiento 1 y 2 se encontró algo de afección, un 1,6% y un 2,13%, respectivamente.

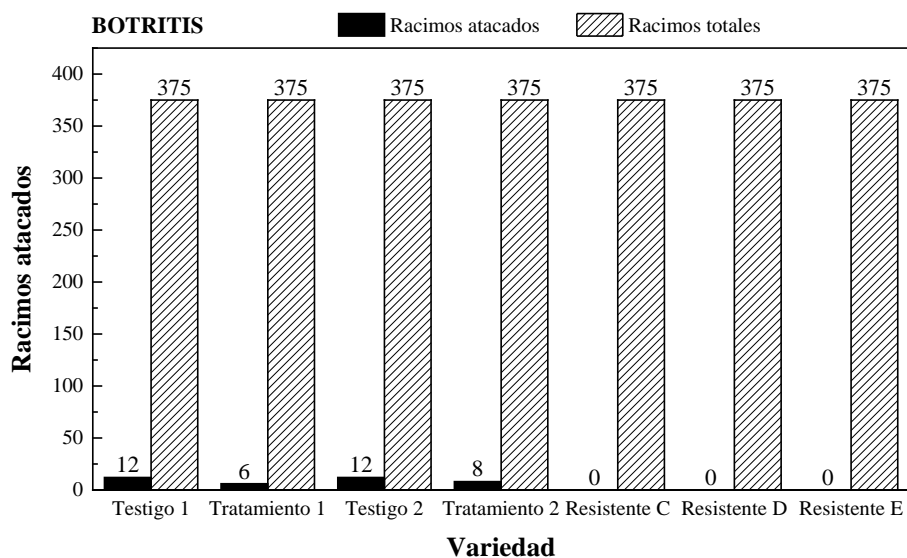


Figura 41. Incidencia de Botrytis en racimo

3.11.2.4. Eficacia de tratamiento de podredumbre gris en racimo

Durante la campaña 2016 y 2017 no se ha aplicado ningún tratamiento específico para *B. cinerea*. No obstante, se ha calculado el grado de eficacia de los otros tratamientos sobre la *Botrytis* a partir del índice del grado de ataque para cada semana y parcela (Tabla 36), apreciando que ha sido muy bajo.

Tabla 36. Eficacia de tratamiento de Botrytis en racimo.

Fecha	Eficacia 1	Eficacia 2
12/05/2017	ND	ND
18/05/2017	ND	ND
25/05/2017	ND	ND
02/06/2017	ND	ND
09/06/2017	ND	ND
15/06/2017	ND	ND
22/06/2017	ND	ND
29/06/2017	ND	ND
06/07/2017	ND	ND
13/07/2017	ND	ND
20/07/2017	ND	ND
27/07/2017	ND	ND
04/08/2017	ND	ND
10/08/2017	ND	70
17/08/2017	54,54545455	-37,5
MEDIA ± D.E.	54,55 ± 0	16,25 ± 76,01

3.11.3. Modelización de la podredumbre gris

En este caso no se ha creído oportuno estudiar el ajuste de ningún método de modelización para podredumbre gris por las siguientes razones:

- En primer lugar, porque las referencias bibliográficas sobre la modelización del hongo son escasas.
- En segundo lugar, porque no se ha realizado ningún tratamiento para solventar su ataque y entonces los métodos que se han propuesto están basados en fechas de tratamiento.
- En tercer lugar, la falta de información para el cálculo de método EPI propuesto que mide la interacción entre clima-planta-parásito.

3.12. Vinificación

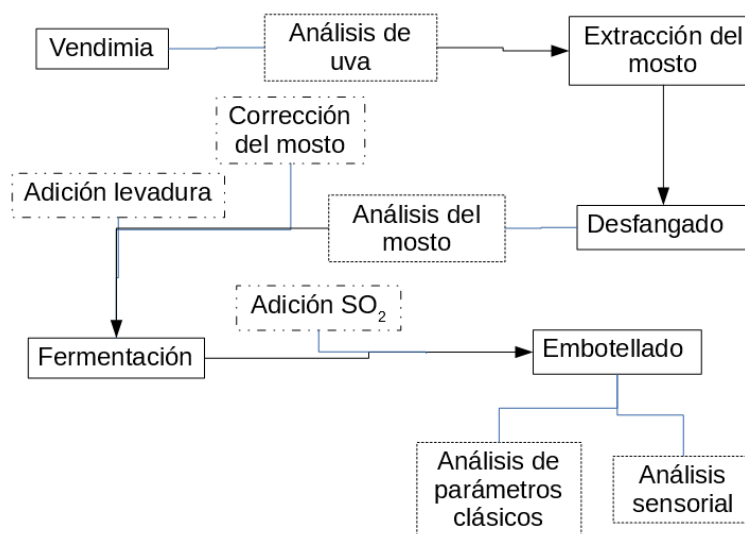


Figura 42. Diagrama del proceso de vinificación.

3.12.1. Vendimia

Durante la mañana del 22 de agosto de 2017 se procede a la vendimia de las tres variedades PIWI y de la control o testigo. Se vendimian aproximadamente 120 kg de cada variedad de forma manual en cajas de unos 15 kg (Figura 43), las cuales fueron transportadas en remolque con tractor a bodega en cuanto se terminó la recogida.

Los resultados de rendimiento de producción se resumen en la Tabla 37:

Tabla 37. Rendimiento de producción.

	cepas vendimiadas	racimos	racimos/cepa	kg total	peso racimo (g)	kg/cepa
Control	50	815	16,3	121,8	149,4	2,44
<i>sauvignon kretos</i>	33	826	25,0	115,7	140,1	3,50
<i>muscaris</i>	71	884	12,4	105,2	119,0	1,48
<i>souvinier gris</i>	59	795	13,4	120,2	151,2	2,03



Figura 43. Vendimia en campo (Elaboración propia).

3.12.2. Obtención del mosto

Se utiliza una pequeña estrujadora eléctrica de forma suave para no dañar la uva y realizar así una correcta extracción. Después de esto, los restos se introducen en una prensa hidráulica de pequeña capacidad para poder seguir con la extracción y el correcto filtrado mediante un filtro de malla. El mosto filtrado se va introduciendo en garrafas de 20 litros por cada variedad, añadiendo nieve carbónica para reducir la oxidación.

3.12.3. Análisis pre-fermentación

Además de la recogida de uva para medir el peso de 100 bayas, se analizó el grado alcohólico probable, pH, acidez total, nitrógeno fácilmente asimilable (FAN) y ácido glucónico del mosto resultante del prensado (Tabla 38).

Tabla 38. Análisis de uva a la entrada a bodega el 22/08/17

	Control	sauvignon kretos	muscaris	southern gris
Peso 100 bayas (g)	104,7	79	122,3	121,2
Grado probable (% alcohol)	10,7	12,9	16,2	14,3
pH	3,28	3,14	3,15	3,35
Acidez total (g/l sulf.)	5,14	6,61	3,79	6,08
FAN	302	223	165	190
Ácido glucónico	0,49	0,03	0,07	0,02

Se observa un alto nivel de ac. glucónico en las uvas de la variedad testigo y esto sería debido a la gran cantidad de podredumbre que presentaban en el momento de su vendimia.

3.12.4. Transporte/clarificado

Una vez están en sus correspondientes garrafas de 20 litros, se procedió al transporte a la Planta Piloto de la Universidad de Zaragoza. Una vez que van a salir, se añadieron enzimas pectolíticos para el desfangado (LYSIS ULTRA, dosis 1 mL/hl). A su llegada a Zaragoza, las garrafas se dejaron en refrigeración (4 °C) durante un día para su desfangado estático.

Tras el desfangado, se trasegaron los mostos limpios de cada variedad a tanques de acero de 60 l. En estos tanques se dejaron atemperar los mostos hasta alcanzar unos 15 °C. Mientras atemperaban, se realizaron mediciones de densidad, pH, acidez total y FAN.

Es preciso hacer constar que hubo un error en el trasiego al depósito, de forma que se mezclaron parte de los mostos de *southern gris* y *muscaris* en proporción aproximada de 2:1

Tabla 39. Análisis de mostos tras su desfangado en la planta piloto de Zaragoza el día 23/08/17

	<i>southern kretos</i>	<i>muscaris</i>	<i>southern gris</i>	<i>southern gris / muscaris</i>	control
Densidad (g/l)	1093	1124	1102	1110	1096
pH	3,06	3,81	3,26	3,41	3,44
Acidez total (g/l ác. sulfúrico)	5,58	3,03	4,01	3,67	6,56
FAN	235,2	235	263,2	252	375,2

Una vez vistas las analíticas, se decidió que no es necesario corregir el mosto. Una vez estuvieron todos atemperados, se añadió la levadura *Saccharomyces cerevisiae* *Bayanus* (Vitilevure KD) a una dosis de 30 g/hl. Tras homogeneizarse, se dispensaron los mostos a garrafas de 10 l, llenándolas en $\frac{3}{4}$ partes.

Tabla 40. Muestras de mostos de cada variedad.

Variedad	Control	<i>muscaris</i>	<i>southern kretos</i>	<i>southern gris</i>	<i>southern gris/muscaris</i>
Nº de réplicas	3	2	3	2	3
Volumen por réplica	8 l	4 l	8 l	1,5 l	8 l

3.12.5. Fermentación

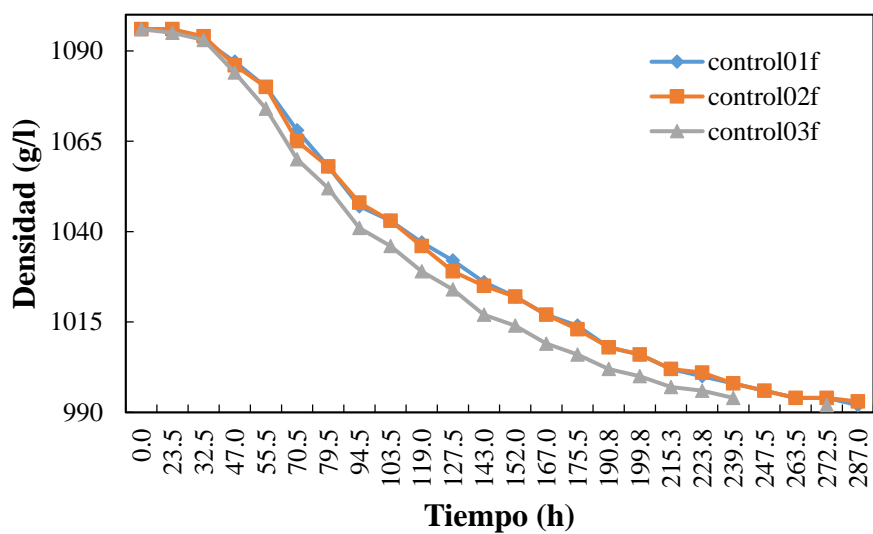
Las garrafas permanecieron durante el proceso de fermentación en una cámara con control de temperatura (Figura 44), que se ajustaba de acuerdo con cada fase de la fermentación (15-20 ° C).

Para llevar a cabo el seguimiento de las fermentaciones, se medían dos veces al día la densidad y la temperatura de los mostos de los vinos. Además, se agitaban las garrafas para favorecer la suspensión de las levaduras, también dos veces al día.

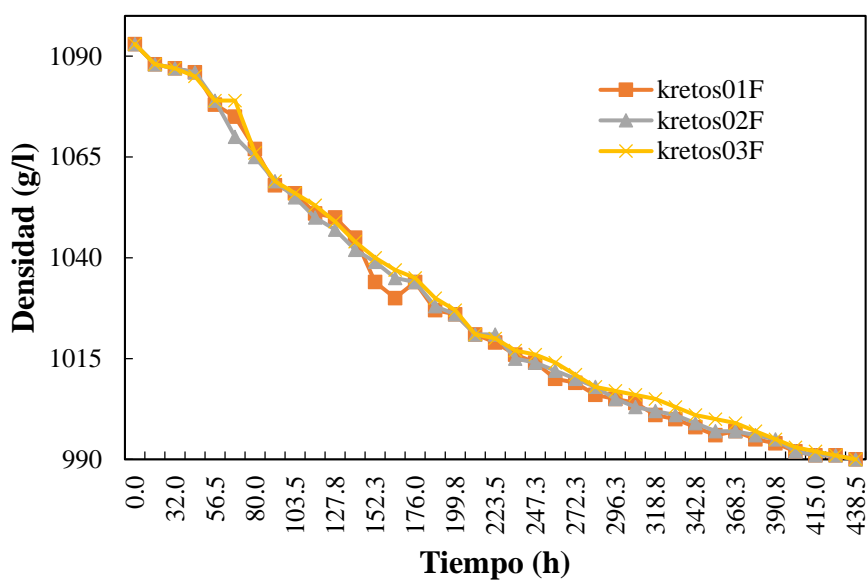


Figura 44. Garrafas de mosto en cámara de temperatura (Elaboración propia).

Conforme los mostos/vinos alcanzaban densidades inferiores a 995 g/l, las medidas habituales se complementaron con análisis de azúcares reductores.

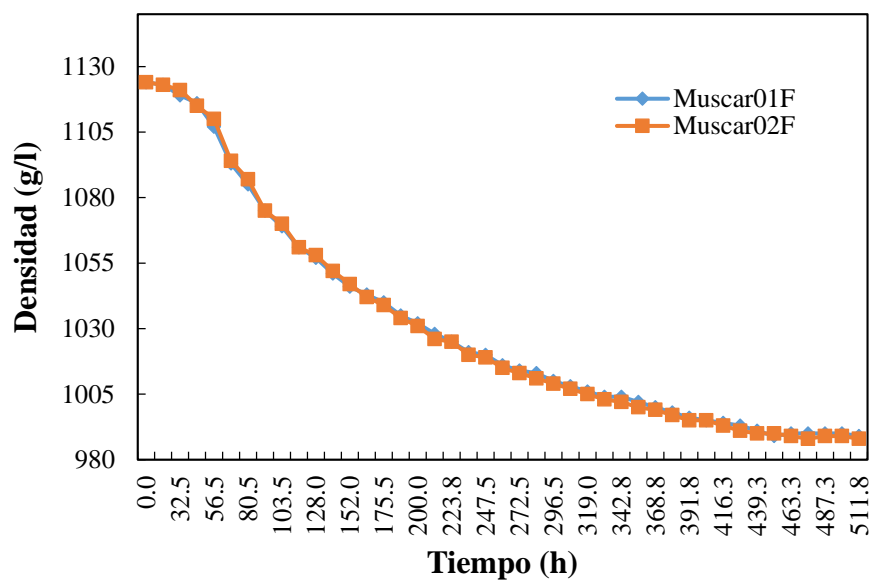


Gráfica 1. Seguimiento de fermentación de variedad control.

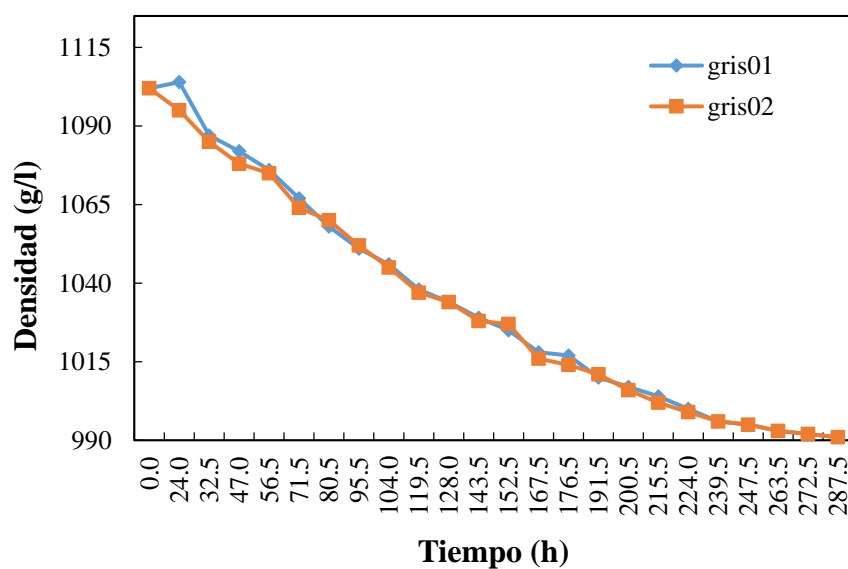


Gráfica 2. Seguimiento de fermentación de variedad sauvignon kretos.

En el caso de los vinos obtenidos de la variedad *savignon kretos*, las réplicas 1 y 2 presentaron a las 360 horas notas a fruta muy verde y ácida.

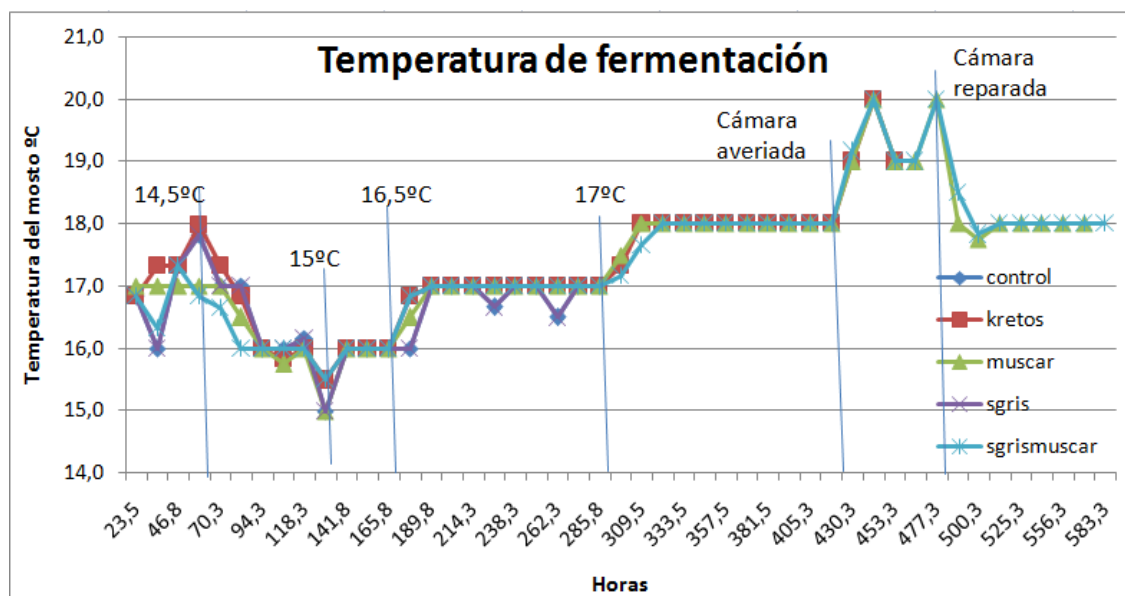


Gráfica 3. Seguimiento de fermentación de variedad muscaris.



Gráfica 4. Seguimiento de fermentación de variedad sauvignier gris.

Las dos réplicas de *sauvignier gris* a las 70 horas tenían un olor frutal y a sulfhídrico muy intenso que resultaba desagradable. En los días siguientes este olor desagradable se fue atenuando.



Gráfica 5. Temperaturas de fermentación de los mostos.

3.12.6. Fin fermentación

Se consideró que el vino estaba acabado cuando su contenido en azúcares reductores era inferior a 5 g/l. Excepcionalmente, se trasegaron los *muscaris* y *southern gris + muscaris* estando aún por encima de este valor por motivos de planificación.

Una vez los vinos alcanzaron este punto, fueron trasegados para eliminar los precipitados formados durante la fermentación. Posteriormente, se refrigeraron a 4 °C y se dejaron reposar durante 2 días para eliminar las lías.

Se observó que en el primer trasiego todos los vinos presentaban una gran cantidad de sales precipitadas, excepto los *muscaris*. Esta diferencia se puede explicar debido a que la acidez inicial del mosto *muscaris* era muy inferior, siendo por tanto el contenido en tartárico muy bajo.

3.12.7. Embotellado

El vino limpio fue trasegado, se le adicionó sulfuroso hasta 30 ppm y se embotelló. Las botellas se almacenaron en cámara frigorífica a 4 °C.

Durante el embotellado, los vinos fueron probados en boca en busca de defectos evidentes. Se encontró que los de *southern kretos* presentaban una acidez excesiva y que los *muscaris*, pese a tener un olor y sabor muy agradables, dejaban cierto amargor.

3.12.8. Análisis post-embotellado

Se tomó una muestra de cada réplica y se analizó su acidez total y volátil, pH y azúcares reductores de aquellos vinos que al darse por finalizados aún contenían más de 5 g/l de azúcar.

Durante la destilación para la cuantificación de los ácidos volátiles, algunas muestras (aquellas con *) formaban tanta espuma que ésta llegaba al destilado y pudo alterar el resultado, ya que para el valor tan alto de acidez volátil que dieron no presentaban olores 'a picado'.

3.12.9. Análisis sensorial

Los vinos obtenidos se sometieron a un análisis sensorial en el Laboratorio de análisis del aroma y enología (LAAE) de Zaragoza. Dicho análisis consistió en una prueba de agrupación libre (*free sorting*-

task) realizado por jueces entrenados y un test de aceptación. Debido a que uno de los vinos era mezcla de mostos de *southern gris* y *muscaris*, lo que podía dificultar a los jueces los agrupamientos, se decidió no incluirlo en el análisis sensorial.

En la prueba de agrupación libre, se pide a los jueces que agrupen los vinos de acuerdo a su similitud aromática para posteriormente indicar los aromas principales que han detectado en cada grupo.

En el test de aceptación, se preguntó a los jueces si cada uno de los vinos presentados era similar o superior a un vino blanco comercial de calidad media y por qué razón.

A continuación, se muestran los descriptores que asignaron los jueces a cada réplica con su porcentaje de citación. Sólo se muestran aquellos descriptores con una citación igual o superior al 20% en al menos una de las réplicas. También se muestra el porcentaje de jueces que calificaron a la réplica como un vino de calidad aromática estándar o superior (aceptación).

Tabla 41. Descriptor para la variedad control.

% de citación	frutal	fruta blanca	fruta madura	fruta tropical	floral	aceptación
control 1	29	50	7	64	29	78,6
control 2	21	50	29	43	21	78,6
control 3	0	57	21	50	21	71,4
control3'	14	50	29	43	14	64,3

Tabla 42. Descriptor para la variedad sauvignon kretos.

% de citación	fruta blanca	fruta tropical	disolvente	aceptación
sauvignon kretos 1	50	43	21	64,3
sauvignon kretos 2	50	21	21	64,3
sauvignon kretos 3	50	29	21	69,2

Tabla 43. Descriptor para la variedad muscaris.

% de citación	frutal	fruta blanca	moscatel	fruta tropical	lichi	floral	aceptación
muscaris 1	21	21	21	14	7	43	71,4
muscaris 2	14	14	29	21	21	43	85,7

Tabla 44. Descriptor para la variedad southern gris.

% de citación	floral	sudor	boj	reducción	aceptación
southern gris 1	21	21	14	21	28,6
southern gris 2	21	21	21	21	35,7

Tabla 45. Descriptor final de variedades.

% de citación	Frutal	Fruta blanca	Fruta madura	Fruta tropical	Lichi	Moscatel	Floral	Sudor	Boj	Disolvente	Reducción	Aceptación
Control	16	52	19	49			21					73
sauvignon kretos		50		30								66
muscaris	17	17		17	12	25	43					78
southern gris							21	21	17		21	32

Los resultados obtenidos fueron tratados estadísticamente. En el *cluster* jerarquizado de la Figura 45 se han formado 6 grupos, mostrándose la jerarquía entre los mismos.

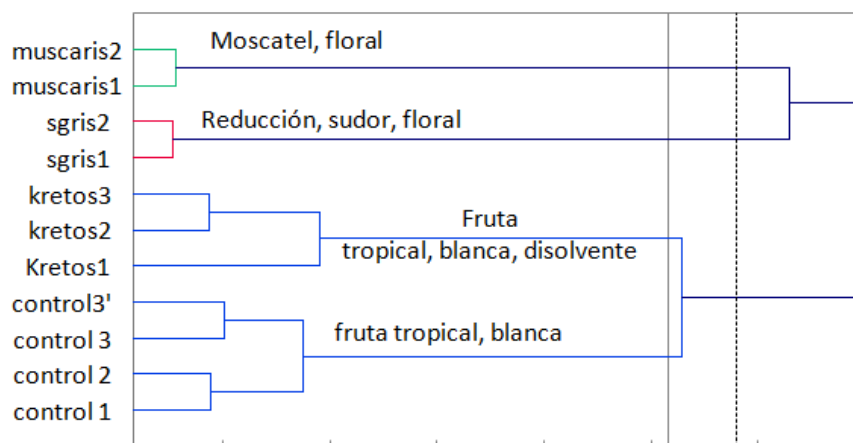


Figura 45. Cluster jerárquico de las distintas variedades estudiadas.

En la Figura 46 se presentan los vinos en un espacio bidimensional, de forma que aquellos que se encuentran a menor distancia presentan características similares. Posteriormente se han agrupado por sus notas aromáticas principales.

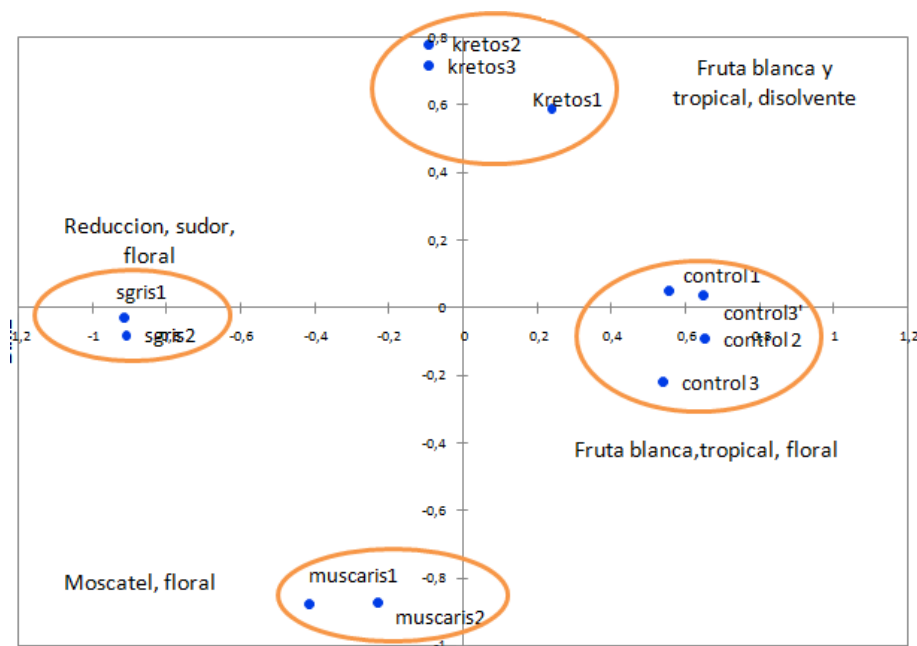


Figura 46. Gráfica bidimensional de características de los vinos.

4. CONCLUSIONES

1. En relación con la presencia de mildiu, no se ha detectado infección en ninguna de las variedades objeto de estudio (*sauvignon blanc*, *sauvignon kretos*, *muscaris* y *southern gris*), pues las condiciones climáticas no han favorecido su desarrollo, a diferencia de lo ocurrido en la campaña anterior.
2. En lo relativo al oídio, se ha observado afección principalmente en los testigos, siendo mucho más leve el ataque en las cepas tratadas. No obstante, se han apreciado diferencias en la eficacia de tratamiento entre las dos parcelas, tanto en hoja como en racimo, atribuibles a factores como la orientación de la parcela, dirección del viento, aireación, horas de luz y/o posibles errores humanos durante la aplicación del mismo. Es destacable que ninguna de las variedades PIWI sufrió ataque.
3. A raíz del daño causado previamente por el oídio, se ha observado también ataque de *Botrytis* en la variedad *sauvignon blanc*, pero no en las tres variedades resistentes.
4. Respecto a la fenología y la ampelografía, se ha encontrado una mayor homogeneidad y uniformidad entre las tres variedades PIWI que en la campaña 2015/16. Las fechas de floración y maduración han sido más semejantes entre sí que el año anterior, si bien la vendimia se ha adelantado 12 días. En la caracterización ampelográfica se han observado resultados muy similares a las fichas varietales.
5. En el análisis de las tasas de cuajado se han observado correlaciones altas entre números de flores y frutos cuajados en todas las variedades, pero también diferencias entre cepas de la misma variedad, posiblemente debido a la temprana edad de la plantación.
6. En cuanto a los resultados de vendimia, ha sido la primera campaña en la que se ha podido recolectar racimos de las tres variedades PIWI. Los rendimientos por cepa fueron de 3,50, 1,48 y 2,03 kg/cepa para las variedades *sauvignon kretos*, *muscaris* y *southern gris*, respectivamente, frente a 2,44 kg/cepa para la variedad *sauvignon blanc* (testigo). La *sauvignon kretos* ha mostrado una productividad muy interesante.
7. Con los resultados obtenidos del índice de Ravaz, se ha observado un desequilibrio entre producción de uva y madera. La única variedad resistente que se encuentra dentro del rango recomendable es la *muscaris*.
8. En lo relativo a la vinificación, el vino resultante de la variedad *muscaris* ha presentado una alta aceptación, al contrario que el de la variedad *southern gris*, que ha tenido una aceptación muy baja. En cuanto al análisis químico, se ha observado que el vino de la variedad *sauvignon kretos* ha presentado una acidez total muy alta, a diferencia del de la *muscaris*, con unos valores acordes a los de un vino de calidad estándar.
9. Por su rendimiento de cepa superior al control, puede ser interesante continuar estudiando la variedad *sauvignon kretos*, realizando pruebas de vinificación con distintos estados de maduración para intentar obtener un vino con menor acidez y sin las notas desagradables, que podría llegar a tener una aceptación similar al control. La variedad *muscaris*, pese a su menor rendimiento, puede ser la más interesante para la producción a escala piloto, por su buen perfil organoléptico. La variedad *southern gris* debería ser descartada.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Abbott, W. S. (1925). Abbott's formula. *Journal of Economic Entomology*, 18, 267-268.
- Alves, F., & Carlos, C. (2013). *Technical Note 5 - "Grapevine Powdery Mildew"*. Portugal: ADVID - Associação para o Desenvolvimento da Viticultura Duriense.
- Andalucía, J. d. (2014). Protocolo de campo para el seguimiento del cultivo. Vid. In R. d. A. e. I. Fitosanitaria (Ed.), (pp. 73).
- Angelotti, F., Scapin, C. R., Tessmann, D. J., Vida, J. B., Oliveira, R. R., & Canteri, M. G. (2008). Diagrammatic scale for assessment of grapevine rust. *Tropical Plant Pathology*, 33(6), 439-443.
- Ausín, M., & Rodrigues, M. (2015). Desarrollo e implementación de un sistema para detección temprana de enfermedades en vid en entorno R. In J. de la Riva, P. Ibarra, R. Montorio, & M. Rodrigues (Eds.), *Análisis espacial y representación geográfica: innovación y aplicación* (pp. 491-500). Zaragoza: Universidad de Zaragoza.
- Ausin Martin, M. (2014). *Sistema automático de detección temprana de afecciones en viñedo: mildiu y oidio* (Máster Universitario en Tecnologías de la información geográfica para la ordenación del territorio: sistemas de información geográfica y teledetección), Universidad de Zaragoza, Zaragoza.
- Badía, D., Cuchí, J., Martí, C., & Casanova, J. (2006). *Los suelos de los viñedos en la D.O. Somontano* (Vol. 8). Zaragoza, Spain: Pressas Universitarias de Zaragoza.
- Baillod, M., & Baggiolini, M. (1993). Les stades repères de la vigne. *Revue suisse de Viticulture, Arboriculture, Horticulture*, 25(1), 7-9.
- Barker, J. (2017). Law and innovation in new resistant grapevine varieties. *Wine Economics and Policy*, 6(2), 165-169. doi:10.1016/J.WEP.2017.11.001
- Barrios, G., Coscollá, R., Lucas Espadas, A., Perez de Obanos, J. J., Pérez, J. L., & Toledo, J. (2004). *Los parásitos de la vid. Estrategias de protección razonada* (5ª ed.). Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Barrios, G., & Reyes, J. (2004). Modelización del mildiu de la vid. *Phytoma*, 164, 124-129.
- Bonnet, P., & Lacombe, T. (2016). Le catalogue des vignes cultivées en France. Retrieved from <http://plantgrape.plantnet-project.org/es/nouvelles>
- Bouquet, A., Torregrosa, L., Iocco, P., & R Thomas, M. (2006). Grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Methods Mol Biol.*, 344, 273-285. doi:10.1385/1-59745-131-2:273
- Boutrot, F., & Zipfel, C. (2017). Function, discovery, and exploitation of plant pattern recognition receptors for broad-spectrum disease resistance. *Annual Review of Phytopathology*, 55(1), 257-286. doi:10.1146/annurev-phyto-080614-120106
- Caffi, T., Rossi, V., Cossu, A., & Fronteddu, F. (2007). Empirical vs. mechanistic models for primary infections of *Plasmopara viticola*. *EPPO Bulletin*, 37, 261-271.
- Carrero, J. M. a., & Planes, S. (2008). *Plagas del campo* (13 ed.): Mundi-Prensa.
- Conover, W. J. (1999). *Practical Nonparametric Statistics* (3 ed.). Hoboken, NJ: Wiley.
- D.Molitor, Biewers, B., Junglen, M., Schultz, M., & Clementi, P. (2018). Multi-annual comparisons demonstrate differences in the bunch rot susceptibility of nine *Vitis vinifera* L. 'Riesling' clones. *Vitis: Journal of grapevine research*, 57(1), 17-25. doi: <https://doi.org/10.5073/vitis.2018.57.17-25>
- Díez Navajas, A. M. (2015). Implementation of Demonstrative & Innovative Strategies to reduce the use of phytosanitary products in viticulture. Retrieved from <http://www.fitovid.eu/>
- Eibach, R., & Töpfer, R. (2004). Results and Perspectives of Resistance Breeding in Grapes. Retrieved from http://www.acenologia.com/ciencia67_01.htm
- Eichhorn, K. W., & Lorenz, D. (1978). *Phaenologische Entwicklungsstadien der Rebe: Anwendungstermine d. Pflanzenschutzmittel; Sonderdr. aus "Der deutsche Weinbau"*: BASF.
- Elbaile, A. (2016). *Comportamiento de variedades de vid resistentes a enfermedades fúngicas en la comarca del Somontano*. (Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural), Universidad de

- Zaragoza, Huesca, España. Retrieved from <https://zaguan.unizar.es/record/60563?ln=es> (TAZ-TFG-2016-5012)
- Engelhart, J. (2017). <https://www.piwi-international.de>.
- Fernández, J., Curt, M. D., Aguado, P. L., Esteban, B., Sánchez, J., Checa, M., . . . Romero, L. (2012). *Provincia de Huesca* (Vol. 24). Madrid, 2012: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Gobierno de España.
- García, B., Fuentes, A., Martínez, J. A., Egea, C., Martínez-Cutillas, A., & Ruiz-García, L. (2014). *Selección de nuevas variedades de vid resistentes a enfermedades fúngicas, generadas mediante cruzamientos con Monastrell*. Paper presented at the III Workshop en Investigación Agroalimentaria, Cartagena.
- Gindro, K., Alonso-Villaverde, V., Viret, O., Spring, J.-L., Marti, G., Wolfender, J.-L., & Pezet, R. (2012). Stilbenes: Biomarkers of Grapevine Resistance to Disease of High Relevance for Agronomy, Oenology and Human Health. In J. M. Mérillon & K. G. Ramawat (Eds.), *Plant Defence: Biological Control* (pp. 25-54). Dordrecht, Países Bajos: Springer.
- Gubler, W. D., Rademacher, M. R., & Vasquez, S. J. (1999). Control of Powdery Mildew Using the UC Davis Powdery Mildew Risk Index. *APSnet Feature Articles*. doi:10.1094/APSnetFeature-1999-0199
- Guilpart, N., Metay, A., & Gary, C. (2014). Grapevine bud fertility and number of berries per bunch are determined by water and nitrogen stress around flowering in the previous year. *European Journal of Agronomy*, 54, 9-20. doi:10.1016/j.eja.2013.11.002
- Herzog, K., Töpfer, R., & Weisshaar, B. (2018). *PIWIs in a novel viticulture system for sustainable wine production*. Paper presented at the NOVISYS, Potsdam.
- Hidalgo, J. (2006). *La calidad del vino desde el viñedo*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Holzwarth, L. (2018). *Interspecific grapevine cultivars in Switzerland – A status quo analysis for a future support project*. (MSc), Bern University of Applied Sciences BFH, Zollikofen, Switzerland.
- Kepner, C., & Swett, C. L. (2018). Previously unrecognized diversity within fungal fruit rot pathosystems on *Vitis vinifera* and hybrid white wine grapes in Mid-Atlantic vineyards. *Australasian Plant Pathology*, 47(2), 181-188. doi:10.1007/s13313-017-0538-4
- Le Crenn, P. (2018). Des cépages résistants aux maladies fongiques classés pour 2018. Retrieved from <http://www.inra.fr/Entreprises-Monde-agricole/Resultats-innovation-transfert/Toutes-les-actualites/cepages-resistants>
- Lissarrague, J. R., Baeza, P., Peiro, E., Ayuso, J. M., Cibriain, F., Blanco, J. A., & Villalba, P. (2016). Híbridos resistentes a mildiu-oidio: la apuesta por la sostenibilidad y el respeto medioambiental de VCR. *Olint*, 29, 6-14.
- Lorenz, D. H., Eichhorn, K. W., Bleiholder, H., Klose, R., Meier, U., & Weber, E. (1995). 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. doi:10.1111/j.1755-0238.1995.tb00085.x
- Lucas Espadas, A. (2008). *Plagas y enfermedades de la vid en la Región de Murcia* Murcia: Dirección General de Modernización de Explotaciones y Capacitación Agraria.
- Maharjan, A., Bhatta, B., Prasad Acharya, R., C., S. G., & Shrestha, S. (2015). Efficacy assessment of treatment methods against powdery mildew disease of pea (*Pisum sativum* L.) caused by *Erysiphe pisi* var. *psidi*. *World Journal of Agricultural Research*, 3(6), 185-191. doi:10.12691/wjar-3-6-1.
- Martínez Zapater, J. M. (2017). Mejora genética de la vid: avances recientes y experiencias. *Acenología*, 160.
- Matthews, M. A., & Nuzzo, V. (2007). Berry size and yield paradigms on grapes and wines quality. *Acta Horti*, 754, 423-436.
- Ministerio de Agricultura, A. y. M. A. (2014). *Guía de gestión integrada de plagas. Uva de transformación*. Madrid.

- Montaigne, E., Coelho, A., & Khelifi, L. (2016). Economic issues and perspectives on innovation in new resistant grapevine varieties in France. *Wine Economics and Policy*, 5(2), 73-77. doi:10.1016/J.WEP.2016.11.002
- Morgante, M., & Testolin, R. (2016). Nuovi vitigni resistenti alle malattie. In V. C. Rauscedo (Ed.), *Quaderni Tecnici VCR* (Vol. 15, pp. 40). Italia.
- Ochßner, I., Hausmann, L., & Töpfer, R. (2016). Rpv14, a new genetic source for Plasmopara viticola resistance conferred by Vitis cinerea. *Vitis: Journal of grapevine research*, 55(2), 79-81.
- OEVV. (2016). Variedades de especies de frutales que han solicitado Protección de Obtención Vegetal. Retrieved from <http://asovav.com/2016/09/07/variedades-especies-frutales-solicitado-proteccion-obtencion-vegetal/>
- OIV. (2001). Lista de descriptores OIV para variedades de vid y especies vitis. In O. I. d. I. v. e. d. vin (Ed.), (2ª ed., pp. 179). Paris.
- Pecile, M., Zavaglia, C., & Ciardi, A. (2016). *Sauvignon Kretos*. Italia: Ministerio delle Politiche Agricole Alimentari i Forestali Retrieved from <http://catalogoviti.politicheagricole.it/catalogo.php>.
- Perera González, S., Rodríguez de Acuña Pego, F., & Trujillo García, E. (2013). *Evaluación de eficacia de productos desecantes en el control de las podredumbres del racimo en viña*. Tenerife: Cabildo Insular de Tenerife.
- Pertot, I., Caffi, T., Rossi, V., Mugnai, L., Hoffmann, C., Grando, M. S., . . . Anfora, G. (2016). A critical review of plant protection tools for reducing pesticide use on grapevine and new perspectives for the implementation of IPM in viticulture. *Crop Protection*, 97, 70-84. doi:10.1016/j.cropro.2016.11.025
- Poni, S., Casalini, L., Bernizzoni, F., Civardi, S., & Intrieri, C. (2006). Effects of early defoliation on shoot photosynthesis, yield components, and grape composition. *Am J Enol Vitic*, 57, 397-407.
- Pritchard, D. (2016a). Muscaris (originally known as Fr. 493-87). Retrieved from http://www.winegrowers.info/varieties/Vine_varieties/Muscaris.htm
- Pritchard, D. (2016b). Sauvignier gris (originally known as Fr. 392-83). Retrieved from http://www.winegrowers.info/varieties/Vine_varieties/Sauvignier%20gris.htm
- Sawant, I. S. (2018). Tapping the marvelous power of microorganisms for sustainable disease management. *Indian Phytopathology*, 71(1), 3-8. doi:10.1007/s42360-018-0022-2
- Su, H., Jiao, Y.-T., Wang, F.-F., Liu, Y.-E., Niu, W.-L., Liu, G.-T., & Xu, Y. (2018). Overexpression of VpPR10.1 by an efficient transformation method enhances downy mildew resistance in V. vinifera. *Plant Cell Reports*, 37(5), 819-832. doi:10.1007/s00299-018-2271-z
- Teh, S. L., Fresnedo-Ramírez, J., Clark, M. D., Gadoury, D. M., Sun, Q., Cadle-Davidson, L., & Luby, J. J. (2017). Genetic dissection of powdery mildew resistance in interspecific half-sib grapevine families using SNP-based maps. *Molecular Breeding*, 37(1), 1-16. doi:10.1007/s11032-016-0586-4
- Townsend, G. R., & Heuberger, J. W. (1943). Methods for estimating losses caused by diseases in fungicide experiments. *The Plant Disease Reporter*, 24, 340-343.
- Vasconcelos, M. C., & Castagnoli, S. (2000). Leaf Canopy Structure and Vine Performance. *American Journal of Enology and Viticulture*, 51(4), 390-396.
- Vickery, E. (2012). Hobby boards moisture meter datalogger. Instruction manual and technical specifications. In Hobbyboards (Ed.), (pp. 14). EEUU.
- Xlstat. (2018). Análisis de componentes principales en Excel. Retrieved from https://help.xlstat.com/customer/es/portal/articles/2062222-como-realizar-un-analisis-de-componentes-principales-acp-con-xlstat?b_id=9283
- Zhang, S., Ding, F., Peng, H., Huang, Y., & Lu, J. (2018). Molecular cloning of a CC-NBS-LRR gene from Vitis quinquangularis and its expression pattern in response to downy mildew pathogen infection. *Molecular Genetics and Genomics*, 293(1), 61-68. doi:10.1007/s00438-017-1360-y
- Zipfel, C. (2008). Pattern-recognition receptors in plant innate immunity. *Current Opinion in Immunology*, 20(1), 10-16.