



Universitat Politècnica de València

Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Agronómica y del Medio Natural

**Influencia de la calidad del agua de riego en la
composición polifenólica de los vinos
Monastrell**

TRABAJO FIN DE GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

Curso académico: 2019-2020

ALUMNA: Patricia López Huertas

TUTORA: Inmaculada Álvarez Díaz

Valencia, 25 de noviembre de 2019

Resumen

En el sureste de España, los viñedos en secano frecuentemente padecen un estrés hídrico muy severo, que puede limitar el crecimiento vegetativo necesario para sustentar una mínima producción que resulte en una actividad económicamente sostenible. Por ello es necesario diseñar estrategias que permitan paliar los efectos negativos del estrés hídrico y al mismo tiempo incrementar la eficiencia del uso del agua de riego en el viñedo. En este trabajo se estudian los efectos del riego con el fin de optimizar el balance fuente-demanda de agua del viñedo en la variedad de uvas Monastrell. Se plantea reducir el déficit hídrico al que se ven sometidos los viñedos en secano mediante el riego con aguas no convencionales procedentes de la depuración de los vertidos municipales, determinando el efecto que tiene la utilización de distintas aguas de riego y su momento de aplicación en la composición polifenólica de las uvas y vinos de Monastrell. Los resultados muestran que las uvas en secano obtienen pesos menores, con mayor concentración de azúcares, antocianos, polifenoles y taninos, que las uvas sometidas a tratamientos de riego. En cuanto al efecto del riego, cuando éste tiene lugar a partir del envero permite alcanzar una concentración fenólica más elevada que la obtenida con los tratamientos de riego realizados post floración. Otro aspecto a destacar es la inexistencia de influencia del efecto osmótico en los compuestos polifenólicos. Por tanto, viendo los resultados obtenidos podríamos pensar que la sustitución de agua de buena calidad por agua salinizada no tendría una gran repercusión en la calidad de la uva. Por último, dado el alto nivel de salinidad y contenido de cloruros y sulfatos de estas aguas, será importante determinar los efectos a largo plazo de la acumulación de sales en el suelo sobre la composición y productividad de los viñedos.

Palabras clave: riego, Monastrell, déficit hídrico, salinidad.

Summary

In southeastern Spain, rain-fed vineyards often suffer of too severe water stress which might preclude an adequate vegetative growth able to support a proper reproductive development ensuring a profitable activity. Therefore, it is necessary to design strategies that can alleviate the negative effects of water stress and at the same time increase the efficiency of water use in the vineyard. In this work the effects of irrigation are studied in order to optimize the source-demand balance of vineyard water in the Monastrell grape variety. It is proposed to reduce the water deficit to which rainfed vineyards are subjected through irrigation with unconventional waters from the purification of municipal discharges, determining the effect that the use of different irrigation waters has and their application time in the Polyphenolic composition of the grapes and wines of Monastrell. The results show that rainfed grapes obtain lower weights and reach a better level of ripening with a greater amount of sugars, anthocyanins, polyphenols and tannins, than grapes subjected to irrigation treatments. As for the effect of irrigation, when it takes place from the veraison, it can reach a higher phenolic concentration than that obtained with the irrigation treatments carried out after flowering. Another aspect to highlight is the lack of influence of the osmotic effect on polyphenolic compounds. Therefore, seeing the results obtained, we could think that the replacement of good quality water with saline water would not have a great impact on the quality of the grapes. Finally, given the high level of salinity and content of chlorides and sulphates of these waters, it will be important to determine the long-term effects of the accumulation of salts in the soil on the composition and productivity of the vineyards.

Key words: irrigation, Monastrell, water stress, salinity.

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a mi tutora María Inmaculada Álvarez Díaz por su dedicación, apoyo y orientación, sin ella no habría sido capaz de conseguirlo.

En segundo lugar, agradecer a mi familia por aguantar largas quejas, estar siempre a mi lado y confiar en mí.

Y por último a mis amigas, las que me han apoyado incondicionalmente en todo momento y me han ayudado tanto como han podido. Pero especialmente a mi nadadora, sin ella no habría sido capaz de lograrlo. Gracias, amiga.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 La vid	1
1.2 Compuestos fenólicos responsables del color	2
1.3 Estrés hídrico.....	2
1.4 Influencia de la cantidad de agua suministrada y su composición en sales minerales sobre los granos de uva, la producción, la composición y la síntesis de compuestos fenólicos.	3
2. OBJETIVO.....	5
3. PLAN DE TRABAJO	6
3.1 Diseño de la vinificación.....	8
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
4.1 Madurez tecnológica.....	10
4.2 Madurez polifenólica.....	11
4.2.1 Intensidad colorante	11
4.2.2 Índice de polifenoles totales (I.P.T)	12
4.2.3 Antocianos totales (Ant).....	12
4.2.4 Polifenoles totales (P _{TOT})	12
4.2.6 Extractabilidad de los antocianos (EA)	13
4.3 Análisis de los mostos	13
4.4 Análisis de los vinos.....	13
4.4.1 Concentración de catequinas.....	14
4.4.2 Concentración de ortodihidroxifenoles	14
4.4.3 Índice de Etanol.....	14
4.4.4 Índice DMACH	15
4.4.5 Índice de PVPP	15
5. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.....	15
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	16
6.1. Efectos de diferentes tratamientos de riego sobre la madurez tecnológica de la uva Monastrell	16
6.1.1 Efectos de la cantidad de agua de riego administrada en la madurez tecnológica de las uvas	16
6.1.2 Efectos de la salinidad del agua de riego administrada en la madurez tecnológica de las uvas	17
6.2. Efectos de diferentes tratamientos de riego sobre la madurez polifenólica de la uva Monastrell.....	18

6.2.1 Efectos de la cantidad de agua de riego administrada en la madurez fenólica de las uvas.	18
6.2.2 Efecto de la salinidad del agua de riego sobre la madurez fenólica de las uvas.....	21
6.2.2.1 Evolución de la intensidad colorante	21
6.3. Efectos de diferentes tratamientos de riego sobre los mostos de Monastrell.....	24
6.3.1 Evolución de los grados Brix.....	24
6.3.2 Concentración del ácido málico, ácido tartárico y ácido glucónico en mosto	24
6.3.3 Concentración de amonio, nitrógeno y nitrógeno fácilmente asimilable en mostos	25
6.4 Efectos de los diferentes tratamientos de riego sobre los compuestos polifenólicos de los vinos de Monastrell.....	25
7. CONCLUSIONES	28
8. BIBLIOGRAFÍA	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cepa de la variedad de Monastrell.....	1
Figura2. Foto aérea de la parcela de Fuente Álamo.	6
Figura3. Vistas de la parcela y plantación estudiadas.....	6
Figura 4. Distribución de los tratamientos experimentales en Fuente Álamo	7
Figura 5. Diagrama de flujo de la vinificación.	9

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de los tratamientos aplicados.....	8
Tabla 2. Promedio y desviación típica del peso de la uva, °Brix, pH y acidez total (g/L) de las uvas según la cantidad de agua suministrada.....	16
Tabla 3. Promedio y desviación típica del peso de la uva, °Brix, pH y acidez total (g/L) de las uvas según la calidad del agua suministrada.	17
Tabla 4. Promedio y desviación típica de la IC según la cantidad de agua suministrada.	18
Tabla 5. Promedio y desviación típica de los polifenoles (mg/L) según la cantidad de agua suministrada.....	19
Tabla 6. Promedio y desviación típica de los antocianos (mg/L) según la cantidad de agua suministrada.....	19
Tabla7. Promedio y desviación típica de los taninos (mg/L) según la cantidad de agua suministrada.....	20
Tabla 8. Promedio y desviación típica de la IC según la calidad de agua suministrada.	21
Tabla 9. Promedio y desviación típica de los antocianos (mg/L) según la calidad de agua suministrada.....	21
Tabla 10. Promedio y desviación típica de los polifenoles (mg/L) según la calidad de agua suministrada.....	22
Tabla 11. Promedio y desviación típica de los taninos (mg/L) según la calidad de agua suministrada.....	23
Tabla 12. Promedio y desviación típica del pH, de la acidez total (g/L exp. en ác. tartárico) y los °Brix en mostos según la cantidad y calidad del agua de riego	24
Tabla 13. Promedio y desviación típica del ácido málico (g/L), ácido tartárico (g/L) y ácido glucónico (g/L), mostos según la cantidad y calidad del agua de riego	24
Tabla 14. Promedio y desviación típica de la concentración de amonio (mg/L), nitrógeno α -amino (mg/L) y NFA (mg/L) según la cantidad y calidad del agua de riego.....	25
Tabla 15. Promedio y desviación típica de la IC y antocianos (mg/L) en vinos tintos según la cantidad y calidad del agua suministrada.	25
Tabla 16. Promedio y desviación típica de los taninos condensados y polifenoles en vinos tintos según la cantidad y calidad del agua suministrada.....	26
Tabla 17. Promedio y desviación típica del IPT, concentración de catequinas (mg/L) e Índice de DMACH en los vinos tintos según la cantidad y calidad del agua suministrada.	26
Tabla 18. Promedio y desviación típica del Índice de PVPP, Índice de Etanol y concentración de ortodifenoles (mg/L) en los vinos tintos según la cantidad y calidad del agua suministrada. ...	27

1. INTRODUCCIÓN

1.1 La vid

Las uvas son los frutos de la vid botánicamente conocidos como bayas que se agrupan formando un racimo en un órgano herbáceo o leñoso conocido como raspón o escobajo. Las bayas se unen al raspón por medio del pedicelo, por el cual se suministra la baya de agua y nutrientes (Pascual et al., 2016).

La variedad Monastrell es una cepa de origen español, que se encuentra extendida por todo el litoral mediterráneo. La cepa es de porte erguido, con sarmientos gruesos y cortos, con entrenudos de longitud media y poco ramificados. Los racimos son cónicos y apretados, con granos de tamaño medio, redondos, muy jugosos y azucarados. Tiene la capacidad de producir mostos potentes que dan lugar a vinos tintos bastante alcohólicos, característicos por un intenso color rojo oscuro, debido a que la gruesa piel de sus bayas es rica en antocianos, que pasan al vino durante la vinificación.



Figura 1. Cepa de la variedad de Monastrell

Su pulpa carnosa, blanda e incolora y destaca por ser baja en taninos, compuestos polifenólicos que se encuentran fundamentalmente en la piel de la uva y en las pepitas, siendo estos compuestos los responsables de la sensación de estructura, astringencia y aspereza, que percibimos al tomar vino, especialmente en las encías y en la lengua.

La variedad Monastrell es muy tolerable a la sequía, y es capaz de sobrevivir bajo condiciones fuertes de déficit hídrico. El exceso de lluvia o riego provocan un gran desarrollo vegetativo en la vid, lo que conlleva a un mayor rendimiento por el gran tamaño de las bayas, pero con una calidad baja por ralentizar la maduración, reducción del contenido de sólidos solubles totales, elevación del pH del mosto y reducción de las antocianinas y polifenoles en general. Sin embargo, el estrés hídrico severo puede ser perjudicial para conseguir una producción aceptable, tanto en cantidad como en calidad de uva. En las situaciones de estrés hídrico severo, la planta tiende a disminuir fuertemente la actividad fotosintética, produciendo una reducción del peso de la baya, de los sólidos solubles totales y de otros parámetros, retrasando así la maduración de las uvas (Barreales et al., 2018).

1.2 Compuestos fenólicos responsables del color

Los compuestos fenólicos son responsables de algunas de las principales propiedades organolépticas del vino, que determinan la calidad de los vinos tintos, tales como el color, el cuerpo, la astringencia y el sabor amargo (Kennedy, 2008). Se dividen en dos grandes grupos según su estructura química: los no flavonoides (ácidos benzoicos, ácidos cinámicos y estilbenos) y los flavonoides (antocianos, taninos y antocianidinas).

Los antocianos son un tipo de compuesto fenólico que están localizados en el hollejo, especialmente dentro de las vacuolas de las 3 o 4 primeras capas celulares de la hipodermis, y son los compuestos responsables del color de los vinos tintos. La estructura de los antocianos comprende dos anillos bencénicos unidos por un heterociclo oxigenado, insaturado y catiónico denominado ion flavilio. Bajo la forma heterosídica se denominan antocianinas, bastante más estables que la forma aglicona o antocianidinas. Para una buena acumulación de antocianos en la piel se necesita un clima adecuado, mucha luz y una adecuada variación térmica día-noche

Los taninos proceden de la polimerización de catequinas y epicatequinas (flavan-3-oles), se encuentran en el raspón, los hollejos y las pepitas y son responsables de la estructura de los vinos, del sabor amargo, de la astringencia y de la capacidad del vino para envejecer.

En el hollejo, los taninos se van aculando y polimerizando durante la maduración, localizándose principalmente en las vacuolas. En las pepitas, en cambio, los taninos se localizan en las cubiertas internas y externas, y están mucho menos polimerizados, por lo que presentan un elevado amargor y astringencia (Blouin, Guimberteau & Vidal Ragoût, 2004).

En general, el contenido de taninos de las uvas y su grado de polimerización son muy variables en función de las variedades de uva y dentro de la misma variedad según las condiciones climáticas y culturales.

Por otro lado, los ácidos fenólicos y estilbenos pertenecen al grupo de los no flavonoides y están constituidos por polifenoles de bajo peso molecular. Existen dos tipos de ácidos fenólicos: los ácidos benzoicos, como el ácido gálico, y los ácidos cinámicos, como el ácido cafeico, el ácido p-cumárico y el ácido ferúlico. Se pueden combinar a otras moléculas y formar polifenoles más complejos.

1.3 Estrés hídrico

El déficit hídrico se produce cuando la tasa de pérdida de agua por transpiración es mayor que la de absorción de agua por las raíces. Éste afecta el crecimiento vegetativo y reproductivo de los cultivos (Bradford y Hsiao, 1982), lo que se traduce en una disminución de la producción (Gutiérrez, 2002). Se produce en las plantas como respuesta a un ambiente escaso en agua, en zonas de muy baja pluviometría, donde la tasa de transpiración excede a la toma de agua. Esto no sólo ocurre cuando hay poca agua en el ambiente, sino también por bajas temperaturas y por una elevada salinidad del suelo. Estas condiciones, capaces de inducir una disminución del agua disponible en el citoplasma de las células, también se conocen como estrés osmótico.

El déficit hídrico durante el desarrollo temprano limita el crecimiento, a pesar de que se produce un aumento en el volumen de la baya después del envero, sin que el número de bayas por racimo se vea afectado (Cassasa et al., 2015). Sin embargo, el agua de riego debe gestionarse para evitar el estrés hídrico excesivo en momentos críticos durante el desarrollo de la baya. McCarthy (1998) estableció que, desde la brotación hasta la floración, el estrés hídrico debe reducirse al mínimo.

El control de la cantidad de agua aplicada en la vid ha sido utilizado como un buen método para disminuir el rendimiento y mejorar la calidad en los vinos tintos. Regulando el riego se logra un balance entre el crecimiento vegetativo y reproductivo, ya que un exceso de vigor de las vides tiene efectos negativos sobre la composición química de las bayas (Dry et al., 2001).

1.4 Influencia de la cantidad de agua suministrada y su composición en sales minerales sobre los granos de uva, la producción, la composición y la síntesis de compuestos fenólicos.

Los viñedos en el sudeste de España se caracterizan por un bajo potencial de producción (2.500-4.000 kg/ha), debido a que se cultivan tradicionalmente en condiciones de secano, debido a la escasez de recursos hídricos (Romero et al., 2013). La disponibilidad de agua constituye uno de los principales factores limitantes de la vegetación y de la producción en la región mediterránea. La pluviometría es baja y muy irregular y la demanda evapotranspirativa es elevada a causa de las altas temperaturas en el periodo estival lo que provoca un aumento de la sequía y la salinidad.

En zonas muy áridas, la reutilización del agua puede considerarse como una solución rentable para la agricultura, ya que reduce la necesidad de desarrollar nuevos recursos hídricos y proporciona una solución adaptable al cambio climático junto con un aumento del valor social y medioambiental del agua (Costa et al., 2016). Pero la utilización de estas aguas podría tener efectos perjudiciales a corto y medio plazo, por lo que será necesario prestar atención a los efectos producidos por el estrés salino, efectos que deberían ser cuantificados.

La creciente salinización de los suelos es una grave amenaza para el cultivo de la vid, sobre todo para los viñedos deficitarios, que pueden afectar tanto al rendimiento como a la composición de las cepas. Sin embargo, los efectos de la salinidad en la composición de las bayas parecen depender de la variedad y de la concentración de sal en el agua de riego, así como de su momento de aplicación durante la temporada de crecimiento (Keller, 2010).

La disponibilidad de agua por la planta debe limitarse a lo indispensable, utilizándose la técnica de “regulación del déficit hídrico (RDI: Reguled Déficit Irrigation)”, donde se pretende conseguir la máxima actividad fotosintética, con la aplicación de la menor cantidad de agua. Generalmente el RDI se refiere a cualquier estrategia de riego que mantenga a las plantas en algún grado de déficit de agua durante una parte o partes prescritas de su ciclo, con el objetivo de controlar el crecimiento y desarrollo reproductivo, el crecimiento vegetativo y / o mejorar la eficiencia del uso del agua. El RDI ofrece la posibilidad de reducir el vigor de la vid, estabilizar el rendimiento, mejorar la calidad de la baya y aumentar la eficiencia del uso del agua en diferentes variedades de uva (Romero et al., 2013).

El déficit hídrico en las uvas para vino se aplica comúnmente durante dos periodos, con la finalidad de aumentar la calidad de las bayas. Uno al comienzo de su ciclo, desde la formación de la baya hasta el envero, con el objetivo de controlar el tamaño de la baya y reducir el vigor de la vid (McCarthy et al., 2002). El otro periodo para aplicar el déficit hídrico sería después del envero, durante la maduración de la uva, para aumentar la biosíntesis de antocianinas y otros compuestos fenólicos (Keller, 2005).

La vid puede vegetar en prácticamente cualquier tipo de terreno, salvo en los salinos. Se desarrolla mejor cuando la conductividad eléctrica (CE) es menor a 0,8 dS*m⁻¹ siendo poco tolerante a partir de una CE < 2 a 3 dS*m⁻¹, ya que debe vencer el elevado potencial osmótico que producen las sales del suelo, debiendo incrementar notablemente su actividad

respiratoria para conseguir la energía necesaria. La salinidad de estas aguas y las concentraciones de iones salinos específicos, como cloruros y sulfatos, son de suma importancia en relación con la estructura del suelo, el rendimiento de la vid y la composición de las bayas y el vino (Laurenson et al., 2012; Netzer et al., 2014). Generalmente la fitotoxicidad de la salinidad está atribuida al cloruro sódico (NaCl) (Fisarakis et al, 2001).

El riego es utilizado para paliar el déficit hídrico, sin embargo, dicha irrigación a largo plazo puede producir la salinidad del suelo (Cramer et al., 2011). Una concentración de sal en el agua de riego inhibe el crecimiento de la planta de dos formas, la primera al limitar la absorción de agua, provocando un efecto osmótico o déficit hídrico que se origina al aumentar la concentración de solutos en el suelo; y la segunda, al condicionar la absorción iónica produciendo un daño en las células provocando un estrés iónico (Munns, 2002)

El déficit de agua influye en el desarrollo de las bayas y en su composición. En general, los déficits moderados de agua tienen un impacto positivo en la calidad del vino en las variedades tintas (Bravdo B, 1985; Ojeda y Saurin, 2014). Sin embargo, los efectos de este riego deficitario dependerán de las características climáticas durante el envero, el tipo de suelo, la variedad de uva y el momento en que se aplicará (Dry, 1998; Santos, 2005).

Se ha observado que un déficit hídrico moderado promueve la acumulación de azúcar en las bayas, sobre todo cuando se practica antes del envero (Keller, 2006). Además, estudios recientes señalan que la formación de polifenoles es muy sensible a los cambios de agua en la planta. De hecho, la síntesis de polifenoles está influida por factores bióticos y abióticos y por prácticas de riego (Koundouras et al., 2009; Kennedy y Cohen, 2010). Por lo tanto, es posible actuar con un control de riego deficitario para garantizar que esta práctica aumente la acumulación de compuestos polifenólicos de la baya (Kennedy et al., 2002). En general, un estrés hídrico moderado reduce el peso de las bayas, por lo que los compuestos polifenólicos aumentan mejorando la calidad de las mismas. Además, el riego controlado regula el crecimiento vegetativo de la planta, a fin de tener un mejor microclima entre los racimos y su mejor exposición a la luz, y la radiación solar es fundamental para la síntesis de antocianinas (Esteban et al. 2001); y una reducción en el tamaño de las bayas, gracias al riego controlado, conlleva una mayor relación superficie-volumen que la que se observa en las bayas grandes, mientras que un exceso de riego conduce a un mayor crecimiento de las bayas y una consiguiente disminución de la concentración de azúcares, antocianinas y polifenoles en general (Casassa et al., 2015).

Optimizar el rendimiento de la vid y la calidad del vino es una tarea compleja, pero la gestión del agua es un componente importante. Una elevada calidad del vino parece requerir un suministro de agua adecuado al inicio del ciclo de maduración, pero no excesivo, para establecer una poda que sostenga la cosecha, seguido de un estrés suficiente que limite el crecimiento adicional pero que permita mantener las hojas sanas para conseguir la completa maduración del fruto (Lakso & Pool, 2005). El manejo de la poda interacciona fuertemente, por tanto, la gestión del agua y el manejo de la poda deben estar bien integrados.

Por todo lo explicado con anterioridad y ante las amenazas y limitaciones que en los próximos años pueden acontecer, es de suma importancia conocer los efectos tanto del tipo de riego como de la salinidad del suelo y los cambios que éstos podrían provocar en la vid, en la baya y en la composición final del vino, para así poder tener un mayor conocimiento de las situaciones que pueden llegar a producirse en un futuro.

2. OBJETIVO

El suministro de agua de la vid es cada vez más necesario debido al creciente impacto del calentamiento global en todos los cultivos. Esto provoca el cambio de la fecha de la vendimia, que se hacen cada vez más tarde, así como una deficiente madurez fenólica por exceso de temperatura, y un desequilibrio entre la madurez azucarada y la polifenólica, lo que hace necesario utilizar prácticas para luchar contra el calor y la sequía.

Este trabajo evalúa la composición fenólica de las uvas y vinos procedentes de viñedos tratados con diferentes niveles de riego, en un intento de comprender el impacto de la cantidad y calidad del agua utilizada.

El estudio tiene como objetivo general comprobar el efecto de reducir el déficit hídrico del suelo al que se ven sometidos los viñedos en secano, mediante el riego con aguas no convencionales procedentes de la depuración de los vertidos municipales.

Además, su objetivo específico es determinar el efecto de distintos niveles de salinidad de las aguas de riego y de su momento de aplicación, en la composición polifenólica de las uvas y vinos de Monastrell.

Con todo ello se quiere contemplar si es posible sustituir el agua de riego de buena calidad por agua salinizada, aunque si esto fuese posible, será necesario tener en cuenta los efectos a largo plazo que pueden producirse por la acumulación de sales en el suelo.

3. PLAN DE TRABAJO

La uva Monastrell que se ha utilizado para este estudio ha procedido de un viñedo situado en el término de Fuente Álamo (Albacete) cuya coordenadas son 38° 43 '43 de 0.3 " Norte y 1 28 '12.6 " Oeste. La altitud es de 820 m con una pendiente del 5%, la parcela plantada en esta área cubre un área total de 1,147 ha. En la siguiente foto podemos observar la parcela que se ha utilizado para el estudio (figura 2).

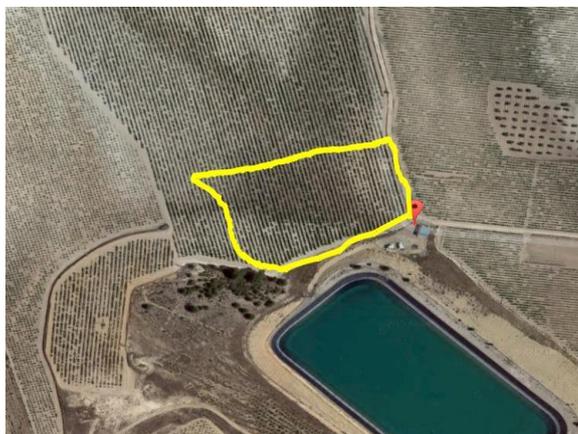


Figura2. Foto aérea de la parcela de Fuente Álamo.

Este viñedo de Monastrell está injertado sobre portainjerto SO₄. Fue plantado en 2007, siguiendo un modo de doble cordón. Las viñas están espaciadas a 1,5 metros de distancia, con 3 metros entre cada hilera, lo que da una densidad de plantación de aproximadamente 2.222 cepas por hectárea. Las filas están orientadas a lo largo de un eje Norte-Sur. Las vistas de la parcela se pueden ver en la Figura 3.



Figura3. Vistas de la parcela y plantación estudiadas.

Este viñedo fue utilizado para probar las tasas de riego de diferentes calidades en los años 2016, 2017 y 2018. Para ello, se implementaron varias estrategias de riego, 6 en total (T1, T2, T3, T4, T5 y T6). El sistema de riego implementado se distribuye por cuentagotas a 1 por metro.

La parcela se divide en 4 zonas de prueba, cada una subdividida en 6 subzonas de 192 cepas cada una, una por tratamiento. En la figura 4 podemos ver el mapa de la parcela, en la que

cada tratamiento se organiza en 4 filas, para que haya 2 filas tratadas y 2 filas de control por tratamiento, en cada una de las 4 zonas.

Las 6 estrategias de riego aplicadas (T1, T2, T3, T4, T5, y T6) se realizaron con distintas cantidades de agua de diferente calidad. Cada una de las 4 zonas delimitadas se subdividieron en 6 subzonas o sectores de riego, uno para cada tratamiento, que integraban 192 cepas cada uno, tal como observamos en la figura 4. En total, la parcela estudiada comprendió 1152 viñas en un área total de 5184 m².

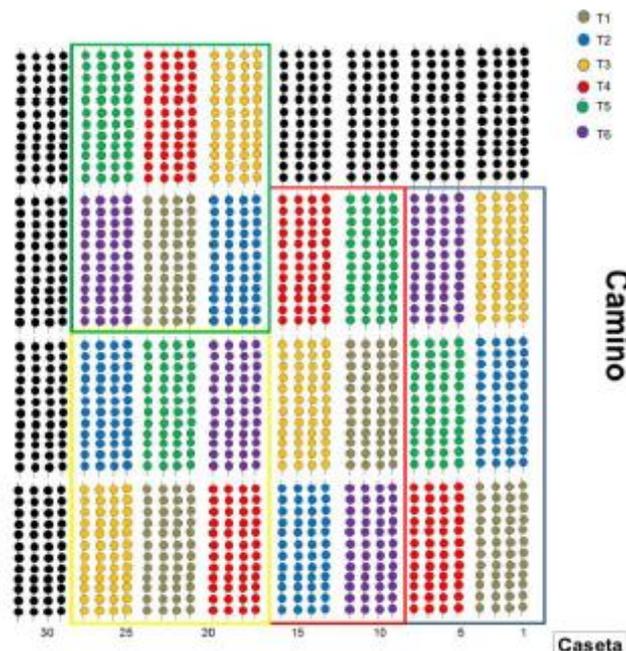


Figura 4. Distribución de los tratamientos experimentales en Fuente Álamo

Con la aplicación de los diferentes tratamientos se busca simular las condiciones que posiblemente en un futuro próximo, tengan que soportar los cultivos de la vid, debido a las limitaciones provocadas por el cambio climático. Estas limitaciones son principalmente la disminución de la disponibilidad de agua y el incremento de la salinidad de los suelos que, en el caso que no se encuentren prácticas agronómicas que puedan subsanarlas, podrían tener un impacto negativo sobre el desarrollo y la calidad de los cultivos.

Para evaluar la disponibilidad de agua se plantearon 3 situaciones: un régimen de secano en el que no se aplica ningún tipo de riego, un régimen de riego moderado en el que se suministra mayor cantidad de agua debido a que el periodo de aplicación de agua se distribuye a partir de la floración, y por último, un régimen de riego deficitario en el que se suministra menor cantidad de agua debido a que el periodo de aplicación de agua se distribuye a partir del invierno. Para el estudio de la creciente salinidad de los suelos se adicionaron al agua de riego sulfatos y cloruro básico obteniendo 3 tipos de agua: agua de riego de buena calidad que no provocaba efecto osmótico, agua de riego con una conductividad eléctrica de 4,0 dS/m de sulfato básico y por último agua de riego con una conductividad eléctrica de 4,0 dS/m de cloruro básico. Combinando las diferentes condiciones se plantearon 6 tratamientos diferentes.

En la tabla 1 podemos observar los tratamientos aplicados, así como la producción por cepa obtenida con cada uno de los tratamientos.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos aplicados.

TRATAMIENTO	mm ³	CANTIDAD DE AGUA SUMINISTRADA	EFFECTO OSMÓTICO, SALINIDAD DEL AGUA	PRODUCCIÓN (Kg/cepa)
T1	0	Secano, sin riego		2,181 ± 0,54
T2	111,4	Riego moderado distribuido a partir de la floración	Agua de "buena calidad". Sin efecto osmótico	5,112 ± 0,39
T3	114,3	Riego moderado distribuido a partir de la floración	Agua con una conductividad eléctrica (CE) de 4,0 dS/m de sulfato básico	5,021 ± 0,61
T4	115	Riego moderado distribuido a partir de la floración	Agua con una conductividad eléctrica (CE) de 4,0 dS/m de cloruro básico	4,956 ± 0,34
T5	82,1	Riego deficitario distribuido a partir del periodo de envero	Agua con una conductividad eléctrica (CE) de 4,0 dS/m de sulfato básico	4,631 ± 0,28
T6	81,2	Riego deficitario distribuido a partir del periodo de envero	Agua con una conductividad eléctrica (CE) de 4,0 dS/m de cloruro básico	4,424 ± 0,33

El seguimiento de los efectos del riego se realizó controlando la evolución de la madurez de la uva en las últimas tres semanas previas a la vendimia.

Una vez llegada la uva a su madurez, se vendimió y se llevó a la planta piloto del Instituto de Ingeniería de Alimentos para el desarrollo, donde se procedió a su vinificación, elaborándose 2 vinos de cada una de los 24 subparcelas estudiadas.

3.1 Diseño de la vinificación

El diagrama del proceso de elaboración de los vinos se recoge en la figura 5. El proceso comenzó con el pesado de las uvas en lotes de 2 Kg, seguido de un despalillado y estrujado, encubándose los tratamientos por triplicado en botes de cristal, con posterior sulfitado a razón de 50 mg/Kg de anhídrido sulfuroso.

A continuación, se sembraron 30 g/hK de levadura *Saccharomyces cerevisiae* (Red Fruit, de Enartis), y durante la fermentación alcohólica del vino se realizaban bazuqueos diarios en todas las microvinificaciones, con la finalidad de extraer polifenoles, favorecer la distribución uniforme de levaduras, evitar la acetificación del sombrero, facilitar el desprendimiento de carbónico y provocar una controlada aireación del mosto.

La temperatura a la que se realizó la fermentación alcohólica fue baja, 24-25°C, concluyendo ésta a los 10 días. Una vez concluida, se sembraron bacterias lácticas *Oenococcus oeni* a razón de 1 g/hL, necesitando los vinos entre 15 y 20 días para concluir la fermentación maloláctica. El seguimiento de esta fermentación se realizó mediante cromatografía de papel, y una vez concluida se trasegaron los vinos y sulfitaron a razón de 30 mg/L de sulfuroso libre, y se embotellaron, dejando los vinos en reposo entre 3 semanas y 1 mes, para concluir con la determinación de los parámetros polifenólicos de los vinos.

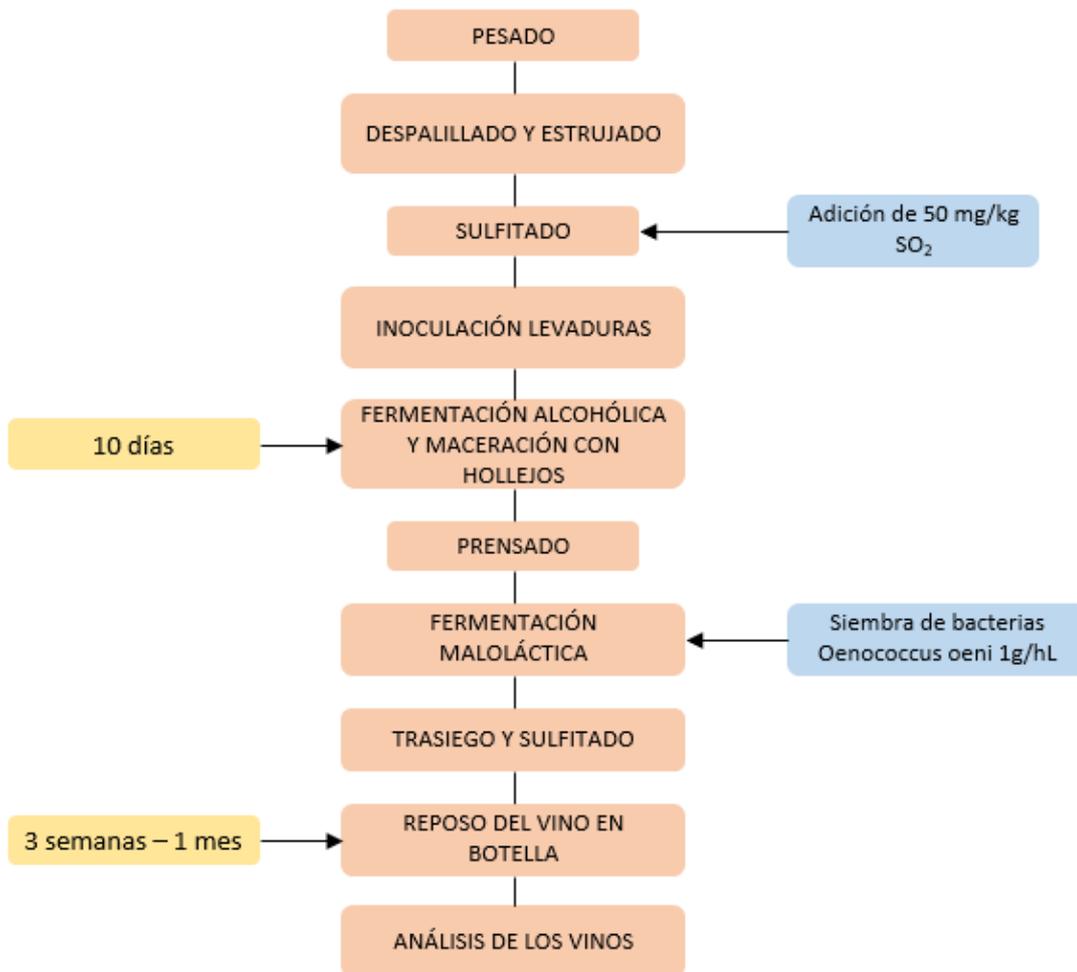


Figura 5. Diagrama de flujo de la vinificación.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

La materia prima utilizada fue la uva Monastrell procedente de Fuente Álamo. Se realizaron 3 muestreos en el campo durante la maduración de las uvas, en tres fechas diferentes: el 26/09/2018, el 2/10/2018 y el 10/10/2018. Las uvas recibidas fueron seleccionadas con la finalidad de conservar los granos enteros y sanos. Cada parcela (con 6 tratamientos cada una) nos proporcionó 8 muestras distintas, dando un total de 48 muestras. Con ellas se determinó la madurez tecnológica, que hace referencia al balance entre azúcares y ácidos del mosto, cuya ratio aumenta conforme avanza la maduración (Fagoso García, 2011), y la madurez fenólica, que hace referencia a la madurez de los hollejos y de las pepitas, que no siempre coincide con la madurez de la pulpa (madurez tecnológica).

En el último muestreo del 10 de octubre, se vendimiaron 10 kg de uva de cada tratamiento, recogiendo los racimos de forma aleatoria en las parcelas, para contemplar la heterogeneidad existente, tal como se hizo con las uvas de los muestreos de madurez, procediéndose a realizar microvinificaciones al llegar la uva a la bodega.

En cada muestreo se recogieron en campo 250 granos de uva de cada uno de los tratamientos, pesándose estos 250 granos en el laboratorio, para determinar en cada punto de madurez, el peso medio de la uva. Cincuenta de estas uvas se destinaron para la extracción manual del mosto y con él se hizo la determinación de la madurez tecnológica, las 200 uvas restantes se destinaron para la determinación de la madurez fenólica (Figura 6).



Figura 6: Separación de las uvas en 4 fracciones de 50 gramos.

4.1 Madurez tecnológica

La determinación de la madurez tecnológica en los distintos puntos de madurez se llevó a cabo haciendo una extracción de mosto mediante un prensado manual y a continuación determinándose los siguientes parámetros:

1. Se utilizó un pH-metro CRISON para obtener el valor de pH del mosto.
2. La determinación de los sólidos solubles totales se realizó mediante un refractómetro
3. La acidez total (g/L de ácido tartárico) se determina valorando los ácidos del mosto con una reacción de ácido-base con hidróxido sódico 0.1N hasta llegar a un pH de 7, medido con el pH-metro.

4.2 Madurez polifenólica

El método utilizado para la determinación de la madurez polifenólica es el descrito por Glories et al. (Glories, 1999; Saint-Criq et al., 1998 y 1999).

Se obtienen dos extractos, uno a pH 1, donde conseguimos la máxima extracción de los compuestos fenólicos del hollejo por la fuerte digestión ácida. Y otro extracto a pH 3,2, este pH es similar al del mosto y con ello se accede a los compuestos fenólicos fácilmente extraíbles. De la primera solución (pH 1) obtendremos el Potencial total de Antocianos (Ant pH 1), de Polifenoles (Pol pH 1) y de taninos (Tan pH 1) y la Intensidad Colorante Total (IC pH 1). De la segunda solución (pH 2) obtendremos la concentración extraíble de estos mismo parámetros.

De las 4 fracciones de 50 gramos, dos de ellas se utilizan para la determinación de la totalidad de componentes polifenólicos de las uvas, que se procesan añadiendo a cada muestra 50 gramos una solución de ácido clorhídrico 0,1 M, mientras que a las dos fracciones restantes se le añaden 50 gramos de una solución compuesta por 5 gramos de ácido tartárico, 2,5 mL de solución NaOH al 32% y agua hasta 1 litro, obteniendo un pH de 3,2.

Una vez tenemos preparadas las soluciones se añaden a la Thermomix junto con los 50 gramos de muestra y se trituran y homogenizan durante 2 minutos a una velocidad constante y suave para no permitir la rotura de las pepitas. Tras la trituración se recogen, en sus vasos correspondientes, los homogenizados sin dejar rastro de hollejos y pepitas en el recipiente. Se deja macerar durante 4 horas agitando cada 15 minutos. Una vez pasadas las 4 horas se filtra en un embudo con lana de vidrio y los filtrados se centrifugan durante 15 minutos a una velocidad de 4000 revoluciones por minuto. Con los extractos obtenidos se realizarán las determinaciones polifenólicas y los métodos analíticos utilizados para determinar los parámetros polifenólicos son los siguientes.

4.2.1 Intensidad colorante

El color del vino es uno de los atributos fundamentales para su caracterización, apreciación y calidad. El color depende de la concentración de antocianos libres, de las combinaciones tanino-antociano, de los taninos y varía también en función del pH, de la tasa de SO₂ libre, de la temperatura y de las aireaciones. Las características cromáticas de los vinos tintos y rosados podrían ser definidas por la Intensidad Colorante.

La Intensidad Colorante (IC), se expresa como la suma de las absorbancias del vino, en una cubeta de 1 cm de espesor, correspondientes a las longitudes de onda de 420 nm, 520 nm y 620 nm. Se expresa con tres decimales leídas frente al agua destilada como blanco y referidas a 1 cm de espesor, aunque la medición suele hacerse con cubetas de menos espesor (0,1 o 0,2) ya que la absorbancia de los vinos tintos es elevada y sobrepasa los límites del espectrofotómetro, multiplicándose el resultado por el factor de conversión, para referirlo a la cubeta estándar de 1 cm de recorrido óptico (Glories, 1978).

Para determinar la IC el vino debe estar recientemente centrifugado 15 minutos a 4000 rpm, se coloca el espectrofotómetro en multi-longitud de onda y se leen las absorbancias de la muestra en las longitudes de onda de 420 nm, 520 nm y 620 nm. Si se lee en cubeta de 0.1 cm los resultados obtenidos han de multiplicarse por 10.

$$IC = (A_{420} + A_{520} + A_{620}) \cdot 10$$

Se refleja el resultado de las 3 absorbancias y la IC. Las muestras se leen por duplicado.

4.2.2 Índice de polifenoles totales (I.P.T)

El índice de Polifenoles Totales es un valor que representa la totalidad de los compuestos polifenólicos de los vinos y está determinado por la medición de la absorbancia a la longitud de onda que escinde el grupo fenol, a 280 nm, bajo 1 cm de trayecto óptico en una cubeta de cuarzo frente al agua, de una muestra de vino tras realizar una dilución 1:100 (Ribereau-Gayon y Stonestreet, 1966).

$$\text{I.P.T de la solución} = A_{280} \cdot \text{Factor de dilución (100)}$$

4.2.3 Antocianos totales (Ant)

Para la determinación de antocianos totales se toman 0.2 mL del extracto y se colocan en una cubeta de 1 cm de camino óptico. Se le añaden 3.8 mL de una solución de HCl 1M y se deja reposar unas 3 horas antes de la medida. Las medidas deben efectuarse antes de las 24 horas. A continuación, se mide la absorbancia a 280, 320, 520 y 700 nm (para verificar que las soluciones están totalmente transparentes) (Ojeda *et al.*, 2002).

Para determinar la concentración de antocianos expresada en malvidina-3-glucósido, se realiza una curva de calibrado utilizando como patrón este compuesto utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Antocianos (mg/L)} = A_{520} \cdot 20 \cdot 20 \text{ (dilución)}$$

4.2.4 Polifenoles totales (P_{TOT})

Para determinar la concentración total de polifenoles se debe construir una recta de calibrado con ácido gálico del tipo $A=a+bC$, que relacione la absorbancia A de la solución con la concentración real C de la sustancia patrón utilizada. Se recomienda utilizar como patrones una serie de soluciones entre 0-25 mg/L de ácido gálico.

Para calcular la concentración de polifenoles totales expresados en ácido gálico se utiliza la siguiente fórmula, donde A es la absorbancia, M el peso de la muestra en gramos, FD el factor de dilución en la medida colorimétrica (en las condiciones descritas FD=20), EF los mL de extracto obtenidos, a_p el valor de la ordenada en el origen y b_p el valor de la pendiente.

$$P_{TOT}(\text{mg/g}) = \left(\frac{A_{280} - a_p}{b_p} \right) \cdot \frac{FD \cdot EF}{M \cdot 1000}$$

4.2.5 Taninos condensados totales (TC_{TOT})

Llamamos taninos a diversos compuestos fenólicos que tienen como característica común que precipitan con las proteínas en solución, y que ralentizan o inhiben las acciones enzimáticas por combinación directa con su fracción proteica.

En la uva y por tanto en los vinos que no han pasado por madera hay taninos condensados (proantocianidinas o procianidinas formados por monómeros y polímeros de catequinas) y ácido gálico (tanino hidrolizado), y si los vinos han estado en madera aparece también tanino elágico (tanino hidrolizado).

Las proantocianidinas tienen la propiedad de ser transformables parcialmente en antocianidinas rojas por calentamiento en medio ácido. Este calentamiento conduce a la ruptura de ciertas uniones y a la formación de carbocationes que se transforman parcialmente en cianidina y catequinas si el medio es suficientemente oxidante (reacción de Bete- Smith). Este método consiste en utilizar esta propiedad para la detección de taninos en el medio (Ribereau-Gayón *et al.*, 1996).

Esta reacción tiene lugar tanto con las formas monómeras (catequinas) como con las formas polimerizadas (proantocianidinas), en este último caso la reacción provoca la ruptura por hidrólisis de ciertas uniones que luego se transforman en antocianidinas, y son éstas las que se determinan por medición colorimétrica. En los vinos tintos, se puede admitir que la coloración propia de las antocianinas varía poco durante el calentamiento.

Para ello, el vino ha de estar recientemente centrifugado 15 minutos a 4000 rpm y diluido 1/50. Colocar en dos tubos de ensayo (Tubo 1 y Tubo 2) 1 mL de vino diluido, 0,5 mL de agua destilada y 3 mL de HCl 12 N. El tubo 1 se tapa herméticamente y se protege de la luz con papel de aluminio. A continuación, se mete dentro de un baño María a 100°C durante 30 minutos. Y el tubo 2 se deja a temperatura ambiente.

Al cabo de 30 minutos de ebullición se saca el Tubo 1 del baño y se enfría rápidamente. Posteriormente, a los dos tubos se les añade 1 mL de etanol absoluto (o de 96°) y después de agitarlo se leen las absorbancias a 550 nm en cubetas de 1 cm de trayecto óptico utilizando como blanco agua destilada. La concentración de taninos viene dada por la siguiente expresión, donde A1 es el contenido en el Tubo 1, A2 el contenido en el Tubo 2 y el coeficiente de 19,33 corresponde al coeficiente de extinción molar de la cianidina obtenida por la hidrólisis ácida de los taninos condensados, corregido para dar el resultado en g/L.

$$\text{Taninos Condensados Totales (g/L)} = (A_1 - A_2) \cdot 19,33$$

4.2.6 Extractabilidad de los antocianos (EA)

Cuando hablamos de los antocianos totales nos referimos a los responsables del color rojo intenso (o violáceo) de los vinos. Son la combinación de los azúcares con las antocianidinas y se encuentran fundamentalmente en el hollejo. El índice de extractabilidad de antocianos (EA) nos da información sobre la capacidad de la uva para liberar los antocianos, y representa el porcentaje de antocianos que no pueden ser extraíbles (P.T.A. es el Potencial total de antocianos (pH 1) y P.A.E. el Potencial de antocianos extraíbles (pH 3.2) (Glories, 1999). Cuanto menor es este índice mayor es la facilidad con la que estos antocianos se pueden liberar. La extracción de antocianos debería disminuir al incrementarse el nivel de madurez de la uva.

$$\text{EA (\%)} = [\text{P.T.A.} - \text{P.A.E.} / \text{P.T.A.}] \times 100$$

4.3 Análisis de los mostos

Se determinaron el grado Brix, pH y acidez total de los 48 mostos extraídos, siguiendo la metodología descrita en el apartado 4.1

La determinación de la concentración del ácido málico, tartárico, glucónico, amonio, nitrógeno α -amino y nitrógeno fácilmente asimilable (NFA), se realizó por espectrofotometría IR (FOSS).

4.4 Análisis de los vinos

Se analizaron los 48 vinos elaborados. Además de los parámetros polifenólicos Intensidad Colorante, IPT, concentración de antocianos, concentración de polifenoles y de taninos condensados, que se valoraron en los vinos por la metodología descrita en los mostos (apartado 4.2), se analizaron los siguientes parámetros específicos de los vinos.

4.4.1 Concentración de catequinas

Las catequinas son compuestos fenólicos presentes en el vino y que, junto a otros polímeros forman el grupo de los taninos. Su polimerización da lugar a proantocianidinas, también llamados taninos condensados. Su determinación se fundamenta en el estudio de la capacidad de condensación de las catequinas con compuestos carbonílicos en medio ácido. Este medio ácido lo produce la reacción con HCL al 35 %. El reactivo que se utiliza es la vainillina 1% en metanol por su elevada estabilidad a la acidez (Pompei y Peri, 1971).

Se realizan dos tubos de ensayo diferentes, uno con vainillina (A) y otro sin ella (B) y se leen absorbancias a 500 nm.

$$A_{\text{Catequinas}} = A_{\text{TUBO A}} - A_{\text{TUBO B}}$$

La relación catequinas/taninos se obtiene dividiendo ambas absorbancias. A mayor polimerización, menores valores.

4.4.2 Concentración de ortodihidroxifenoles

El fundamento del método se basa en que los o-dihidroxifenols del vino reaccionan con el reactivo de Arnow (mezcla de nitrito de sodio y molibdato sódico) con nitrosación y complejación con el molibdato. La finalidad de la medida es evaluar la concentración de o-dihidroxifenoles que se oxidan fácilmente y dan lugar a reacciones de polimerización y, como consecuencia, al oscurecimiento de los vinos (Flanzy y Aubert, 1969).

La reacción se basa en la mezcla de 0.5 mL de agua, 0.2 mL de vino (en el caso de vinos tintos se diluye la muestra previamente 10 veces), 0.5 mL de solución HCl 0.5N, 0.5 ml de reactivo Arnow, 0.5mL de NaOH 1.0N y se adiciona agua hasta un volumen total de 5mL y se realiza la lectura de absorbancia (A1) a 500 nm con una cubeta de 1 cm de paso óptico. Dado que el propio vino también absorbe a 500 nm, se repite la reacción anterior, sustituyendo el volumen de reactivo de Arnow por agua (A2).

Los datos de absorbancia se refieren a una curva patrón que se prepara a partir de unas soluciones de trabajo de 25, 50, 100, 250 y 500 mg / L de catequina, a partir de una solución madre de catequina de 0.5 g / L, sustituyendo el vino por el patrón catequina.

$$\text{ODHF (mg catequina/L)} = 805,69 \cdot (AA - AB) - 1.720$$

4.4.3 Índice de Etanol

Es posible determinar el porcentaje de taninos combinado con polisacáridos, péptidos y proteínas aumentando el grado alcohólico del vino con etanol al 96% (Glories, 1984).

Este procedimiento consiste en adicionar 4,5 mL de etanol al 96% a 0,5 mL de vino previamente centrifugado y dejar reposar durante 24 horas para que precipite. Posteriormente, se centrifuga y se toma el sobrenadante diluyéndolo con agua destilada en proporción 1/10. La dilución total del vino será 1/100 Se mide la absorbancia a 280 nm en cubeta de 10 mm. Estos valores serán A₂.

Por otra parte, el valor de A₁ será el del IPT, ya que es la misma medida, pero la dilución se ha hecho totalmente con agua destilada.

$$\text{Índice Etanol (\%)} = ((A_1 - A_2) / A_1) \times 100$$

Cuanto mayor sea este índice, mayor es la polimerización de los polifenoles con sales, péptidos y polisacáridos.

4.4.4 Índice DMACH

El proceso se basa en la estimación del grado de polimerización de los taninos de la uva y del vino, utilizando el aldehído p-dimetilaminoacetaldehído (DMACH) (Vivas, 1994).

El método consiste en diluir 1/20 el vino centrifugado con metanol. Se introduce 0,5 mL de diluido con 2,5 mL de reactivo DMACH y se lee la absorbancia de la mezcla a 640 nm con un blanco de metanol. Esta medida será Dm. A su vez, se realiza un testigo, que será Dt, con una mezcla de 0,5 mL de diluido con 2,5 mL de metanol y se lee la absorbancia con los mismos parámetros. Por tanto:

$$A_{\text{DMACH}} = D_m - D_t$$

$$\text{Índice DMACH} = (A_{\text{DMACH}} / [\text{Taninos}]) \times 100$$

4.4.5 Índice de PVPP

El índice de polivinilpirrolidona (PVPP) indica el porcentaje de antocianos combinados con los taninos.

El procedimiento a seguir para la determinación de este índice consiste en diluir el vino 1/50 con agua destilada y se lee su máxima a 280 nm, con cubeta de 1 cm, obteniéndose el valor Do₀. El blanco se mide con agua destilada (Glories, 1984).

En un tubo de ensayo mantenido a 0°C se introduce: 2 mL de vino diluido 1/5 con agua destilada y 2 mL de PVPP 0,6%. Se agita y se deja en reposo durante 10 minutos. A continuación se añaden 6 mL de tricloroacético (TCA) al 20%, se agita y se deja reposar durante otros 10 minutos. Se centrifuga esta solución durante 8 minutos a 4000 rpm y posteriormente se diluye 1:2 una alícuota del sobrenadante para obtener una disolución del vino 1:50. Finalmente se mide la absorbancia de dicha disolución en el espectrofotómetro a 280 nm, en cubeta de cuarzo de 10 nm de camino óptico, obteniéndose de esta forma Do₁. El blanco se mide con una disolución de TCA al 6%.

El índice de Polivinilpirrolidona se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$I.PVPP (\%) = (D_{O_0} - D_{O_1} / D_{O_0}) * 100$$

5. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

Los tratamientos estadísticos han consistido en la realización de análisis de la varianza (ANOVA simple), que engloba una serie de métodos estadísticos para contrastar diferencias entre las medias de varios grupos de datos. El propósito era establecer, mediante un contraste de hipótesis y con un nivel de confianza alto (95 %), si el efecto de los tratamientos de riego es significativo o no para los grupos de datos estudiados, es decir, si la aportación relativa de cada uno de ellos a la variación total es significativa o no. Para ello se estudió parámetro a parámetro la existencia o no de diferencias significativas, en función de los tratamientos aplicados, y se valoraron posteriormente los resultados obtenidos para proceder a establecer las conclusiones.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Efectos de diferentes tratamientos de riego sobre la madurez tecnológica de la uva Monastrell

6.1.1 Efectos de la cantidad de agua de riego administrada en la madurez tecnológica de las uvas.

Tabla 2. Promedio y desviación típica del peso de la uva, ^aBrix, pH y acidez total (g/L) de las uvas según la cantidad de agua

Muestra	Tratamiento	Peso uva	BRIX	pH	Acidez Total (g/L)
27-sep	Secano	1,398 ± 0,211 a	17,688 ± 1,009 a	3,130 ± 0,045 a	6,450 ± 0,559 a
	Floración	1,641 ± 0,198 b	17,633 ± 0,547 a	3,132 ± 0,043 a	7,075 ± 0,504 b
	Envero	1,593 ± 0,136 b	17,694 ± 0,614 a	3,123 ± 0,045 a	7,209 ± 0,631 b
	F-ratio	5,75	0,05	0,19	5,51
	P-value	0,006	0,9503	0,8241	0,0072
02-oct	Secano	1,317 ± 0,176 a	18,300 ± 0,424 ab	3,156 ± 0,043 a	5,625 ± 0,454 a
	Floración	1,652 ± 0,140 b	18,104 ± 0,954 a	3,185 ± 0,051 a	5,881 ± 0,512 b
	Envero	1,564 ± 0,081 b	18,863 ± 0,612 b	3,244 ± 0,053 a	5,513 ± 0,455 a
	F-ratio	21,41	4,74	1,22	3,09
	P-value	0,0000	0,0135	0,0552	0,0020
10-oct	Secano	1,322 ± 0,102 ab	19,088 ± 0,704 a	3,398 ± 0,133 b	4,078 ± 0,377 a
	Floración	1,457 ± 0,223 b	18,692 ± 0,876 a	3,295 ± 0,053 ab	4,819 ± 0,454 b
	Envero	1,338 ± 0,134 a	18,588 ± 0,870 a	3,244 ± 0,058 a	5,255 ± 0,682 c
	F-ratio	2,97	1,02	12,93	13,81
	P-value	0,0495	0,3702	0,0342	0,0000

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas al 95 %

En la tabla 2, se encuentran los valores obtenidos por el efecto de la cantidad de agua suministrada en el peso de la uva, los grados brix, el pH y la acidez total.

Respecto al peso de las uvas, los valores más pequeños son los obtenidos por los tratamientos T1, T5 y T6 mientras que los tratamientos T2, T3 y T4 obtienen valores más superiores, dando como resultado granos de mayor tamaño. Existe una correlación directa entre la producción de las parcelas y el tamaño de las bayas, ya que son las parcelas en secano las de menor producción, y las de riego postfloración las de mayor producción, casi sin diferencias con las de riego postenvero.

Estas diferencias se deben al tipo de tratamiento utilizado, el T1 al ser el tratamiento de secano el peso de las uvas es menor que en el resto de los casos, en el resto de los tratamientos no se observan diferencias significativas hasta el final de la madurez, aunque los tratamientos T2, T3, y T4, donde se aplica un riego moderado a partir de la floración se refleja en granos de mayor tamaño, mientras que en los tratamientos T5 y T6 se aplica un riego deficitario a partir del envero, y el resultado en un tamaño de los granos menor que en los tratamientos de riego moderado, tal como observan Girona et al., (2009), que afirman que un estrés hídrico llevado después del envero reduce significativamente el peso de la baya.

Otros autores como Ojeda et al. (2002) observan que el estrés hídrico aplicado entre floración y envero tiene un mayor impacto en las características de la uva, ya que inhibe la división celular, en comparación con el estrés hídrico impuesto solo en la fase posterior al envero, que puede afectar negativamente solo el tamaño de la uva.

Durante la maduración de la uva hay acumulación de la glucosa y la fructosa, esto explica por qué los valores de grado Brix aumentan cada día que pasa, independientemente del tipo de

tratamiento aplicado. Se puede observar que el valor más alto es al final de la maduración (10 de octubre) pero sin diferencias significativas entre los tratamientos.

El pH de la uva aumenta su valor a medida que avanza la maduración. Esto ocurre porque con el aumento de los azúcares, obtenemos una disminución de los ácidos lo que da como resultado valores de pH más altos. El estudio muestra la tendencia de valores más altos para tratamientos sin riego. En relación a la acidez total, esta es inferior en los tratamientos en seco y superior en los de déficit hídrico postverano.

6.1.2 Efectos de la salinidad del agua de riego administrada en la madurez tecnológica de las uvas.

Tabla 3. Promedio y desviación típica del peso de la uva, °Brix, pH y acidez total (g/L) de las uvas según la calidad del agua suministrada.

Muestra	Tratamiento	Peso uva	BRIX	pH	Acidez Total (g/L)
27-sep	Secano	1,398 ± 0,211 a	17,688 ± 1,009 a	3,130 ± 0,045 a	6,450 ± 0,559 a
	Buena Cal	1,784 ± 0,283 c	17,813 ± 0,371 a	3,106 ± 0,030 a	6,881 ± 0,614 ab
	Sulfato Básico	1,557 ± 0,129 b	17,625 ± 0,645 a	3,124 ± 0,043 a	7,191 ± 0,552 b
	Cloruro Básico	1,605 ± 0,102 b	17,613 ± 0,598 a	3,143 ± 0,047 a	7,191 ± 0,548 b
	F-ratio	6,06	0,38	2,19	3,04
	P-value	0,0053	0,6835	0,1298	0,0487
02-oct	Secano	1,317 ± 0,176 a	18,300 ± 0,424 ab	3,156 ± 0,043 a	5,625 ± 0,454 a
	Buena Cal	1,730 ± 0,133 c	17,713 ± 0,634 a	3,143 ± 0,027 a	6,066 ± 0,437 b
	Sulfato Básico	1,605 ± 0,147 b	18,581 ± 1,114 b	3,247 ± 0,061 b	5,475 ± 0,647 a
	Cloruro Básico	1,572 ± 0,061 b	18,581 ± 0,664 b	3,204 ± 0,032 b	5,827 ± 0,252 b
	F-ratio	5,52	3,42	5,60	4,81
	P-value	0,008	0,0435	0,0067	0,0139
10-oct	Secano	1,322 ± 0,102 a	19,088 ± 0,704 b	3,398 ± 0,133 a	4,078 ± 0,377 a
	Buena Cal	1,616 ± 0,131 b	18,138 ± 0,589 a	3,286 ± 0,025 a	4,894 ± 0,313 b
	Sulfato Básico	1,366 ± 0,205 a	18,769 ± 0,880 b	3,279 ± 0,065 a	4,842 ± 0,653 b
	Cloruro Básico	1,349 ± 0,162 a	18,788 ± 0,927 b	3,264 ± 0,070 a	5,194 ± 0,611 b
	F-ratio	7,48	7,94	0,43	11,63
	P-value	0,0019	0,0278	0,6563	0,0085

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas al 95 %

En la tabla 3, encontramos los valores obtenidos por el efecto de la salinidad del agua administrada en el peso de la uva, los grados Brix, el pH y la acidez total.

Con respecto al peso de la uva, vemos que hay diferencias significativas en los tres muestreos realizados, siendo los valores más altos para el tratamiento T2 que se realiza con agua de buena calidad. Al final del periodo de maduración, no hay diferencias entre los tratamientos en seco y los de riego con sulfato y cloruro básico.

Fijándonos en los grados Brix, se observa que a medida que transcurre la madurez los valores más bajos son para las uvas del T2, que es el agua de mejor calidad, mientras que no hay diferencias en el resto de los tratamientos. Esto se corresponde con lo observado en el peso de la baya, ya que a mayor tamaño de esta, menos concentración de azúcares por el efecto dilución.

Los valores de pH se van incrementando a medida que transcurre la madurez, pero no muestran diferencias significativas entre los distintos tratamientos.

La acidez total, en cambio, va disminuyendo con la maduración, y es inferior en las uvas procedentes de seco, debido al estrés hídrico ocasionado por falta de agua, que trae consigo una degradación de los ácidos por combustión (Gutierrez, 2002).

6.2. Efectos de diferentes tratamientos de riego sobre la madurez polifenólica de la uva Monastrell.

6.2.1 Efectos de la cantidad de agua de riego administrada en la madurez fenólica de las uvas.

6.2.1.1 Evolución de la intensidad colorante

Tabla 4. Promedio y desviación típica de la IC según la cantidad de agua suministrada.

Muestra	Tratamiento	ICpH1			ICpH3,2		
27-sep	Secano	53,084	± 4,958	c	11,801	± 0,723	b
	Floración	31,525	± 4,395	a	8,707	± 0,878	a
	Envero	36,359	± 3,649	b	8,384	± 0,836	a
	F-ratio	133,700			99,320		
	P-value	0,000			0,000		
02-oct	Secano	54,835	± 4,251	c	13,243	± 0,833	c
	Floración	36,185	± 4,929	a	9,914	± 0,952	a
	Envero	41,124	± 2,609	b	10,544	± 0,786	b
	F-ratio	119,570			86,240		
	P-value	0,000			0,000		
10-oct	Secano	58,773	± 4,789	c	15,624	± 0,966	c
	Floración	40,649	± 6,919	a	11,763	± 1,428	a
	Envero	44,682	± 4,177	b	13,850	± 0,927	b
	F-ratio	58,540			70,100		
	P-value	0,000			0,000		

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas al 95 %

En la tabla 4 podemos observar los diferentes resultados obtenidos del análisis de la intensidad colorante mediante el método Glories, en el que se obtienen dos extractos, uno a pH 1, donde conseguimos la máxima extracción de los compuestos fenólicos del hollejo por la fuerte digestión ácida. Y otro extracto a pH 3,2, a pH es similar al del mosto y con ello se accede a los compuestos fenólicos fácilmente extraíbles

Analizando los resultados obtenidos, vemos que para ambos pH la mayor extracción de color se consigue con el tratamiento T1 en secano. Esto se debe al menor tamaño de las bayas, la menor relación pulpa/hollejo, e incluso al efecto de deshidratación y concentración observado en las uvas. El riego reduce el nivel de intensidad colorante, pero ese efecto es menor en las uvas sometidas a riego deficitario después del envero, correspondiendo a las uvas sometidas a riego moderado después de floración, la menor concentración de color, tanto total como extraíble, siendo este comportamiento similar al observado en el peso de las bayas.

6.2.1.2 Evolución de la concentración de polifenoles

Tabla 5. Promedio y desviación típica de los polifenoles (mg/L) según la cantidad de agua suministrada.

Muestra	Tratamiento	Polifenoles pH1			Polifenoles pH3,2		
27-sep	Secano	7746,228	± 926,247	c	4961,880	± 163,306	b
	Floración	6188,907	± 805,301	a	4049,613	± 318,479	a
	Envero	6837,010	± 486,057	b	3893,500	± 281,235	a
	F-ratio	28,020			80,170		
	P-value	0,000			0,000		
02-oct	Secano	8505,374	± 573,760	c	5201,400	± 122,296	b
	Floración	6947,600	± 638,439	a	4389,867	± 299,324	a
	Envero	7604,735	± 428,775	b	4197,000	± 216,618	a
	F-ratio	47,830			88,770		
	P-value	0,000			0,000		
10-oct	Secano	9264,520	± 455,638	c	5440,920	± 127,731	b
	Floración	7845,588	± 794,886	a	4730,120	± 328,699	a
	Envero	8372,460	± 613,289	b	4500,500	± 196,550	a
	F-ratio	25,920			68,480		
	P-value	0,000			0,000		

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas al 95 %

En el caso de los polifenoles totales, podemos ver que aumentan a medida que avanza la maduración para todos los tratamientos realizados, tal como sucedía con el color.

Observamos diferencias significativas entre los distintos tratamientos para ambos pH, esto nos indica que el riego influye en el contenido de los polifenoles de las uvas, siendo este contenido menor que en secano. Los tratamientos T5 y T6 tienen un contenido total de polifenoles mayor que las uvas con tratamiento T2, T3, y T4. Por lo tanto, se puede suponer que un período de riego más corto y por tanto con menor cantidad de agua aplicada, promueve un mayor contenido de polifenoles totales, aunque no de extraíbles, ya que no facilita su extracción.

6.2.1.3 Evolución de la concentración de antocianos.

Tabla 6. Promedio y desviación típica de los antocianos (mg/L) según la cantidad de agua suministrada.

Muestra	Tratamiento	Antocianos pH1			Antocianos pH3,2		
27-sep	Secano	1510,590	± 215,269	c	588,550	± 53,208	c
	Floración	867,777	± 146,872	a	359,130	± 56,305	a
	Envero	984,425	± 128,212	b	421,983	± 54,859	b
	F-ratio	104,800			103,240		
	P-value	0,000			0,000		
02-oct	Secano	1602,840	± 209,700	c	618,660	± 50,194	c
	Floración	1000,712	± 148,138	a	409,644	± 44,702	a
	Envero	1119,560	± 108,170	b	462,453	± 45,191	b
	F-ratio	98,990			125,000		
	P-value	0,000			0,000		
10-oct	Secano	1695,090	± 208,540	c	648,770	± 52,426	c
	Floración	1140,313	± 218,495	a	460,158	± 48,461	a
	Envero	1254,695	± 160,951	b	502,923	± 44,332	b
	F-ratio	49,590			93,990		
	P-value	0,000			0,000		

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas al 95 %

La tabla 6 recopila los resultados obtenidos en la extracción de los antocianos de la uva. Como se puede observar, la tendencia es igual para ambos pH, conforme avanza la maduración los antocianos van aumentando independientemente del riego utilizado. Además, vemos que los tratamientos de secano (T1) son los que consiguen valores más elevados, tal como sucedía para el color y la concentración de compuestos polifenólicos, en los cuales los tratamientos con adición deficitaria de agua postverano dan lugar a mayor color, y mayor concentración de antocianos y polifenoles, que los sometido a riego moderado durante un periodo más largo.

Los resultados obtenidos están en línea con los estudios realizados por Esteban et al. (2001) y Keller (2005), quienes afirman que la concentración de polifenoles es mayor en las bayas que no reciben ningún tipo de riego. Esto puede explicarse por una alteración de la biosíntesis de las antocianinas, que se ve favorecida gracias a la activación de los genes involucrados en esta síntesis. Además, el riego deficitario postverano conduce a valores de antocianos intermedios. Según Casassa et al., (2015) esto sucede porque una deficiencia en el riego previo al verano conduce a la disminución del mesocarpio con un mayor peso de las pieles.

6.2.1.4 Evolución de la concentración de taninos.

Tabla7. Promedio y desviación típica de los taninos (mg/L) según la cantidad de agua suministrada.

Muestra	Tratamiento	Taninos pH1			Taninos pH3,2		
27-sep	Secano	3540,730	± 247,440	c	3062,050	± 287,752	b
	Floración	3064,321	± 430,409	a	2792,792	± 226,288	a
	Envero	3352,487	± 332,703	b	2526,767	± 233,215	a
	F-ratio	11,870			28,240		
	P-value	0,000			0,000		
02-oct	Secano	3606,230	± 200,440	b	2979,743	± 131,334	c
	Floración	3209,974	± 323,487	a	2724,487	± 274,139	b
	Envero	3378,597	± 238,516	a	2334,312	± 211,200	a
	F-ratio	12,580			46,550		
	P-value	0,037			0,000		
10-oct	Secano	4361,190	± 355,848	a	3374,889	± 56,535	c
	Floración	4336,338	± 405,537	a	3170,297	± 284,397	b
	Envero	4532,366	± 225,733	a	2893,299	± 214,707	a
	F-ratio	2,220			16,200		
	P-value	0,063			0,003		

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas al 95 %

En la tabla 7, se recopilan los datos obtenidos para los taninos totales y los extraíbles. Observamos un incremento en la concentración de taninos durante la maduración de la uva, especialmente en la última etapa de la maduración. Al final de este periodo, no hay diferencia en la concentración de taninos totales entre los distintos tratamientos. En cambio, a lo largo de la madurez, los taninos extraíbles son ligeramente superiores en las uvas procedentes de secano, e inferiores en las uvas de riego postverano

6.2.2 Efecto de la salinidad del agua de riego sobre la madurez fenólica de las uvas.

6.2.2.1 Evolución de la intensidad colorante

Tabla 8. Promedio y desviación típica de la IC según la calidad de agua suministrada.

Muestra	Tratamiento	ICpH1			ICpH3,2		
27-sep	Secano	53,084	± 4,958	b	11,801	± 0,723	c
	Buena Cal	32,519	± 3,661	a	9,196	± 0,908	b
	Sulfato Basico	33,671	± 4,968	a	8,613	± 0,698	a
	Cloruro Básico	33,716	± 5,034	a	8,234	± 0,852	a
	F-ratio	83,090			78,690		
	P-value	0,000			0,000		
02-oct	Secano	54,835	± 4,251	c	13,243	± 0,833	b
	Buena Cal	35,460	± 4,370	a	9,984	± 1,035	a
	Sulfato Basico	39,060	± 5,314	b	10,138	± 1,031	a
	Cloruro Básico	38,611	± 4,057	b	10,285	± 0,790	a
	F-ratio	60,860			49,520		
	P-value	0,000			0,000		
10-oct	Secano	58,773	± 4,789	c	15,624	± 0,966	b
	Buena Cal	38,010	± 4,322	a	12,978	± 1,158	a
	Sulfato Basico	43,554	± 7,564	b	12,626	± 1,641	a
	Cloruro Básico	43,097	± 4,699	b	12,379	± 1,785	a
	F-ratio	39,790			17,860		
	P-value	0,000			0,000		

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas al 95 %

Analizando el valor de la intensidad colorante, a pH 1 se encuentran valores más altos en ausencia de riego o con riego con aguas salinas. En cambio, a medida que avanza la madurez no se observan diferencias en el color extraíble en los distintos tratamientos de riego.

6.2.2.2 Evolución de la concentración de antocianos

Tabla 9. Promedio y desviación típica de los antocianos (mg/L) según la calidad de agua suministrada.

Muestra	Tratamiento	Antocianos pH1			Antocianos pH3,2		
27-sep	Secano	1510,590	± 215,269	b	588,550	± 53,208	b
	Buena Cal	962,150	± 111,144	a	393,920	± 50,442	a
	Sulfato Basico	905,740	± 154,995	a	371,415	± 54,149	a
	Cloruro Básico	899,275	± 161,493	a	392,303	± 76,250	a
	F-ratio	60,300			49,280		
	P-value	0,000			0,000		
02-oct	Secano	1602,840	± 209,700	b	618,660	± 50,194	b
	Buena Cal	996,625	± 69,636	a	430,485	± 39,843	a
	Sulfato Basico	1071,330	± 173,211	a	418,891	± 47,708	a
	Cloruro Básico	1050,985	± 139,423	a	442,785	± 58,823	a
	F-ratio	56,330			61,460		
	P-value	0,000			0,000		
10-oct	Secano	1695,090	± 208,540	c	648,770	± 52,426	b
	Buena Cal	1051,100	± 107,489	a	467,050	± 39,894	a
	Sulfato Basico	1236,920	± 246,668	b	466,368	± 55,769	a
	Cloruro Básico	1202,695	± 166,119	b	493,268	± 48,348	a
	F-ratio	32,590			53,190		
	P-value	0,000			0,000		

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas al 95 %

La concentración de antocianos totales y extraíbles sigue un comportamiento similar al de la Intensidad Colorante, teniendo valores superiores en secano e inferiores en las uvas procedentes de uvas regadas con agua de buena calidad frente a las uvas regadas con aguas salinas, quizás debido a que las uvas regadas con aguas salinas sufren un efecto osmótico parecido al estrés hídrico observado en secano, lo que provoca un incremento de la concentración polifenólica.

Hay que destacar que tanto en el color y antocianos totales, las diferencias entre el riego con agua buena y con agua salina son significativas, siendo más favorable el agua salina para conseguir un mayor color y una mayor concentración de antocianos en las uvas. En cambio, la extractabilidad de los antocianos (EA) es menor en las uvas regadas con aguas salinas, lo que ocasiona que no se observan diferencias en función de la calidad del agua, para los compuestos extraíbles, y esto nos indica que la salinidad del agua dificulta su extracción.

6.2.2.3 Evolución de la concentración de polifenoles

Tabla 10. Promedio y desviación típica de los polifenoles (mg/L) según la calidad de agua suministrada.

Muestra	Tratamiento	Polifenoles pH1			Polifenoles pH3,2		
27-sep	Secano	7746,228	± 926,247	b	4961,880	± 163,306	b
	Buena Cal	6508,360	± 884,124	a	4120,520	± 379,662	a
	Sulfato Basico	6540,330	± 735,754	a	3975,220	± 209,298	a
	Cloruro Básico	6325,860	± 730,744	a	3932,440	± 349,280	a
	F-ratio	12,320			51,970		
	P-value	0,000			0,000		
02-oct	Secano	8505,374	± 573,760	c	5201,400	± 122,296	b
	Buena Cal	6873,520	± 489,450	a	4437,820	± 339,572	a
	Sulfato Basico	7371,565	± 759,796	b	4331,330	± 185,241	a
	Cloruro Básico	7217,810	± 539,103	b	4231,560	± 316,948	a
	F-ratio	21,640			55,020		
	P-value	0,000			0,000		
10-oct	Secano	9264,520	± 455,638	c	5440,920	± 127,731	b
	Buena Cal	7238,680	± 547,090	a	4755,120	± 325,771	a
	Sulfato Basico	8411,742	± 717,477	b	4687,440	± 224,634	a
	Cloruro Básico	8109,760	± 606,641	b	4530,680	± 334,351	a
	F-ratio	30,070			41,340		
	P-value	0,000			0,000		

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas al 95 %

La concentración de los polifenoles sigue una evolución similar a la concentración de los antocianos. Se obtienen valores superiores en las uvas de secano que en aquellas que son irrigadas. Además, la concentración total de polifenoles es superior en las uvas regadas con aguas salinas, que en aquellas que están irrigadas con agua de buena calidad.

Tal como comentamos en la concentración de antocianos, el riego con agua de buena calidad mejora la concentración total de polifenoles de la uva, pero esta salinidad de las aguas dificulta la extracción de los compuestos polifenólicos, que es superior en las uvas regadas con agua de buena calidad que en las regadas con aguas salinas, ya que aunque los polifenoles tienen mayor concentración total en las uvas irrigadas con aguas salinas, esta diferencia no se aprecia en la concentración de polifenoles extraíbles.

6.2.2.4 Evolución de la concentración de taninos

Tabla 11. Promedio y desviación típica de los taninos (mg/L) según la calidad de agua suministrada.

Muestra	Tratamiento	Taninos pH1			Taninos pH3,2		
27-sep	Secano	3540,730	± 247,440	b	3123,230	± 181,890	b
	Buena Cal	3158,545	± 512,785	a	2779,315	± 278,345	a
	Sulfato Basico	3248,847	± 427,281	a	2701,202	± 197,807	a
	Cloruro Básico	3120,849	± 352,766	a	2625,095	± 301,128	a
	F-ratio	4,290			10,240		
	P-value	0,007			0,000		
02-oct	Secano	3606,230	± 200,440	b	2979,743	± 131,334	b
	Buena Cal	3216,803	± 340,987	a	2730,919	± 300,798	a
	Sulfato Basico	3360,430	± 327,561	a	2636,262	± 277,920	a
	Cloruro Básico	3224,727	± 240,255	a	2419,322	± 300,812	a
	F-ratio	11,560			15,910		
	P-value	0,007			0,000		
10-oct	Secano	4361,190	± 355,848	b	3374,889	± 56,535	b
	Buena Cal	3988,792	± 283,701	a	3191,042	± 295,398	a
	Sulfato Basico	4622,200	± 304,936	b	3131,809	± 237,460	a
	Cloruro Básico	4420,277	± 232,521	b	2921,414	± 289,184	a
	F-ratio	17,280			3,730		
	P-value	0,000			0,014		

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas al 95 %

Con respecto al comportamiento de los taninos de las uvas, este es similar al observado para el resto de los polifenoles. La mayor concentración de taninos totales y extraíbles se encuentra en las uvas de secano, pero los taninos totales son superiores en aquellas uvas que están regadas con aguas salinas, mientras que en los taninos extraíbles no se observan diferencias en función de la calidad del agua. En ningún caso se observan diferencias en el comportamiento de las uvas regadas con agua salina que contienen sulfato básico o con cloruro básico.

Una vez analizados estos resultados, se puede decir que la madurez fenólica de las uvas está influenciada por la aplicación o no de riego, por el período de riego aplicado, y por la calidad de agua utilizada. Tal como podemos observar, el color y la concentración de polifenoles, antocianos y taninos totales y extraíbles, son más elevados en secano. Con respecto al riego, estos parámetros son inferiores en las uvas sometidas a riego moderado después de la floración, por lo que podríamos deducir que es el riego distribuido entre la floración y el invierno influye negativamente en el contenido de compuestos fenólicos en las bayas, tal como observaron Koundouras et al. (2009) y Casassa et al. (2015).

Con relación a la calidad del agua de riego, hay que destacar que tanto en el color como la concentración total de antocianos, polifenoles y taninos en las uvas, es superior cuando el riego se realiza con aguas salinas. En cambio, la extractabilidad de estos compuestos se ve dificultada por la salinidad del agua, lo que ocasiona que no se observan diferencias en función de la calidad del agua, para los compuestos extraíbles.

Por todo ello, con relación a los compuestos polifenólicos, la utilización de aguas salinas podría constituir una buena alternativa de riego, ya que da lugar a una mayor concentración de compuestos polifenólicos totales en la baya, y aunque disminuye la extractabilidad de estos, el balance final es que no se observan diferencias significativas entre la concentración de compuestos polifenólicos extraíbles cuando el riego es con agua de buena calidad o salina.

6.3. Efectos de diferentes tratamientos de riego sobre los mostos de Monastrell

6.3.1 Evolución de los grados Brix

Tabla 12. Promedio y desviación típica del pH, de la acidez total (g/L exp. en ácido tartárico) y los °Brix en mostos según la cantidad y calidad del agua de riego

Tratamiento	pH	Acidez Total (g/L)	Brix
Secano	3,348 ± 0,043 b	5,180 ± 0,321 a	18,158 ± 0,747 a
Floración	3,295 ± 0,041 ab	5,648 ± 0,459 b	18,142 ± 0,729 a
Envero	3,269 ± 0,040 a	5,968 ± 0,367 c	17,900 ± 0,721 a
F-ratio	10,55	12,6700	1,02
P-value	0,0002	0,0000	0,3702
Buena Cal	3,278 ± 0,019 a	6,118 ± 0,585 b	17,575 ± 0,308 a
Sulfato Básico	3,294 ± 0,049 a	5,928 ± 0,479 b	18,204 ± 0,806 b
Cloruro Básico	3,279 ± 0,045 a	5,904 ± 0,266 b	18,121 ± 0,723 b
F-ratio	5,63	9,1300	7,94
P-value	0,0023	0,0001	0,0278

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas al 95 %

En la tabla 12 observamos que la concentración de azúcares, expresado en grados Brix, no tiene diferencias significativas en secano e irrigación, pero si en función de la calidad del agua, obteniendo valores superiores los mostos procedentes de uvas regadas con aguas salinizadas que aquellos que proceden de uvas regadas con agua de buena calidad.

Los mostos procedentes de uvas no irrigadas obtienen valores superiores en el pH que los que proceden de uvas regadas, no observándose diferencias en función de la calidad del agua.

Con respecto a la acidez total, se obtienen valores superiores con los tratamientos de riego deficitario a partir del envero, y tampoco hay diferencias en función de la calidad del agua.

6.3.2 Concentración del ácido málico, ácido tartárico y ácido glucónico en mostos

Tabla 13. Promedio y desviación típica del ácido málico (g/L), ácido tartárico (g/L) y ácido glucónico (g/L), mostos según la cantidad y calidad del agua de riego

Tratamiento	Ácido málico	Ácido tartárico	Ácido glucónico
Secano	0,630 ± 0,119 a	3,825 ± 0,377 b	0,003 ± 0,005 a
Floración	1,354 ± 0,420 c	3,442 ± 0,429 a	0,017 ± 0,032 a
Envero	0,920 ± 0,210 b	3,600 ± 0,370 ab	0,030 ± 0,077 a
F-ratio	18,83	3,04	1,05
P-value	0,0000	0,0477	0,3584
Buena Cal	1,563 ± 0,477 c	3,550 ± 0,686 a	0,023 ± 0,045 a
Sulfato Básico	1,120 ± 0,433 b	3,500 ± 0,378 a	0,033 ± 0,077 a
Cloruro Básico	1,050 ± 0,240 b	3,488 ± 0,314 a	0,011 ± 0,025 a
F-ratio	10,56	1,46	0,97
P-value	0	0,2373	0,917

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas al 95 %

En la tabla 13 se recogen los resultados obtenidos para el ácido málico, el ácido tartárico y el ácido glucónico. Para el ácido glucónico no existen diferencias significativas ni en la calidad ni en la cantidad de agua utilizada. En cambio, para el ácido málico observamos diferencias significativas para ambos casos. Respecto al momento de la adición del agua vemos que los tratamientos post floración tienen valores superiores a los tratamientos postenvero y secano.

Sin embargo, cuando se utiliza agua de buena calidad obtenemos valores superiores que cuando se utiliza agua salinizada. Por último, en el caso del ácido tartárico observamos pequeñas diferencias según el momento de adición del agua, no existiendo diferencias en función de la calidad del agua.

6.3.3 Concentración de amonio, nitrógeno y nitrógeno fácilmente asimilable en mostos

Tabla 14. Promedio y desviación típica de la concentración de amonio (mg/L), nitrógeno α -amino (mg/L) y NFA (mg/L) según la cantidad y calidad del agua de riego.

Tratamiento	AMONIO	Nitrógeno α -amino	NFA
Secano	28,475 \pm 8,710 b	142,03 \pm 9,679 c	170,48 \pm 15,81 c
Floración	21,592 \pm 8,087 b	116,10 \pm 29,68 b	137,68 \pm 34,91 b
Envero	7,275 \pm 2,291 a	108,61 \pm 12,41 a	103,38 \pm 40,26 a
F-ratio	5,06	3,61	9,46
P-value	0,0104	0,0351	0,003
Buena Cal	15,000 \pm 10,391 ab	116,80 \pm 11,51 a	131,80 \pm 19,91 ab
Sulfato Basico	8,088 \pm 8,187 a	114,20 \pm 18,81 a	122,26 \pm 23,79 a
Cloruro Básico	24,075 \pm 15,674 b	110,16 \pm 33,87 a	121,73 \pm 59,69 a
F-ratio	3,41	2,23	2,26
P-value	0,0255	0,0475	0,446

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas al 95 %

Todos estos parámetros están relacionados con la concentración de nitrógeno en el mosto, tanto inorgánico (concentración de amonio y NFA), como orgánico (nitrógeno α -amino). Los valores son superiores en los mostos en seco e inferiores en los mostos de uvas regadas postenvero. En cuanto a las diferencias en función de la calidad del agua, solo se observan para el amonio, que es inferior en los tratamientos con sulfatos.

6.4 Efectos de los diferentes tratamientos de riego sobre los compuestos polifenólicos de los vinos de Monastrell

Tabla 15. Promedio y desviación típica de la IC y antocianos (mg/L) en vinos tintos según la cantidad y calidad del agua suministrada.

Tratamiento	IC	Antocianos mg/L
Secano	3,988 \pm 1,000 b	305,780 \pm 61,958 b
Floración	2,565 \pm 0,536 a	214,022 \pm 39,830 a
Envero	3,741 \pm 1,020 b	233,793 \pm 26,797 a
F-ratio	22,24	22,93
P-value	0,0000	0,0000
Secano	3,988 \pm 1,000 c	305,780 \pm 61,958 b
Buena Calidad	2,436 \pm 0,289 a	230,480 \pm 54,022 a
Sulfato Basico	3,185 \pm 1,031 b	224,767 \pm 26,271 a
Cloruro Básico	3,185 \pm 1,269 b	214,820 \pm 35,725 a
F-ratio	5,51	13,99
P-value	0,0019	0,0000

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas al 95 %

La tabla 15 muestra la Intensidad Colorante y el contenido de antocianos en los vinos elaborados. Se puede observar que tanto en la Intensidad colorante como en el contenido de antocianos el tratamiento de seco da lugar a los vinos más coloreados, correspondiendo los

valores inferiores a los vinos obtenidos de uvas regadas a partir de la floración con agua de buena calidad. Esto concuerda con lo observado para la madurez polifenólica de estas uvas.

Tabla 16. Promedio y desviación típica de los taninos condensados y polifenoles en vinos tintos según la cantidad y calidad del agua suministrada.

Tratamiento	Taninos condensados mg/L			Polifenoles mg/L		
Secano	522,715	± 121,667	b	2505,733	± 391,805	c
Floración	483,357	± 120,762	a	2008,462	± 189,947	a
Envero	544,059	± 88,612	b	2211,733	± 196,246	b
F-ratio	1,21			20,91		
P-value	0,3033			0,0000		
Secano	522,715	± 121,667	b	2505,733	± 391,805	b
Buena Calidad	440,241	± 116,649	a	2083,413	± 265,363	a
Sulfato Básico	522,230	± 87,725	b	2115,120	± 176,977	a
Cloruro Básico	526,743	± 65,962	b	2067,600	± 220,163	a
F-ratio	1,62			9,0500		
P-value	0,1917			0,0000		

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas al 95 %

En la tabla 16 se recoge el impacto de los diferentes tratamientos aplicados a la vid en los contenidos de polifenoles y taninos de los vinos, mostrando que, al igual que sucede con los otros compuestos polifenólicos, el secano da lugar a mayor concentración de estos compuestos, correspondiendo a los vinos de uvas regada postfloración, los valores inferiores.

En cuanto a la calidad del agua, no hay diferencias en los taninos entre los vinos de secano y los procedentes de riego con aguas salinas, mientras que para los polifenoles no se observan diferencias en función de la calidad del agua añadida, tal como observamos en los antocianos de los vinos, y en la madurez fenólica de las uvas.

Tabla 17. Promedio y desviación típica del IPT, concentración de catequinas (mg/L) e Índice de DMACH en los vinos tintos según la cantidad y calidad del agua suministrada.

Tratamiento	IPT			Catequinas mg/L			I DMACH		
Secano	22,898	± 2,434	b	43,393	± 13,774	b	55,745	± 11,065	a
Floración	17,070	± 2,044	a	27,916	± 10,116	a	55,270	± 10,887	a
Envero	17,115	± 2,004	ab	40,508	± 10,472	b	54,624	± 9,930	a
F-ratio	19,52			14,21			0,28		
P-value	0,0000			0,0000			0,7535		
Secano	22,898	± 2,4336	c	43,393	± 13,774	b	55,745	± 11,065	a
Buena Calidad	17,583	± 2,085	b	31,579	± 12,284	a	55,098	± 12,410	a
Sulfato Básico	17,522	± 1,773	b	36,251	± 11,457	ab	54,392	± 9,271	a
Cloruro Básico	16,405	± 1,9047	a	30,342	± 11,316	a	55,594	± 4,813	a
F-ratio	14,83			3,4800			0,14		
P-value	0,0000			0,0206			0,9360		

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas al 95 %

El Índice de Polifenoles Totales (IPT), que valora los polifenoles presentes en los vinos, nos indica valores superiores en los vinos de secano, no mostrando diferencias en función del momento de riego ni en función de la calidad del agua, observándose un comportamiento similar para las catequinas, siendo los vinos procedentes de riego moderado a partir de la floración, los que presentan valores inferiores, que no se manifiestan en función de la calidad

del agua de riego aplicada. Tampoco se observan diferencias en el grado de polimerización de los taninos de los vinos o unión de taninos entre sí dando lugar a polímeros de mayor tamaño, que son similares incluso aunque estos procedan de secoano (Tabla 17).

Tabla 18. Promedio y desviación típica del Índice de PVPP, Índice de Etanol y concentración de ortodifenoles (mg/L) en los vinos tintos según la cantidad y calidad del agua suministrada.

Tratamiento	I PVPP			I Etanol			Ortodifenoles mg/L		
Secano	61,173	± 2,276	b	49,694	± 5,070	b	296,348	± 43,382	a
Floración	58,953	± 5,115	b	50,103	± 5,213	b	594,005	± 131,759	b
Envero	54,112	± 4,319	ab	43,942	± 4,688	a	564,240	± 177,342	b
F-ratio	12,56			11,68			19,32		
P-value	0,0000			0,0000			0,0000		
Secano	61,173	± 2,276	c	49,694	± 5,070	b	296,3477	± 43,382	a
Buena Calidad	60,417	± 1,764	bc	51,911	± 2,754	b	421,2296	± 40,86	b
Sulfato Basico	57,145	± 5,918	ab	48,041	± 5,761	ab	564,911	± 173,75	c
Cloruro Básico	55,188	± 4,433	a	45,100	± 4,373	a	679,7219	± 45,00797	c
F-ratio	5,85			4,99			16,85		
P-value	0,0013			0,0035			0,0000		

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas al 95 %

En la tabla 18 podemos observar el Índice de PVPP, que valora la combinación de antocianos con taninos, contribuyendo estas uniones a mantener el color estable durante la conservación de los vinos. Los vinos de secoano presentan un mayor grado de combinación de sus antocianos, mientras que los de uvas regadas con aguas salinas presentan niveles ligeramente inferiores al resto. Esta disminución puede estar relacionada con la extractabilidad de los antocianos, que es inferior en las uvas regadas con aguas salinas, y esto puede ocasionar una dificultad inicial para combinarse con los taninos. En cuanto al Índice de Etanol, que valora la unión de polisacáridos y taninos, observamos valores muy similares en todos los vinos. La concentración de ortodifenoles, compuestos relacionados con la oxidación de los vinos, es inferior en los vinos de secoano y superior cuando el riego se produce con aguas salinas.

7. CONCLUSIONES

Con el presente trabajo se obtiene una imagen global del impacto del período de riego y el efecto osmótico de la salinidad del agua en los compuestos polifenólicos de las uvas y vinos de Monastrell estudiados, pudiendo concluir diciendo:

1. Durante el proceso de maduración, las uvas de secano alcanzan pesos menores en sus bayas y menor acidez que las uvas sometidas a un tratamiento de riego, así como una mayor concentración polifenólica en antocianos, polifenoles y taninos, pero también presentan la mitad de producción que las uvas sometidas a irrigación.
2. Las uvas sometidas a riego moderado desde después de la floración son las que presentan mayor acidez y menor concentración polifenólica.
3. Las uvas sometidas a riego deficitario después del envero presentan una concentración intermedia entre los dos tratamientos anteriores, mostrando una composición polifenólica aceptable para la obtención de vinos de calidad.
4. Las uvas sometidas a riego con aguas salinas presentan mayor concentración total de antocianos, polifenoles y taninos, que las irrigadas con agua de buena calidad, pero en cambio no se aprecian diferencias en la concentración de compuestos extraíbles de las uvas en función de la calidad del agua, lo que indica que la salinidad del agua influye negativamente en la extractabilidad polifenólica.
5. El tipo de salinidad del agua (base de sulfatos o base de cloruros) no parece influir en la composición polifenólica de las uvas irrigadas.
6. Los vinos obtenidos con estas uvas muestran un comportamiento similar al observado en su madurez polifenólica, correspondiendo la mayor concentración a los vinos de secano, y la menor a los vinos procedentes de uvas con riego moderado a partir de la floración con agua de buena calidad.
7. El riego deficitario realizado posteriormente al envero, con aguas salinas, da lugar a uvas y vinos con una aceptable composición polifenólica, y una producción doble a la observada en secano, por lo que podría decirse que representa el momento y cantidad y calidad del agua más adecuada para conseguir un mayor rendimiento con un menor costo, sin afectar excesivamente a la calidad polifenólica de las uvas y vinos de Monastrell.
8. En definitiva, viendo los resultados obtenidos podríamos decir que la sustitución de agua de buena calidad por agua salinizada tendría una repercusión positiva en la calidad de la uva.
9. Dado que la bibliografía existente sobre el efecto de la salinidad del agua en las uvas es casi inexistente, estas conclusiones deben ser avaladas durante varios años para confirmar los resultados obtenidos.
10. Además, los resultados anteriores se limitan a una sola variedad de uva, Monastrell, y solo pueden tomarse como base de la investigación para la misma variedad, dada la gran variabilidad en las respuestas de los viñedos a diferentes variedades de uva.
11. Por último, no se pueden establecer conclusiones definitivas sin conocer los efectos que el riego con aguas salinas puede ejercer en la salinidad del suelo y los cambios que éste podría provocar en la vid, en la baya y en la composición final del vino.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Barreales, D., Verdial, J., Feliciano, M., Castro, J., Rodrigues, M., & Blanco-Ward, D. et al. (2018). Effect of deficit irrigation in the cultivars Touriga Nacional and Touriga Franca (*Vitis vinifera* L.) in the Douro Demarcated Region (Portugal).
- Bradford, K.J., and T.C. Hsiao. (1982). Physiological response to moderate water stress. 747 p. In O.L. Lange, P.S. Nobel, C.B. Osmond, and H. Ziegler (eds.). *Physiological Plant Ecology II*. Springer -Verlag, Berlin, Germany.
- Bravdo B, H. Y. (1985). Effect of irrigation and crop level on growth, yield and wine quality of Cabernet Sauvignon. *American Journal of Enology and Viticulture*, 36: 132–139.
- Blouin, J., Guimberteau, G., & Vidal Ragoût, J. (2004). *Maduración y madurez de la uva*. Madrid [etc.]: Mundi-Prensa.
- Cassasa, L.F., Keller, M., & Harbertson, J.F. (2015). Regulated Deficit Irrigation Alters Anthocyanins, Tannins and Sensory Properties of Cabernet Sauvignon Grapes and Wines. 20, 7820-7844.
- Dry, P.R., B.R. Loveys, M.G. McCarthy, and M. Stoll. (2001). Strategic irrigation management in Australian vineyards. *J. Int. Sci. VigneVin* 35:129-139.
- Esteban, M., Villanueva, M. J, Lissarrague, J. (2001) Effect of irrigation on changes in the anthocyanin composition of the skin of cv. Tempranillo (*Vitis vinifera* L.) grape berries during ripening. *J. Sc. Food and Agriculture* 81: 409-420.
- Fagroso García, S. (2011). Control de calidad de la maduración fenólica de la uva tinta mediante espectroscopia FT-mir. Tesis Doctoral Universitat Rovira i Virgili.
- Ferreyra, E.R., G. Selles, A.J. Peralta, R.L. Burgos, y B.J. Valenzuela. (2002). Efectos de la restricción del riego en distintos períodos de desarrollo de la vid cv. Cabernet Sauvignon sobre producción y calidad del vino. *Agricultura Técnica*, 63, nº 3. <http://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072003000300007>.
- Flanzly, M. Aubert, S. (1969). Evaluation of phenolic compounds in white wines. A comparative study of some wines from *Vitis vinifera* and from interspecific direct producerhíbrids. *Ann. Technol. Agric.*, 18, 27-44.
- Fisarakis, I., Chartzoulakis, K., and Stavrakas, D. (2001) Response of Sultana vines (*V. vinifera* L.) on six rootstocks to NaCl salinity exposure and recovery. *Agricultural Water Management*, 51, 13–27.
- Glories, Y. (1978) *Recherches sur la matière colorante des vinsrouges*. Thèse a L'Université de Bordeaux II.
- Gutiérrez, D. (2002). Necesidades de riego en la vid. Tesis Doctoral. Escuela Universitaria Ingeniería Técnica Agrícola de Madrid.

- Hidalgo, J. (2003). Tratado de enología, tomo I. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Keller, M. (2006). Ripening grape berries remain hydraulically connected to the shoot. *Journal of Experimental Botany*, 57: 2577 - 2587.
- Keller, M. (2010). Managing grapevines to optimize fruit development in a challenging environment: a climate change primer for viticulturists. *Aus. J. Grape Wine Res.*, 16, 56–59.
- Kennedy, J.A., Matthews, M.A., Waterhouse, A.L. (2002). Effect of maturity and vine water status on grape skin and wine flavonoids. *American Journal Enol. Vitic.*, 53, 268-274.
- Kennedy, J.A. (2008). Grape and wine phenolics: observations and recent findings. *Cien. Inv. Agr.*, 35, 77-90.
- Kennedy, J.A., Cohen, S.D. (2010). Plant metabolism and the environment: Implications for managing phenolics. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 50, 620–643.
- Koundouras S., Hatzidimitriou E., Karamolegkou M., Dimopoulou E., Kallithraka S., Tsialtas J.T., Kotseridis Y. (2009). Irrigation and rootsrock effects on the phenolic concentration and aroma potential of *Vitis vinifera* L. cv. 'Cabernet Sauvignon' grapes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 7805-7813
- Koundouras, S., C. Van Leeuwen, G. Seguin y. Glories. (1999). Influence de l'alimentation en eau sur la croissance de la vigne, la maturation des raisins et les caractéristiques des vins en zone méditerranéenne (exemple de Némée, Grèce, cépace Saint-Georges, 1997). *J. Int. Sci. Vigne. Vin.* 33. N°4,149-160
- Laurenson, S., Bolan, N. S., Smith, E., & McCarthy, M. (2012). Use of recycled wastewater for irrigating grapevines. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 18(1), 1-10.
- Loveys, B.R. (1984). Diurnal changes in water relations and abscisic acid in field grown *Vitis vinifera* cultivars. III. The influence of xylem-derived abscisic acid on leaf gas exchange. *New Phytologist*, 98, 563–573.
- Matthews, M.A.; Anderson, M.M.; Schultz, H.R. (1987). Phenologic and growth responses to early and late season water deficits in Cabernet franc. *Vitis*, 26: 147-160.
- McCarthy, M.G. (1998). Irrigation management to improve wine grape quality-nearly 10 years on. *Aust. N.Z. Grape grower Wine maker*, 414, 65-71.
- McCarthy, M.G., Loveys, B.R., Dry, P.R., Stoll, M. (2002). Regulated deficit irrigation and partial root zone drying as irrigation management techniques for grapevines. *Déficit irrigation practices*, FAO Water Reports No. 22. Rome, Italy.
- M. Keller (2005). Déficit de riego y nutrición mineral de la vid. *American Journal of Enology and Viticulture*, 56, págs. 267 – 283.
- Munns, R., (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environ*, 25:239–250.

- Lakso, A., Pool, R. (2005). Efecto del estrés hídrico en el viñedo y en la calidad del vino (en climas del este). *Revista Internet De Viticultura Y Enología*, (11/2). Retrieved from <https://www.infowine.com/intranet/libretti/libretto2630-01-1>.
- Ojeda, H., Andary, C., Kraeva, E., Carbonneau, A. and Deloire, A. (2002) Influence of pre- and post-veraison water deficit on synthesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growth of *Vitis vinifera* cv. Shiraz. *American Journal of Enology and Viticulture* 53, 261–267.
- Ojeda, H. ; Saurin, N. (2014). L'irrigation de précision de la vigne : méthodes, outils et stratégies pour maximiser la qualité et les rendements de la vendange en économisant de l'eau. *Innovations Agronomiques*, 38, 97-108.
- Pascual, O., González-Royo, E., Gil, M., Gómez-Alonso, S., García-Romero, E., Canals, J. M., Zamora, F. (2016). Influence of Grape Seeds and Stems on Wine Composition and Astringency. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64 (34), 6555–6566.
- Ribereau-Gayon, P., Stonestreet, E. (1966). Dosage des tanins du vin rouge et détermination de leur structure. *Chimie Anal.*, 48, 188-196.
- Romero, P., Gil-Muñoz, R., del Amor, F., Valdés, E., Fernández, J., & Martínez-Cutillas, A. (2013). Regulated Deficit Irrigation based upon optimum water status improves phenolic composition in Monastrell grapes and wines. *Agricultural Water Management*, 121, 85-101. doi: 10.1016/j.agwat.2013.01.007.
- Santos, L. C. (2005). Effects of partial rootzone drying irrigation of cluster microclimate and fruit composition of Castela field-grown grapevines. *Vitis*, 44: 117 - 125.