

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
AGRONÓMICA Y DEL MEDIO NATURAL



**EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN DE LAS
UVAS DE LA VARIEDAD MONASTRELL EN
FUNCIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE
RIEGO APLICADA EN EL VIÑEDO**

TRABAJO FIN DE MÁSTER EN ENOLOGÍA

AUTORA:
Sonia Bas Moll
TITULACIÓN:
Máster en Enología
DIRECTORA:
M^aInmaculada Álvarez Cano

Valencia, noviembre de 2020.

Resumen

En este trabajo se estudia la influencia del riego en el viñedo con agua de distinta calidad. Se estudia la producción, rendimiento y la madurez tecnológica y polifenólica de las uvas, con la finalidad de optimizar la demanda de agua incrementando la eficiencia en su uso. Se plantea utilizar aguas no convencionales provenientes de la depuración de los vertidos municipales para reducir el déficit hídrico del suelo al que se ven sometidos los viñedos en secano. Con las uvas procedentes de distintos protocolos de riego se realizaron microvinificaciones para estudiar cómo afecta el riego a la composición convencional y polifenólica de los vinos de Monastrell. Se vio que el riego deficitario con agua de buena calidad o con sulfatos disminuye la concentración polifenólica en menor medida que el agua rica en cloruros, y por otro lado incrementa el rendimiento. Entre los tratamientos en secano, y los de riego deficitario no hay diferencias en densidad, grado Brix, el pH y acidez total de las uvas en el momento de la vendimia. En cambio, el riego con aguas salinas ricas en cloruros disminuye la acumulación de polifenoles en la uva y también su extractibilidad, por lo que obtendremos en el vino concentraciones más bajas que las esperadas, y también dificulta la maduración polifenólica de las pepitas. Con estos datos podemos concluir que la utilización de aguas salinas podría ser una herramienta interesante en climas cálidos. La sustitución de agua de riego de buena calidad por agua de riego con sulfatos no tiene una repercusión negativa en la calidad de la uva y del vino, y en cambio permitiría el aprovechamiento de estas aguas procedentes de las depuradoras.

Palabras clave: uva, riego, aguas salinas, polifenoles, Monastrell.

Resum

En aquest treball s'estudia la influència del reg en la vinya amb aigua de diferent qualitat. S'estudia la producció, rendiment i la maduresa tecnològica i polifenòlica del raïm, amb la finalitat d'optimitzar la demanda d'aigua incrementant l'eficiència en el seu ús. Es planteja utilitzar aigües no convencionals provinents de la depuració dels abocaments municipals per a reduir el dèficit hídric del sòl al qual es veuen sotmesos les vinyes en secà. Amb el raïm procedent de diferents protocols de reg es van realitzar microvinificacions per a estudiar com afecta el reg a la composició convencional i polifenòlica dels vins de Monastrell. Es va veure que el reg deficitari amb aigua de bona qualitat o amb sulfats disminueix la concentració polifenòlica en menor grau que l'aigua rica en clorurs, i per un altre costat incrementa el rendiment. Entre els tractaments en secà, i els de reg deficitari no hi ha diferències en densitat, grau Brix, el pH i acidesa total del raïm en el moment de la verema. En canvi, el reg amb aigües salines riques en clorurs disminueix l'acumulació de polifenols en el raïm i també el seu extractibilitat, per la qual cosa obtindrem en el vi concentracions més baixes que les esperades, i també dificulta la maduració polifenòlica de les llavors. Amb estes dades podem concloure que la utilització d'aigües salines podria ser una eina interessant en climes càlids. La substitució d'aigua de reg de bona qualitat per aigua de reg amb sulfats no té una repercussió negativa en la qualitat del raïm i del vi, i en canvi permetria l'aprofitament d'estes.

Paraules clau: raïm, reg, aigües salines, polifenols, Monastrell.

Abstract

In this work, the influence of irrigation in the vineyard with water of different quality is studied. The production, yield and technological and polyphenolic maturity of the grapes are studied, in order to optimize the demand for water, increasing the efficiency of its use. It is proposed to use unconventional water from the purification of municipal discharges to reduce the water deficit of the soil to which dry vineyards are subjected. With the grapes composition of different operating protocols, microvin was performed to study how irrigation affects the conventional and polyphenolic of Monastrell wines. It was seen that deficit irrigation with good quality water or with sulfates decreases the polyphenolic concentration to a lesser extent than water rich in chlorides, and on the other hand increases the yield. Between rainfed treatments and those with deficit irrigation, there are no differences in density, Brix degree, pH and total acidity of the grapes at the time of harvest. On the other hand, irrigation with saline waters rich in chlorides reduces the accumulation of polyphenols in the grape and also its extractability, so we will obtain lower concentrations in the wine than expected, and it also hinders the polyphenolic maturation of the seeds. With these data we can conclude that the use of saline waters could be an interesting tool in hot climates. The substitution of good quality irrigation water for irrigation water with sulphates does not have a negative impact on the quality of the grapes and the wine, and instead would allow the use of these waters from the treatment plants.

Keywords: grape, irrigation, saline waters, polyphenols, Monastrell.

INDICE

1.INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 La variedad Monastrell	1
1.2 Los compuestos fenólicos de las uvas.....	1
1.3 Estrés hídrico y riego deficitario del viñedo. Efecto en la composición de la uva.....	3
1.4 Efecto de la salinidad del agua de riego en el viñedo y en la composición de la uva.....	7
2. OBJETIVO.....	8
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
3.1 Situación de la parcela donde se realiza el estudio.....	9
3.2 Plan experimental.....	9
3.3 Seguimiento de la madurez de la uva.....	10
3.4 Vinificación.....	11
3.5 Determinación de la madurez de la uva.....	12
3.5.1 Madurez tecnológica	12
3.5.2 Madurez polifenólica	13
3.5.2.1 Intensidad colorante.....	14
3.5.2.2 Índice de polifenoles totales (I.P.T.).....	14
3.5.2.3 Antocianos totales (Ant) y Polifenoles totales (PTOT).....	14
3.5.2.4 Taninos condensados totales (TC _{TOT}).....	15
3.5.2.5 Extractabilidad de los antocianos (EA)	16
3.5.2.6 Madurez de las pepitas (MP).....	16

3.6 Análisis de los vinos	16
3.6.1 Concentración de catequinas.....	16
3.6.2 Concentración de ortodihidroxifenoles	17
3.6.3 Índice de PVPP.....	17
3.6.4 Índice DMACH.	17
3.6.5 Índice de Etanol	18
3.7 Tratamiento estadístico	18
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
4.1. Efecto del riego y de la calidad del agua utilizada en la composición de las uvas de la variedad Monastrell.....	19
4.1.1. Efecto de los tratamientos en viñedo sobre los parámetros agronómicos de las uvas tintas de la variedad Monastrell.....	19
4.1.2. Efecto de los tratamientos en viñedo sobre la madurez tecnológica de la de las uvas tintas de la variedad Monastrell	20
4.1.3. Efecto de los tratamientos en viñedo sobre la madurez polifenólica de la uva....	20
4.2.Efecto del riego y de la calidad del agua utilizada en la composición de los vinos de la variedad Monastrell.....	24
4.2.1 Efecto de los tratamientos en viñedo sobre la composición convencional de los vinos de Monastrell.....	24
4.2.2 Efecto de los tratamientos en viñedo sobre la composición polifenólica de los vinos de Monastrell.....	25
5.CONCLUSIONES.....	28
6. BIBLIOGRAFÍA.....	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Racimos y uvas de Monastrell	1
Figura 2. Diagrama ombrotérmico extraído de la estación meteorológica de Ontur.....	1
Figura 3. Situación de la parcela y cepa de Monastrell conducida en doble cordón.....	9
Figura 4. Proceso de elaboración del vino.....	11
Figura 5. Obtención de extractos para determinar en ellos la madurez fenólica.....	13

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tratamientos aplicados en el viñedo de Monastrell.....	10
Tabla 2. Medias, desviación estándar y ANOVA de los parámetros agronómicos en función del riego	19
Tabla 3. Medias, desviación estándar y ANOVA de los parámetros agronómicos en función de la calidad del agua de riego.....	19
Tabla 4. Medias, desviaciones estándar y ANOVA de los parámetros relacionados con la madurez tecnológica de la uva en función del riego.....	20
Tabla 5. . Medias, desviaciones estándar y ANOVA de los parámetros relacionados con la madurez tecnológica de la uva en función de la calidad del agua de riego.....	20
Tabla 6. Medias, desviaciones estándar y ANOVA de los parámetros relacionados con el color de la uva en función del riego.....	21
Tabla7. Medias, desviaciones estándar y ANOVA de los parámetros relacionados con el color de la uva en función de la calidad del agua de riego.....	21
Tabla 8. Medias, desviaciones estándar y ANOVA de los parámetros relacionados con los polifenoles y taninos de la uva en función del riego	22
Tabla 9. Medias, desviaciones estándar y ANOVA de los parámetros relacionados con los polifenoles y taninos de la uva en función de la calidad del agua de riego.....	23

Tabla 10. Medias, desviaciones estándar y ANOVA de la extractibilidad de antocianos y la madurez de las pepitas en función de la aplicación de riego y de la calidad del agua aplicada.....	23
Tabla 11. Medias, desviación estándar y ANOVA de los parámetros convencionales de los vinos en función del riego.....	24
Tabla 12. Medias, desviaciones estándar y ANOVA de los parámetros convencionales de los vinos en función de la calidad del agua de riego.....	25
Tabla 13. Medias, desviación estándar y ANOVA de los parámetros del color de los vinos en función del riego.....	25
Tabla 14. Medias, desviaciones estándar y ANOVA de los parámetros del color de los vinos en función de la calidad del agua de riego.....	25
Tabla 15. Medias, desviación estándar y ANOVA de los parámetros relacionados con la concentración polifenólica de los vinos en función del riego	26
Tabla 16 Medias, desviaciones estándar y ANOVA de los parámetros relacionados con la concentración polifenólica de los vinos en función de la calidad del agua de riego.....	26

1. INTRODUCCIÓN

1.1 La variedad Monastrell

La variedad Monastrell es una variedad de uva tinta de origen español. Se caracteriza por racimos compactos y pequeños y bayas de forma esférica, tamaño mediano, color muy oscuro y hollejos gruesos ricos en antocianos y con moderada concentración de taninos (Tabla 1). Su pulpa carnosa, blanda e incolora, acumula elevada concentración de azúcares para obtener una buena maduración polifenólica de hollejos y pepitas.

Las cepas de Monastrell tienen una alta resistencia a la sequía y sus uvas necesitan una buena insolación para alcanzar un adecuado nivel de madurez. La variedad Monastrell es capaz de sobrevivir bajo condiciones fuertes de déficit hídrico. Cuando el estrés hídrico es muy severo puede ser perjudicial para conseguir una producción aceptable, tanto en cantidad como en calidad de uva, ya que en estas situaciones, 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).



Figura 1. Racimos y uvas de Monastrell.

La variedad Monastrell representa la tercera variedad más cultivada en España, después de Airén y Tempranillo. Se cultiva mayoritariamente en la zona mediterránea, a cuya climatología árida o semiárida está perfectamente adaptada.

En Fuente Álamo, cerca de Albacete, donde se encuentra el viñedo objeto de este trabajo, encontramos una temperatura promedio anual de 14,9°C, con precipitación anual promedio de 291,3 mm y evapotranspiración potencial anual promedio de 1279,5 mm. El diagrama muestra un período de sequía que dura 5 meses, y al comparar los datos de precipitación y evapotranspiración potencial, podemos decir que la lluvia anual constituye solo el 23% de la evapotranspiración potencial (Figura 2).

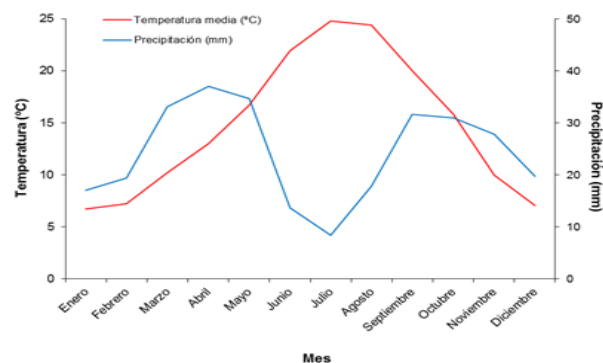


Figura 2. Diagrama ombrotérmico extraído de la estación meteorológica de Ontur.

1.2 Los compuestos polifenólicos de las uvas

Los compuestos polifenólicos son parte de una familia heterogénea de compuestos químicos derivados de fenoles. En las uvas juegan un papel muy importante porque son responsables de algunas propiedades organolépticas del vino como el color, el sabor y la astringencia (Garrido y Borges, 2013). Esta familia se caracteriza por una gran variedad química, debido al hecho de que los diversos componentes existen tanto en forma libre como en forma conjugada. Por lo tanto, existen diferentes clases de polifenoles, todos unidos por la presencia de al menos un grupo aromático y un grupo hidroxilo. 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 se encuentran en los hollejos de las uvas tintas, de hecho, son los que confieren el color a los vinos tintos (Adams et al., 2012). La estructura de los antocianos comprende dos anillos bencénicos unidos por un heterociclo oxigenado, insaturado y catiónico denominado ion flavilio, que es el responsable del color rojo de los antocianos. Se han identificado seis tipos de antocianinas: cianidina, peonidina, delfinidina, pelargonidina, petunidina y malvidina, siendo este último el más abundante en uvas (He et al., 2010). 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. 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

Otros flavonoides abundantes en las uvas son los flavonoles. Estos son responsables del pigmento amarillo de las uvas y, por lo tanto, están presentes, además de las uvas de bayas negras, también en las de bayas blancas. El flavanol más abundante es la catequina, presente en los hollejos pero también en la pulpa. Este compuesto representa la unidad fundamental de los taninos, proceden de la polimerización de catequinas y epicatequinas y se encuentran en las pieles, semillas de uva y raspones. 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. Los taninos contribuyen a la sensación de astringencia percibida gracias a su capacidad de unirse a las proteínas de la saliva. Además, siguiendo su vínculo con los antocianos en la matriz del vino, proporcionan a esta matriz un color estable a lo largo del tiempo (Kennedy, 2008).

Los antocianos y los taninos se sintetizan mediante la vía biosintética de los fenilpropanoides (Chassy et al., 2012), modificable por factores bióticos y abióticos, tales como el riego. Se ha encontrado que un suministro de agua moderado, especialmente durante el período previo al envejecimiento, puede aumentar la concentración de antocianinas en las pieles al cambiar su biosíntesis (Koundouras et al., 2009). En cuanto a los factores bióticos, uno importante que influye en la concentración de antocianinas es la luz. Este último activa la transducción de la señal y los genes involucrados en su biosíntesis (Mol et al., 1996), pero una fuente excesiva de luz puede conducir a la degradación de los pigmentos (Mori et al., 2007).

Incluso las bajas temperaturas, o más bien el rango de temperatura entre el día y la noche, favorecen la síntesis de antocianos.

Existe una estrecha correlación entre la síntesis de antocianos y el desarrollo de la uva. Cuando la uva alcanza el envero, es decir, el momento en que termina su crecimiento, comienza su síntesis, que también determina el cambio en el color de la uva que se vuelve púrpura. La síntesis alcanza su nivel máximo cuando la uva está completamente madura. En cuanto a los taninos, su contenido en la piel parece disminuir en primer lugar en la cosecha (Hanlin y Downey, 2009).

En cuanto a los compuestos no flavonoides, los ácidos fenólicos y los estilbenos son polifenoles de bajo peso molecular. Hay 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. El estilbeno más importante y más estudiado es el trans-resveratrol producido por la planta como defensa contra las infecciones por hongos (Rentzsch et al., 2009).

1.3 Estrés hídrico y riego deficitario del viñedo. Efecto en la composición de la uva.

El denominado estrés hídrico, es consecuencia de un ambiente escaso de agua, y aparece en zonas de baja pluviometría, en las que la tasa de transpiración es superior a la toma de agua, es decir, se da cuando la pérdida de agua por transpiración es mayor que la absorción de agua por las raíces. Una disminución de la producción, puede ser como resultado del estrés hídrico, por afectación al crecimiento vegetativo y reproductivo del viñedo (Bradford y Hsiao, 1982; Gutiérrez et al., 2002). Una elevada salinidad del suelo y las bajas temperaturas, ocasionan estrés hídrico, también llamado estrés osmótico, debido a la capacidad que tiene de provocar una disminución del agua disponible en el citoplasma de las células.

El estado hídrico de las cepas es determinante en el desarrollo y composición de las bayas. El riego es uno de los factores que influyen sobre dicho estado. Se ha comprobado que el estado hídrico restrictivo puede conseguir un control del tamaño de las bayas y del rendimiento. Es más interesante conseguir bayas pequeñas, para que la relación hollejo / pulpa sea mayor (aplicando la restricción en el momento del envero) y por tanto mayor concentración de antocianos, taninos y otros componentes de calidad. 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).

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).

Algunos déficits de agua son generalmente considerados como beneficiosos para la calidad del vino, en particular del vino tinto (Matthewset al. 1990). El déficit hídrico en las uvas para vino se aplica comúnmente durante dos períodos, 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).

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).

La disponibilidad de agua por la planta debe limitarse a lo indispensable, utilizándose la técnica de “regulación del déficit hídrico (RDI: Regulated Deficit 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).

Los estudios realizados por Poni et al.(1994), McCarthy (1997), Ojeda et al. (2002), Girona et al.(2009), han puesto de manifiesto que las primeras etapas del desarrollo de la baya son las más sensibles al estrés hídrico. Por otra parte, es bien sabido que buena parte del desarrollo del dosel vegetal se produce hasta el envero, y que el área foliar de las cepas se detiene prácticamente a partir del envero (Williams and Matthews, 1990). Al limitar el crecimiento vegetativo y ahorrar el agua extraída desde el suelo, se pretende mejorar el balance hídrico del viñedo durante el verano cuando es necesario que la cepa no padezca un estrés hídrico muy severo a fin de poder madurar correctamente las uvas.

Por otra parte, debido a que la sensibilidad de las bayas al déficit hídrico disminuye progresivamente durante el desarrollo, el tamaño final de la baya puede ser eficazmente controlado mediante déficit hídrico preenvero(Matthewset al., 1988; McCarthy et al., 1997).

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 (Casassa 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. Según McCarthy (1998), desde la brotación hasta la floración, el estrés hídrico debe reducirse al mínimo.

Durante mucho tiempo se ha pensado que el tamaño de las bayas es un factor clave que contribuye a la calidad de los vinos, puesto que las bayas más pequeñas tienen una mayor relación hollejo/pulpa. El déficit de agua también aparece como beneficioso en la composición

de la fruta de forma independiente del tamaño de las bayas (Roby *et al.*, 2004). De hecho, recientes estudios han puesto de manifiesto y descubierto recientemente que el déficit de agua puede mejorar la acumulación de antocianinas mediante la estimulación de la expresión de los genes que codifican su biosíntesis (Castellarinet *et al.*, 2007).

A pesar de que los sólidos solubles y otros atributos relevantes para la calidad son más altos en las uvas procedentes de viñas con escasez de agua, el estrés excesivo tiene claramente una influencia negativa en la composición de la fruta (Hardie y Considine, 1976; Esteban *et al.*, 1999). García-Escudero *et al.* (2003) establecen que a pesar de la conveniencia de cierto estrés hídrico durante de la maduración, las dosis moderadas de riego dan lugar a una mejor madurez de la uva, lo cual ratifica lo anterior. En cambio, Rubio *et al.* (2002), estudiando los efectos del riego en el cultivar Tempranillo junto a un aclareo de racimos, observan que la concentración de azúcares dependía principalmente de las condiciones climáticas del año. En estudios más recientes acerca de los efectos del riego sobre la concentración de sólidos solubles totales, podemos encontrar conclusiones aparentemente distintas. Existen ensayos donde la concentración disminuía en los tratamientos de riego con respecto al secano (Chapman *et al.*, 2005; Roby *et al.*, 2004). Intrigliolo y Castel (2007), encontraron para la variedad Tempranillo que la concentración de sólidos aumentó en los tratamientos más regados, observándose una línea ascendente desde el secano al tratamiento con mayor dosis de riego. Pérez Bartolomé (2002), estudiando el mismo cultivar, llegó a la misma conclusión utilizando distintas densidades de plantación. En cambio, otros estudios no encuentran diferencias significativas con dosis moderadas de riego (Williams and Baeza, 2007).

En cuanto a la acidez total, tampoco se ha encontrado una pauta común en los estudios consultados, ya que mientras Rubio *et al.* (2002) encuentran en Tempranillo que los tratamientos con riego aumenta la acidez con respecto al secano, confirmando otras experiencias previas como la de Lisarrague en 1986, estudios posteriores (Lisarrague *et al.*, 2008) ponen de manifiesto que el déficit hídrico puede dar lugar a disminución de acidez, concretamente de ácido málico y un aumento de la relación tartárico/málico, seguramente provocados por un retraso de la maduración e incluso una maduración incompleta. En cambio, un exceso de agua provocaría una acidez alta, especialmente debida al ácido málico. También se ha observado en otras experiencias (Giner *et al.* (2007) en Cabernet Sauvignon, Pérez *et al.* (2002) en Tempranillo) que un déficit hídrico después del envero provocaba un aumento de acidez con respecto a un riego continuado. Otros estudios, en cambio, no encuentran un efecto significativo sobre la acidez en el mosto (Intrigliolo y Castel, 2007).

Con respecto al pH, podemos encontrar una variabilidad de experiencias similar a la de la acidez, ya que algunos autores citan una disminución en el pH del mosto de las cepas regadas en Tempranillo cultivado en la zona central de España (Lisarrague *et al.*, 1986 ; *et al.*, 1993; Yuste *et al.*, 1995; Perez *et al.*, 2002). García-Escudero estudió la influencia del riego asociado a la variedad en el pH del mosto y observó una disminución en todas las variedades estudiadas. Otros autores, en cambio, encuentran un aumento del pH en las cepas regadas (Intrigliolo y Castel, 2007, Lisarrague, 2008). Existen además experiencias que no ponen de manifiesto diferencias entre los tratamientos con déficit hídrico y los regados (Giner Gonzalbez *et al.*, 2007; Williams and Baeza, 2007).

En relación a los compuestos fenólicos si que existe un mayor consenso de los resultados obtenidos, generalmente se habla de que con la aplicación de un déficit hídrico se aumenta la concentración de antocianos, Intensidad Colorante y del Índice de Polifenoles Totales. Es

interesante comentar la experiencia de Junquera et al. (2006) en Madrid, en el cultivar Cabernet Sauvignon con portainjerto SO4, en secano, estrés fuerte y estrés débil, en la que podemos observar que el Índice de Polifenoles Totales aumentó del secano al estrés fuerte, pero disminuyó de este último al estrés débil, los antocianos totales aumentaron de secano a estrés fuerte pero prácticamente se mostraron estables con estrés débil, mientras que los antocianos extraíbles aumentaron con la dosis de riego. Ojeda et al. (2002) estudiando el cultivar Syrah observaron que un déficit hídrico fuerte antes del envero provocaba un amplio descenso en la síntesis de antocianos. Giner Gonzalbez (2007) encontró en Cabernet que la síntesis de antocianos aumentó más tras un estrés hídrico aplicado después del envero que cuando éste se aplicó antes de envero, todo ello con tratamientos con riego permanente.

La amplia diversidad de clima, suelo, cultivares, patrones, conducciones, momento de aplicación del riego (Giner Gonzalbez, 2007), densidad de plantación (Pérez et al. 2002), técnicas de cultivo, diferencias de temperaturas y precipitaciones entre años en una misma parcela, accidentes meteorológicos y prácticamente cualquier parámetro que pueda afectar a la calidad de la uva, implica que sea difícil de prever el comportamiento a priori. Todo ello obliga a realizar un estudio de estrategia de riego para cada variedad que una bodega quiera explotar, con el fin de maximizar la calidad de ésta.

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.

1.4 Efecto de la salinidad del agua de riego en el viñedo y en la composición de la uva.

La vid puede crecer en prácticamente cualquier tipo de terreno, salvo en los salinos. Se desarrolla mejor cuando la conductividad eléctrica (CE) es menor a $0,8 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ siendo poco tolerante a partir de una $CE < 2 \text{ a } 3 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$, ya que debe vencer el elevado potencial osmótico que producen las sales del suelo, debiendo incrementar 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).

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.

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).

Por salinidad del suelo entendemos una acumulación excesiva de sal en la solución del suelo. La medición se realiza a través de la conductividad eléctrica de la solución. Podemos considerar un suelo salino si la conductividad excede 4.0 dS / m. Las sales más presentes son cloruros y sulfatos. 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 parece depender de la variedad y de la concentración de sal en el agua de riego, así como de su momento de aplicación durante el crecimiento (Keller, 2010).

Los efectos de la salinidad pueden ser perjudiciales para el crecimiento de la planta y esto se debe, en primer lugar, al aumento en el potencial osmótico del agua del suelo, por lo que no está disponible para su absorción por la planta (Barbieri y De Pascale, 1992) y En segundo lugar, el aumento de la concentración de ciertos iones en los tejidos, como el Na +, que, además de competir con la absorción de K +, tiene un efecto tóxico en la planta a nivel celular (Munns, 2002). La salinidad conduce a una disminución de la actividad fotosintética de la planta vinculada a un mayor cierre estomático (R.R. Walker et al., 1997) causada por la mayor producción de ácido abscísico (ABA).

Con el uso de agua reciclada destinada al riego, es posible mitigar el estrés hídrico excesivo, pero con el tiempo esta práctica puede conducir al estrés salino cuyos efectos deben cuantificarse (Laurenson et al., 2012) de hecho de esta forma se provoca la salinización y sodificación de los suelos (Aragués et al., 2014).

Algunos efectos del estrés salino no se consideran negativos. Una de ellas es la estimulación de la producción de moléculas antioxidantes tales como los polifenoles que, frente a una reducción segura del rendimiento de la producción, también genera una posible mejora en el rendimiento de la calidad de la fruta, pero, como también sucede con el estrés hídrico, esto va depender de la intensidad de estrés.

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.- OBJETIVOS

El riego en la vid en zonas áridas y semiáridas es cada vez más necesario debido al creciente impacto del calentamiento global. Esto provoca el cambio de la fecha de la vendimia, que se hace 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.

El estudio tiene como objetivo general comprobar el efecto de 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.

Además, su objetivo específico es determinar el efecto de las distintas sales presentes en estas aguas en la composición polifenólica de las uvas y vinos de Monastrell, con la finalidad de contemplar si es posible sustituir el agua de riego de buena calidad por agua salinizada, teniendo siempre en cuenta los efectos a largo plazo de la acumulación de sales en el suelo.

3.- MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Situación de la parcela donde se realiza el estudio

La parcela tratada se encuentra en el municipio de Fuente Álamo (Albacete), cuyas coordenadas geográficas son 38° 43 ' 43,3"Norte y 1° 28' 12,6 " Oeste. Está situada a una altitud de 820 m, en un terreno con una pendiente promedio del 5%. El viñedo tiene una superficie total de 1.147 hectáreas, con una densidad de plantación de 2.222 cepas /hectárea. Las cepas de la variedad Monastrell fueron plantadas en 2007, con un marco de plantación de 3 metros entre hileras y 1,5 metros entre cepas en cada hilera, y conducidas en doble cordón. La orientación de las filas es Norte-Sur.

En la figura 3 vemos la disposición geográfica de la parcela en estudio, su sistema de riego y el sistema de conducción de las cepas de Monastrell. La parcela del ensayo dispone de un sistema de riego sectorizado para poder regar independientemente cada una de las unidades experimentales según las diferentes estrategias de riego, y dispone de un contador donde se realiza el seguimiento para ver las dosis de riego aplicadas. Se trata de riego localizado, por goteo, con un gotero por cada cepa separados 1,25 m emitiendo cada uno 2,3 L/h.



Figura 3. Situación de la parcela y cepa de Monastrell conducida en doble cordón

3.2. Diseño experimental.

La parcela se dividió en 4 zonas de prueba, y cada zona en 4 subzonas de 192 cepas cada una, una por tratamiento, situándose las subzonas aleatoriamente dentro de la parcela y dejando alrededor de cada subzona 2 filas sin regar.

El riego a aplicar en las parcelas se calculó conociendo el coeficiente de evapotranspiración (K_c) de cultivo. Para nuestro estudio se estima en 0,6 considerando el marco de plantación, el sombreado, el vigor y la variedad utilizada. Las necesidades hídricas totales se calcularon mediante el método propuesto por la FAO, a partir de la siguiente fórmula:

$$ET_c = ET_0 \cdot K_c$$

ET_c : evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar

ET_0 : evapotranspiración del cultivo de referencia

Con esta ET_c se obtendría un riego a demanda donde todas las necesidades hídricas de la planta quedarían cubiertas, por tanto no obtendríamos un riego deficitario. Como se plantea

someter el viñedo a riego deficitario, se establece que las aportaciones de agua reemplacen un 35% de las necesidades óptimas del cultivo (ETc). Para el cálculo de las dosis de riego de cada tratamiento se realizó semanalmente un seguimiento de los valores de evapotranspiración de referencia, obteniendo los datos de la estación de Montesa del Servicio de Tecnología para el Riego del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). Además de esto, se consideraron las precipitaciones durante el periodo, para minorar las dosis de riego, y como el año 2019 llovió durante este periodo (se utilizó el dato de la propia estación agroclimática situada en la parcela), con todos datos se estableció que aplicando unos 60 mm³ de agua postfloración, a partir de finales de Julio, se cubrirían un 35% de las necesidades estimadas del cultivo (ETc).

El riego fue realizado con agua de distintas calidades, 4 de las subzonas se dejaron en seco (T1), 4 fueron sometidas a riego deficitario postfloración con agua de buena calidad, que no provocó efecto osmótico (T2), 4 fueron sometidas a riego deficitario postfloración con agua de riego con una conductividad eléctrica de 4,0 dS/m de sulfato básico (T3) y 4 fueron sometidas a riego deficitario postfloración con agua de riego con una conductividad eléctrica de 4,0 dS/m de cloruro básico (T4) (Tabla 1).

Tabla 1. Tratamientos aplicados en el viñedo de Monastrell

TRATAMIENTO	mm ³	CANTIDAD DE AGUA SUMINISTRADA	CALIDAD DEL AGUA. EFECTO OSMÓTICO
T1	0	Secano, sin riego	
T2	56	Riego deficitario a partir de la floración	Agua de “buena calidad”. Sin efecto osmótico
T3	67,8	Riego deficitario a partir de la floración	Agua con una conductividad eléctrica (CE) de 4,0 dS/m de sulfato básico
T4	59	Riego deficitario a partir de la floración	Agua con una conductividad eléctrica (CE) de 4,0 dS/m de cloruro básico

3.3. Seguimiento de la madurez de la uva.

Se realizó el seguimiento de la madurez de la uva, estableciéndose como fecha de vendimia el 7 de octubre de 2019. Antes de proceder a realizar la vendimia de la parcela, se realizó un exhaustivo muestreo de las 16 subparcelas, para establecer con la mayor precisión posible la madurez tecnológica y polifenólica de las uvas. Se recogieron unos 600 granos de cada unidad experimental (subparcela), tomando bayas procedentes de plantas distintas aleatoriamente repartidas, de los racimos situados en la parte soleada y umbría, de la parte terminal/media y superior del racimo y dentro de la misma planta, granos situados en distinta posición en la cepa y a distintas alturas, para obtener así una gran representatividad de cada tratamiento.

Una vez realizados los muestreos, se procede vendimiando individualmente cada una de las cepas de las 16 subparcelas, contando y pesando todos los racimos directamente en campo. De esta forma, se obtienen los rendimientos medios para cada subparcela y el número de racimos por cepa. Una vez vendimiada la parcela, se obtienen los datos de producción (kilogramos/hectárea), número de racimos y peso unitario de racimo por tratamiento. Para ello se utilizó una báscula de campo (KERN, CH 15K20, España).

El rendimiento (kg uva / cepa) está directamente relacionado con el peso del racimo, el número de racimos por cepa, el número de bayas y el tamaño de las bayas. Por lo tanto nos va a proporcionar información sobre la relación directa entre la estrategia de riego y el rendimiento de la planta.

3.4. Vinificación

En la figura 4 se resume el proceso de elaboración del vino.

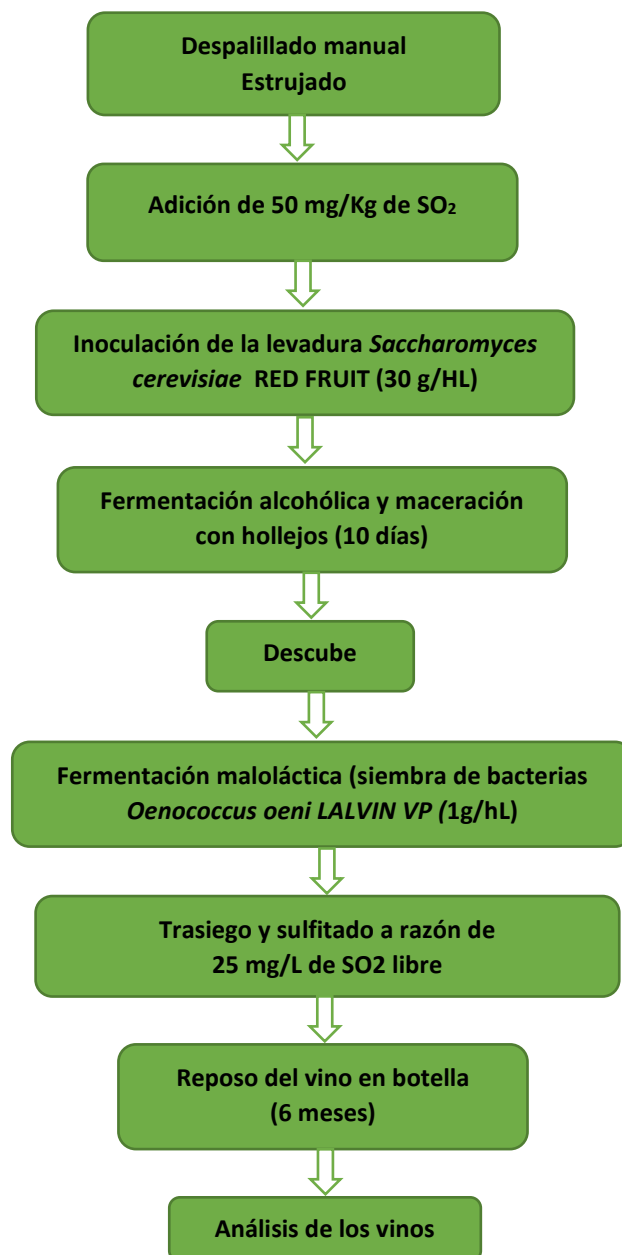


Figura 4.Proceso de elaboración del vino

Se eligieron 20 cepas representativas de cada unidad experimental (subparcela) y se colocaron en cajas de 18 Kg. Las cepas estaban distribuidas en distintas filas para obtener resultados más representativos. La uva se llevó a la planta piloto del Instituto de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo, donde se procedió a su vinificación, elaborándose 48 vinos, ya que los vinos de cada subparcelase elaboraron por triplicado.

El despalillado se realizó manualmente y para el estrujado se utilizó una pequeña estrujadora de rodillos. El encubado se realizó en 48 frascos de cristal de 2 kg de capacidad, ya que se realizaron las microvinificaciones de cada subparcela por triplicado. Se sulfitó con dosis de 50 mg/kg SO₂, y se sembraron 30 g/hL de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* RED FRUIT (Enartis) en cada frasco. Durante la fermentación se realizó el seguimiento diario de la temperatura, que rondó en los 25 -26 °C en los primeros días y finalizó en 23 °C, y de la densidad, para corroborar la cinética de la fermentación. Diariamente en cada vinificación se hicieron bazuqueos para facilitar la liberación de compuestos polifenólicos del sombrero a la pasta. La fermentación tumultosa duró 10 días y finalizó con una densidad próxima a 990 y con una mínima cantidad de azúcares residuales no fermentables. Una vez concluida esta primera fermentación, se sembró la bacteria láctica *Oenococcus oeni* LALVIN VP (Lalleman) para iniciar y controlar la fermentación maloláctica, que duró entre 12 y 15 días, verificándose su finalización con la desaparición del ácido málico determinada por cromatografía de papel. Para asegurar la sanidad microbiológica, los vinos se sulfitaron en dosis de 25 mg/L de anhídrido sulfuroso libre y se conservaron durante seis meses en botella, para analizar su composición química en relación a los parámetros convencionales y polifenólicos.

3.5. Determinación de la madurez de la uva

Se cuentan y pesan los granos de uva de cada tratamiento recogidos antes de la vendimia, para calcular el peso medio de las uvas. Cada muestreo se procesa por duplicado, de los 600 granos, se dedican aproximadamente 300 granos a cada muestra, 100 de ellos irán destinados a la extracción del mosto mediante un prensado manual, para la determinación de la madurez tecnológica y los otros 200 granos se destinan a la determinación de la madurez polifenólica.

3.5.1. Determinación de la madurez tecnológica.

La determinación de la madurez tecnológica en vendimia (grado Brix, pH, acidez total y concentración de ácido tartárico y ácido málico) se ha realizado siguiendo los métodos que se recogen en el Reglamento Oficial de la Unión Europea (UE 2019/935).

Tras una extracción del mosto mediante prensado natural, se determinaron:

- Mediante un refractómetro se realiza la determinación de los sólidos solubles totales.
- Para obtener el valor de pH, se utilizó un pH-metro Crisón Basic 20.
- La Acidez Total (g/L de Acido tartárico) se determinó mediante una valoración ácido-base con hidróxido sódico 0.1 N, hasta pH de 7,0, con el pH-metro anterior.

3.5.2 Determinación de la madurez polifenólica.

El método de determinación de la madurez polifenólica se basa en el método de Glories modificado por Saint-Cricq de Gaulejac (1999). Se fundamenta en la extracción fenólica a dos pH distintos, a partir de un triturado de las uvas.

Obtendremos un extracto a pH 1, donde se extrae la práctica totalidad de los compuestos fenólicos ya que a este pH se produce la degradación de las células de los hollejos. Por otra parte a pH 3,2 encontramos una extractibilidad real, ya que este se aproxima al pH real de las uvas. De la primera solución obtendremos la Intensidad Colorante Total (IC pH 1), el Potencial total de Antocianos (AntpH 1), de Polifenoles (Pol pH 1) y de taninos (Tan pH 1). De la segunda obtendremos la concentración extraíble de estos mismos parámetros. Todos los protocolos de extracción se realizaron por duplicado, y las determinaciones analíticas por triplicado. También se obtiene la extractibilidad de los antocianos (EA) y la madurez de las pepitas (MP).



Figura 5. Obtención de extractos para determinar en ellos la madurez fenólica

De cada parcela muestreada (por duplicado) se separan 4 fracciones de 50 gramos, dos para determinar la totalidad de componentes polifenólicos de las uvas, que se procesan añadiendo a cada muestra 50 g de una solución de ácido clorhídrico 0,1 M (pH 1), mientras que a las otras 2 fracciones de 50 g de uva se le añaden 50 g de una solución compuesta por 5 gramos de ácido tartárico, 2,5 mL de solución de NaOH al 32% y agua hasta 1 litro (pH 3,2), con la finalidad de extraer los compuestos polifenólicos fácilmente extraíbles. Se trituran y homogenizan en Termomix durante 2 minutos a una velocidad constante y suave que no permita la rotura de las pepitas (Figura 4).

Tras la trituración se recogen los homogenizados evitando que quede el menor rastro de hollejo y pepitas en el recipiente. Se deja macerar durante 4 horas agitando con una pauta de 15 minutos. Tras este tiempo 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 estos extractos se realizan las determinaciones polifenólicas.

Los métodos analíticos utilizados para determinar los parámetros polifenólicos se recogen a continuación.

3.5.2.1. Intensidad Colorante

El color del vino , va a depender de la concentración en antocianos libres presentes , 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 , ese es uno de los atributos fundamentales para su caracterización, apreciación y calidad.

La intensidad colorante (IC) es el resultado de la suma de absorbancias del vino , medidas en una cubeta de 1 cm de espesor para radiaciones de onda de 420 nm, 520 nm y 620 nm, a las que corresponden un mínimo y un máximo en la curva de absorbancias del vino tinto en función de la longitud de onda (Glories, 1978). Debido a que la absorbancia del vino es elevada y sobrepasa los límites del espectrofotómetro, la medición de la absorbancia se hace en cubetas de 0,1 ó 0,2 cm de espesor , posteriormente se multiplicará el resultado por el factor de conversión, referido a la cubeta estándar de 1 cm de distancia óptica . Los resultados se expresan referidos a 1 cm de distancia óptica. Se utiliza agua destilada como blanco.

Debemos tener en cuenta que el factor de dilución va a variar el equilibrio entre los componentes coloreados del vino y debido a ello se disminuye la exactitud y precisión del método , y todo ello debemos tenerlo en cuenta al determinar la Intensidad Colorante en el extracto procedente de las uvas. Para determinar la IC se miden directamente las absorbancias de la muestra en las longitudes de onda de 420 nm, 520 nm, y 620 nm. Si lo leemos en cubeta de 0,1 cm los resultados obtenidos hay que multiplicarlos por 10.

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

3.5.2.2. Índice de polifenoles totales.

El índice de Polifenoles Totales (IPT) es un valor que nos indica la cantidad de compuestos polifenólicos totales de los vinos, y se determina midiendo la absorbancia a la longitud de onda que escinde el grupo fenol. La metodología consiste en diluir previamente el vino 100 veces y medir la absorbancia del vino a 280 nm (UV) bajo 1 mm de paso óptico en una cubeta de cuarzo frente al agua. El núcleo bencénico característico de los compuestos polifenólicos tiene su máximo de absorbancia a esta longitud de onda (Ribereau-Gayón, 1979)

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

3.5.2.3. Antocianos Totales y Polifenoles Totales.

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.

Si queremos obtener la cantidad de antocianos totales se toman 0,2 mL de la muestra y se colocan en una cubeta de 1 cm de camino óptico , se le añaden 3,8 mL de una solución de HCl 1 M, se tapan con tapón o parafilm y se agitan por inversión. Se deja reposar 3 horas antes de la medida. Las medidas deben efectuarse antes de las 24 horas. Seguidamente se mide la absorbancia a 280, 320, 520 y 700 nm frente a un blanco de HCl 1 M. La absorbancia a 280 nm corresponderá a los polifenoles totales, 520 nm a los antocianos y 700 nm se utiliza para verificar que las soluciones están totalmente transparentes (Método de Puissant-León modificado por Blouin, 1992).

Para calcular la concentración de antocianos expresada en malvidina-3-glucósido, se prepara una curva de calibrado utilizando como patrón una disolución entre 0 y 250 mg/L de malvidina-3-glucósido, y si no se dispone de este compuesto se puede utilizar la siguiente fórmula, donde A es la Absorbancia a 520 nm, FD el Factor de dilución (20), y 20 equivale a la absorptividad molar de una disolución al 1% (p/v) de malvidina-3-glucósido.

$$A_{TOT}(mg/L) = A_{520} \times FD \times 20$$

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. Si no se dispone de recta de calibrado se utiliza la siguiente fórmula, donde A es la absorbancia, FD el factor de dilución en la medida colorimétrica (en las condiciones descritas FD=20), y 80 es el factor de corrección para expresar los resultados en mg/L de ácido gálico.

$$P_{TOT}(mg/L) = A_{280} \times FD \times 80$$

Para determinar la concentración total de taninos mediante el método de Puissant-León, se correlacionan las absorbancia a 280, 320, y 520 nm, mediante la siguiente formula, que contempla la correlación aproximada entre la concentración de polifenoles y la de taninos, en la uva:

$$\text{Taninos totales (mg/L)} = FD \times 76 \times [(A_{280} - 0,4(A_{320} - 0,2 \times A_{520}) - 0,6 \times A_{520})]$$

3.5.2.4. Taninos condensados totales.

Los taninos son compuestos fenólicos, caracterizados por precipitar con la proteínas en solución, que ralentizan o inhiben las acciones enzimáticas por combinación directa con su fracción proteica. Los vinos que no han pasado por barrica contienen taninos condensados (proantocianidinas, formadas por monómeros y polímeros de catequinas) y ácido gálico, y los vinos que han estado en barrica contienen también tanino elágico (tanino hidrolizado).

Las proantocianidinas se pueden convertir parcialmente en antocianidinas rojas por calentamiento en medio ácido. Dicho calentamiento da lugar 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. Esta propiedad permite determinar los taninos en el medio y es la base de este método. Esta reacción sucede con las formas monómeras (catequinas) y 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, que se determinan por medición colorimétrica (Ribéreau-Gayon, 1979).

Es necesario que el vino esté centrifugado 15 minutos a 4000 rpm y diluido 1/50. Pondremos 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. El tubo 2 se deja a temperatura ambiente. Después de 30 minutos de ebullición, se extrae el Tubo 1 del baño y se enfría rápidamente. Añadimos 1 mL de etanol absoluto (o de 96°), a los dos tubos y después de agitarlo se leen las absorbancias a 550 nm en cubetas de 10 mm de camino óptico utilizando como blanco agua destilada. Aplicando la siguiente fórmula

calcularemos la concentración de taninos, donde A_1 es la absorbancia del Tubo 1, A_2 la del Tubo 2 y 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.

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

3.5.2.5. Extractibilidad de los Antocianos

El índice de extractibilidad 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)). 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 (Gloriesy Saint-Cricq de Gaulejac, 1999).

$$EA(\%) = \left(\frac{P. T. A. - P. A. E.}{P. T. A.} \right) \cdot 100$$

3.5.2.6. Madurez de las Pepitas

Los antocianos pueden funcionar como marcadores de los taninos en los hollejos, ya que existe un paralelismo de acumulación en este órgano entre ambos. De este modo, al conocer el valor de los antocianos extraíbles en gramos por litro (P.A.E.), podemos calcular los polifenoles totales extraíbles del hollejo y por diferencia los taninos que también contiene. La valoración del contenido en taninos de las pepitas se expresa como madurez fenólica de las pepitas (MP) y nos da el porcentaje de taninos de las pepitas que suman a la riqueza fenólica del vino (Gloriesy Saint-Cricq de Gaulejac, 1999).

$$MP (\%) = (IPT \text{ pH } 3,2 - (P.A.E. \cdot 40) / IPT \text{ pH } 3,2) \cdot 100$$

En teoría, los antocianos potenciales deberían aumentar durante el proceso de maduración hasta alcanzar su valor máximo. Los antocianos extraíbles también deberían aumentar, en cambio MP debería disminuir al incrementarse el nivel de madurez de la uva.

3.6 Análisis de los vinos

La determinación de los parámetros convencionales de los vinos se realizaron siguiendo los métodos que se recogen en el Reglamento Oficial de la Unión Europea (UE 2019/935), siguiendo la metodología descrita en el apartado 3.5.1

Además de los parámetros polifenólicos Intensidad Colorante, IPT, concentración de antocianos, concentración de polifenoles y concentración de taninos condensados, que se valoraron en los vinos por la metodología descrita en las uvas (apartado 3.5.2), se analizaron los siguientes parámetros específicos de los vinos.

3.6.1 Concentración de catequinas

Las catequinas son compuestos fenólicos presentes en el vino como flavonoides monómeros. Su polimerización da lugar a taninos condensados, conocidos como proantocianidinas. Su determinación se basa en su capacidad de condensación con compuestos carbonílicos en medio ácido. La reacción con HCL al 35 %, da lugar al medio ácido. Se utiliza

como reactivo la vainillina 1% en metanol por su elevada estabilidad a la acidez (Pompei y Peri, 1971).

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

$$A_{\text{Catequinas}}(\text{mg/L}) = A_{\text{TUBO A}} - A_{\text{TUBO B}}$$

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

3.6.2 Concentración de ortodihidroxifenoles

El objetivo es valorar la concentración de o-dihidroxifenoles que se oxidan con facilidad dando reacciones de polimerización y, como consecuencia, al oscurecimiento de los vinos (Flanzy y Aubert, 1969). El método para la determinación se fundamenta 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 reacción de esta determinación consiste en la mezcla de 0.5 mL de agua, 0.2 mL de vino (para 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 añade agua hasta un volumen total de 5mL , a continuación y se realiza la lectura de absorbancia (A1) a 500 nm con una cubeta de 1 cm de paso óptico. El vino también absorbe a 500 nm, y por tanto se repite la reacción anterior, sustituyendo el volumen de reactivo de Arnow por agua (A2).

Para su cuantificación se construye una curva patrón con 25, 50, 100, 250 y 500 mg/L de catequina, a partir de una solución madre de catequina de 0.5 g/L, utilizando la metodología anterior.

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

3.6.3 Índice de PVPP (fijación sobre polivinilpirrolidona).

El índice de polivinilpirrolidona (PVPP) indica el porcentaje de antocianos combinados con los taninos. La mayor concentración de combinaciones antociano-taninos justifica la mayor concentración de los antocianos al color (Blouin, 1977, Vivas, et al; 1995).

Se diluye en vino 1/50 con agua destilada y se lee su absorbancia a 280 nm, con cubeta de cuarzo de 10 mm (DO_0). El blanco se mide con agua destilada. En un tubo de ensayo a 0°C se introducen 2 ml de vino diluido 1/5 y 2 ml de PVPP 0,6%. Se agita y se deja en reposo durante 10 minutos. Se añaden 6 ml de TCA al 20 %, se agita y se deja reposar 10 minutos. Se centrifuga durante 8 minutos a 4000 rpm. Finalmente se diluye 1:2 una alícuota del sobrenadante para poder tener disolución del vino 1:50. Se mide la absorbancia a 280 nm, en cubeta de cuarzo de 10 mm de camino óptico (DO_1) siendo el blanco una disolución de TCA al 6%. El índice de PVPP se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$\text{I.PVPP (\%)} = (\text{DO}_0 - \text{DO}_1/\text{DO}_0) \cdot 100$$

$DO_0 - DO_1$ = Cantidad de antocianos combinados con los taninos.. Corresponden a los polifenoles fijados por el PVPP, que son los que forman parte del sedimento.

3.6.4. Índice de DMACH.

El proceso se basa en la estimación del grado de polimerización de los taninos de la uva y del vino, utilizando un aldehído específico de estructuras fenólicas: Floroglucinol y P-dimetilaminoacetaldehído (DMACH). El índice obtenido con este aldehído es igual o menor que el grado de polimerización de los taninos. Se diluye el vino con metanol a 1/20. En un tubo de ensayo se introducen 0,5 ml de vino diluido y 2,5 ml de reactivo de DMACH, se agita y al cabo de 10 minutos se mide la absorbancia de la muestra a 640 nm (Dm), seguidamente se realiza un testigo que complete la absorbancia que puedan presentar otros compuestos a 640 nm. Para ello se introduce en un tubo de ensayo 0,5 ml de vino diluido y 2,5 ml de metanol, agitamos y esperamos 10 minutos y leemos la absorbancia a 640 nm (Dt). El blanco se hace con metanol. La lectura de DMACH viene definida por la fórmula siguiente:

$$DO_{DMACH} = (Dm - Dt)$$

Y a partir del valor de los taninos condensados calcularemos el índice de polimerización:

$$\text{Índice de DMACH \%} = (DO_{DMACH} / [\text{TANINOS}]) * 100$$

3.6.5 Índice de Etanol

El índice de Etanol, nos da a conocer el porcentaje de taninos combinado con polisacáridos, péptidos y proteínas aumentando el grado alcohólico del vino con etanol al 96% (Glories, 1984).

Añadimos 4,5 mL de etanol al 96% a 0,5 mL de vino previamente centrifugado y lo dejamos reposar 24 horas para que precipite. A continuación, centrifugamos y tomamos 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.

En otro orden, el valor de A₁ será el del IPT, dado que se trata de la misma medida, pero hemos utilizado el agua destilada para realizar la dilución.

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

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

3.7. 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. Se han establecido los intervalos LSD ("Least Significant Difference") para comparar las medias de las distintas variables para el factor aplicación de riego y calidad del agua, y ver si existen diferencias significativas entre los distintos tratamientos.

El paquete estadístico utilizado fue Statgraphics Centurión XVI. El propósito es establecer, mediante un contraste de hipótesis y con un nivel de confianza alto (95 %), si el efecto de los tratamientos con las distintas aguas 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.

4. RESULTADOS

4.1. Efecto del riego y de la calidad del agua utilizada en la composición de las uvas de la variedad Monastrell

4.1.1. Efecto del riego y de la calidad del agua utilizada en los parámetros agronómicos de las uvas tintas de la variedad Monastrell

En la tabla 2 se recogen los valores medios, desviación estándar y ANOVA de producción, número de racimos/cepa, peso de los racimos y peso medio de la uva, considerando el secano (T1) y conjuntamente los tres tratamientos de riego deficitario (T2, T3 y T4). Podemos observar que los valores más bajos de estos parámetros se obtienen en secano, y que el aporte de riego deficitario los incrementó significativamente.

Tabla 2. Medias, desviación estándar y ANOVA de los parámetros agronómicos en función del riego

Tratamiento	Producción (kg/cepa)	Número de racimos/cepa	Peso racimo (g)	Peso medio de la uva (g)
Secano	3,64 ± 0,23 a	19,08 ± 1,45 a	194,10 ± 9,45 a	1,25 ± 0,07 a
Riego Deficitario	4,50 ± 0,43 b	21,74 ± 1,43 b	205,15 ± 10,11 b	1,63 ± 0,15 b
P-value	11,76	4,35	2,78	35,02
F-ratio	0,0009	0,0221	0,0492	0,0000

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

En la tabla 3 se recogen los valores medios, desviación estándar y ANOVA de los parámetros agronómicos considerando cada tratamiento por separado. Encontramos valores superiores al secano en todos los tratamientos de riego, correspondiendo a los tratamientos con agua rica en sulfatos los menores valores, no observándose diferencias entre los tratamientos con agua de buena calidad y agua con cloruros en producción, número de racimos/cepa y peso de racimo. En cambio, el peso medio de la uva es superior cuando el riego se realiza con agua de buena calidad.

Tabla 3. Medias, desviación estándar y ANOVA de los parámetros agronómicos en función de la calidad del agua de riego

Tratamiento	Producción (kg/cepa)	Número de racimos/cepa	Peso racimo (g)	Peso medio de la uva (g)
Secano	3,64 ± 0,23 a	19,08 ± 1,45 a	194,10 ± 9,45 a	1,25 ± 0,07 a
Agua buena calidad	4,72 ± 0,18 c	22,63 ± 1,75 b	213,50 ± 11,56 b	1,79 ± 0,14 c
Agua con sulfatos	4,00 ± 0,36 b	20,08 ± 1,16 ab	197,77 ± 8,85 a	1,60 ± 0,17 b
Agua con cloruros	4,78 ± 0,20 c	22,50 ± 0,87 b	208,19 ± 6,46 b	1,50 ± 0,07 b
F-ratio	19,56	3,78	8,78	28,00
P-value	0,0002	0,0361	0,0075	0,0000

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

Algunos estudios, como los de Girona et al. (2009), afirman que el estrés hídrico realizado antes del envero reduce considerablemente el peso de la baya. Este estrés afecta el peso de la uva más que el estrés hídrico impuesto solo en la fase posterior al envero (Ojeda et al., 2002) porque inhibe la división celular, mientras que el estrés posterior al envero solo puede afectar negativamente el tamaño de la uva (Coombe et al., 1976). Las diferencias observadas en la producción pueden atribuirse al mayor peso de las bayas, pero también a la mayor cantidad de racimos por cepa y a su mayor tamaño.

4.1. 2. Efecto del riego y de la calidad del agua utilizada en la madurez tecnológica de las uvas tintas de la variedad Monastrell

En la tabla 4 se recoge la densidad, el grado Brix, el pH y la acidez total de las uvas en el momento de la vendimia, considerando el secano (T1) y conjuntamente los tres tratamientos de riego deficitario (T2, T3 y T4). Podemos observar que no hay diferencias entre los tratamientos en secano, y los de riego deficitario, lo que indica que aunque el riego afectó a la producción y al tamaño del grano, estas diferencias no fueron lo suficientemente elevadas para afectar a la madurez tecnológica de la uva.

Tabla 4. Medias, desviaciones estándar y ANOVA de los parámetros relacionados con la madurez tecnológica de la uva en función del riego

Tratamiento	Densidad	° BRIX	pH	AT (g/L ex. ac. Tartárico)
Secano	1093 ± 2 a	21,71 ± 1,20 a	3,34 ± 0,05 a	5,05 ± 0,26 a
Riego Deficitario	1094 ± 1 a	22,08 ± 0,26 a	3,29 ± 0,04 a	4,91 ± 0,47 a
P-value	0,87	1,56	3,82	0,54
F-ratio	0,4642	0,2215	0,0600	0,4680

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

En la tabla 5 se recoge la densidad, el grado Brix, el pH y la acidez total de las uvas en el momento de la vendimia, considerando los cuatro tratamientos realizados. Tal como se observa, no hay diferencias entre los tratamientos para la densidad, grado Brix y pH, solo la acidez total presenta diferencias, siendo las uvas procedentes de los tratamientos de riego con agua con sulfatos, los que muestran menor acidez total. En general, observamos que los tratamientos con agua que contiene cloruro y sulfato mantienen más bajos los niveles de acidez total en comparación con lo que se obtiene con agua de buena calidad. Es posible que las sales contenidas en el agua se unan a los ácidos de las uvas al precipitar el ácido tartárico en forma de bitartrato de potasio o tartrato de calcio.

Tabla 5. Medias, desviaciones estándar y ANOVA de los parámetros relacionados con la madurez tecnológica de la uva en función de la calidad del agua de riego

Tratamiento	Densidad	° BRIX	pH	AT (g/L ex. ac. Tartárico)
Secano	1093 ± 2 a	21,71 ± 1,20 a	3,34 ± 0,05 b	5,05 ± 0,26 b
Agua buena calidad	1095 ± 1 a	22,04 ± 0,18 a	3,29 ± 0,02 b	5,26 ± 0,36 b
Agua con sulfatos	1095 ± 1 a	22,36 ± 0,72 a	3,34 ± 0,06 b	4,43 ± 0,41 a
Agua con cloruros	1094 ± 1 a	21,84 ± 0,26 a	3,26 ± 0,05 a	4,84 ± 0,34 ab
F-ratio	1,75	1,25	1,44	10,09
P-value	0,3365	0,3103	0,0645	0,0001

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

4.1.3. Efecto del riego y de la calidad del agua utilizada en la madurez polifenólica de las uvas tintas de la variedad Monastrell

En la tabla 6 se recogen los parámetros relacionados con el color: A420, A520, A620, Intensidad Colorante y concentración de antocianos, a pH 1 y pH 3,2 de las uvas en el momento de la vendimia, considerando el secano y conjuntamente los tres tratamientos de riego deficitario.

Tabla 6. Medias, desviaciones estándar y ANOVA de los parámetros relacionados con el color de la uva en función del riego

Tratamiento	A420 pH1	A520pH1	A620pH1	ICpH1	Ant pH1 (mg/L)
Secano	15,55 ± 0,56 b	47,29 ± 1,61 b	2,97 ± 0,12 b	65,82 ± 2,19 b	1126,68 ± 69,44 b
Riego Deficitario	13,19 ± 0,86 a	36,76 ± 2,78 a	2,45 ± 0,16 a	52,40 ± 3,59 a	875,04 ± 70,61 a
P-value	104,32	205,69	151,25	197,46	153,62
F-ratio	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tratamiento	A420 pH3,2	A520pH3,2	A620pH3,2	ICpH3,2	Ant pH3,2 (mg/L)
Secano	6,74 ± 0,27 b	8,73 ± 0,50 b	1,68 ± 0,10 b	17,15 ± 0,86 b	439,83 ± 29,98 b
Riego Deficitario	5,66 ± 0,45 a	6,65 ± 0,50 a	1,34 ± 0,17 a	13,65 ± 1,03 a	318,98 ± 54,45 a
P-value	81,00	209,51	54,92	148,11	71,10
F-ratio	0,0000	0,0000	0,0000	0,0067	0,0000

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

Todos los valores relacionados con el color son superiores en los tratamientos de secano, tanto con respecto a los totales como los extraíbles. Esto se debe a la menor producción, que puede ser la causa de una mayor concentración de polifenoles relacionados con el color en las uvas, a un mayor engrosamiento de las pieles y una mayor relación hollejo/pulpa. No se puede atribuir a deshidratación, ya que no observamos mayor concentración de azúcares ni ácidos en secano.

Estos resultados coinciden con los realizados por Esteban et al. (2001) y Keller (2005), quienes afirman que la concentración de antocianos es mayor en las bayas que no reciben ningún tipo de riego. Esto puede explicarse por una alteración de la biosíntesis de antocianos, que está regulada por el ácido abscísico (Deluc et al., 2009).

En la tabla 7 se recogen los parámetros relacionados con el color: A420, A520, A620, Intensidad Colorante y Antocianostoteles, a pH 1 y pH 3,2 en las uvas en el momento de la vendimia, considerando las distintas calidades de agua aplicadas en el riego deficitario.

Tabla 7. Medias, desviaciones estándar y ANOVA de los parámetros relacionados con el color de la uva en función de la calidad del agua de riego

Tratamiento	A420 pH1	A520pH1	A620pH1	ICpH1	Ant pH1(mg/L)
Secano	15,55 ± 0,56 c	47,29 ± 1,61 c	2,97 ± 0,12 c	65,82 ± 2,19 c	1126,68 ± 69,44 c
Agua Buena Calidad	12,70 ± 0,76 a	37,77 ± 2,06 b	2,44 ± 0,15 ab	52,90 ± 2,91 b	904,93 ± 47,79 b
Agua con sulfatos	13,84 ± 0,90 b	37,68 ± 3,35 b	2,53 ± 0,17 b	54,04 ± 4,41 b	893,14 ± 83,04 b
Agua con cloruros	13,04 ± 0,47 a	34,83 ± 1,64 a	2,39 ± 0,11 ab	50,26 ± 2,11 a	827,05 ± 51,83 a
P-value	54,02	91,13	58,62	81,83	65,22
F-ratio	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tratamiento	A420 pH3,2	A520pH3,2	A620pH3,2	ICpH3,2	Ant pH3,2 (mg/L)
Secano	6,74 ± 0,27 c	8,73 ± 0,50 c	1,68 ± 0,10 c	17,15 ± 0,86 c	439,83 ± 29,98 c
Agua Buena Calidad	5,90 ± 0,35 b	6,79 ± 0,47 b	1,42 ± 0,14 b	14,12 ± 0,88 b	342,68 ± 25,85 b
Agua con sulfatos	5,59 ± 0,58 a	6,77 ± 0,67 b	1,37 ± 0,22 b	13,73 ± 1,38 b	347,13 ± 28,72 b
Agua con cloruros	5,58 ± 0,29 a	6,50 ± 0,22 a	1,33 ± 0,09 a	13,41 ± 0,56 a	267,14 ± 59,04 a
P-value	33,84	71,69	22,92	54,11	54,43
F-ratio	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

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

Podemos observar que los mayores valores corresponden al secano, y los inferiores a los tratamientos regados con agua con cloruros. En cambio, no observamos diferencias en cuanto a la intensidad colorante y la concentración de antocianos, tanto totales como extraíbles, entre el riego con agua de buena calidad y el riego con agua salina con sulfatos. Es interesante constatar que en las uvas regadas con agua con cloruros, que tienen una concentración de antocianos muy inferior a las uvas regadas con agua de buena calidad y agua con sulfatos, estos participan más activamente en el color, ya que las uvas regadas con agua con cloruros manifiestan un color solo ligeramente inferior a las regadas con las otras aguas.

Hay que destacar que tanto en el color como en la concentración de antocianos, las diferencias entre el riego con agua de buena calidad y con agua salina con sulfatos es mínima, por lo que la sustitución de agua de buena calidad por agua con sulfatos, no tendría prácticamente repercusión en el color de las uvas de Monastrell.

En la tabla 8 se recogen los parámetros relacionados con los polifenoles y taninos a pH1 y pH 3,2 en las uvas en el momento de la vendimia, considerando el secano (T1) y conjuntamente los tres tratamientos de riego deficitario (T2, T3 y T4). Podemos observar, que al igual que sucedía con los parámetros relacionados con el color, los polifenoles y taninos son superiores en los tratamientos de secano, por lo que podemos decir que el riego afecta a la acumulación de polifenoles disminuyéndolos, y el estrés hídrico, por lo tanto, conduce a una mayor producción de polifenoles.

Lo mismo sucede con los taninos, tanto los totales como los condensados, con valores más altos en ausencia de riego y valores más bajos al realizar un riego deficitario. Este último resultado también se obtuvo en otros estudios (Casassa et al., 2015). A pH 3.2, los taninos de la pepita de la uva no se extraen con facilidad, ya que el medio no contiene alcohol ni es lo suficientemente ácido como para disolver la película externa de la pepita de la uva, por ese motivo la concentración de taninos extraíbles aquí determinada, corresponde mayoritariamente a taninos del hollejo.

Tabla 8. Medias, desviaciones estándar y ANOVA de los parámetros relacionados con los polifenoles y taninos de la uva en función del riego

Tratamiento	IPT pH1	Polifenoles pH1 (mg/L)	Taninos condensados pH1(mg/L)	Taninos totales pH1 (mg/L)
Secano	148,22 ± 3,03 b	5661,52 ± 405,40 b	2222,02 ± 186,65 b	3140,50 ± 189,26 b
Riego Deficitario	134,38 ± 1,86 a	4540,12 ± 386,01 a	1870,85 ± 191,87 a	2704,02 ± 190,18 a
P-value	413,37	103,15	56,80	80,73
F-ratio	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tratamiento	IPT pH3,2	Polifenoles pH3,2 (mg/L)	Taninos condensados pH3,2(mg/L)	Taninos totales pH3,2 (mg/L)
Secano	38,90 ± 4,86 b	2837,52 ± 157,26 b	1421,55 ± 100,39 b	2856,99 ± 396,83 b
Riego Deficitario	31,84 ± 4,99 a	1858,20 ± 436,35 a	789,91 ± 295,91 a	2233,61 ± 428,72 a
P-value	24,31	76,56	67,1500	26,28
F-ratio	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

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

En la tabla 9 se recogen los parámetros relacionados con los polifenoles y taninos a pH 1 y pH 3,2, en las uvas en el momento de la vendimia, considerando las distintas calidades de agua aplicadas en el riego deficitario.

Como podemos observar, el comportamiento de polifenoles y taninos es similar a lo observado para el color y los antocianos, tanto totales como extraíbles. Los valores son superiores en secano e inferiores en las uvas regadas con aguas con cloruros. En las uvas procedentes de tratamientos de riego, podemos observar que las diferencias entre las uvas regadas con agua de buena calidad y con agua con sulfatos no son significativas, especialmente cuando hablamos de concentración total de estos compuestos. En cambio, los compuestos extraíbles son ligeramente superiores en uvas regadas con agua de buena calidad, aunque estas diferencias son menores que las observadas entre las uvas regadas con agua con sulfatos y las regadas con agua con cloruros, lo que parece indicar que los cloruros del agua dificultan ligeramente la extracción de polifenoles y taninos. A pesar de ello, la sustitución de agua de buena calidad por agua con sulfatos no tendría una importante repercusión en la calidad polifenólica de las uvas de Monastrell.

Tabla 9. Medias, desviaciones estándar y ANOVA de los parámetros relacionados con los polifenoles y taninos de la uva en función de la calidad del agua de riego

Tratamiento	IPT pH1	Polifenoles pH1 (mg/L)	Taninos cond pH1 (mg/L)	Taninos totales pH1 (mg/L)
Secano	148,22 ± 3,03 b	5661,52 ± 405,40 c	2222,02 ± 186,65 c	3140,50 ± 189,26 c
Agua Buena Calidad	133,43 ± 1,46 a	4716,40 ± 317,39 b	2010,31 ± 167,85 b	2723,40 ± 214,13 b
Agua con sulfatos	134,98 ± 2,11 a	4548,60 ± 334,00 ab	1890,58 ± 152,96 ab	2786,73 ± 149,61 b
Agua con cloruros	134,73 ± 1,66 a	4355,36 ± 294,28 a	1711,67 ± 149,58 a	2601,94 ± 162,12 a
P-value	159,71	48,88	29,05	35,27
F-ratio	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tratamiento	IPT pH3,2	Polifenoles pH3,2 (mg/L)	Taninos cond pH3,2 (mg/L)	Taninos totales pH3,2 (mg/L)
Secano	38,90 ± 4,86 b	2837,52 ± 157,26 d	1421,6 ± 100,39 d	2856,99 ± 396,83 c
Agua Buena Calidad	32,23 ± 5,56 a	2313,00 ± 157,92 c	1141,16 ± 137,67 c	2477,86 ± 220,22 b
Agua con sulfatos	33,18 ± 4,62 a	1877,76 ± 251,91 b	927,58 ± 163,49 b	2376,79 ± 503,75 b
Agua con cloruros	30,12 ± 4,55 a	1383,84 ± 217,13 a	501,00 ± 62,50 a	1846,17 ± 167,41 a
P-value	9,35	153,28	180,02	22,82
F-ratio	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

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

En la tabla 10 se recoge la extractibilidad de antocianos (EA %) y la madurez de las pepitas (MP %) de las uvas en el momento de la vendimia, en función de la aplicación de riego y de la calidad del agua aplicada.

Tabla 10. Medias, desviaciones estándar y ANOVA de la extractibilidad de antocianos y la madurez de las pepitas en función de la aplicación de riego y de la calidad del agua aplicada.

Tratamiento	EA (%)	MP (%)	Tratamiento	EA (%)	MP (%)
Secano	60,76 ± 4,35 a	54,15 ± 6,32 a	Secano	60,76 ± 4,35 a	54,15 ± 6,32 a
Riego Deficitario	63,52 ± 5,94 a	58,63 ± 10,9 a	Agua Buena Calidad	61,97 ± 4,23 a	56,09 ± 9,34 a
P-value	2,92	2,38	Agua con sulfatos	60,96 ± 3,48 a	52,64 ± 9,51 a
F-ratio	0,0923	0,1276	Agua con cloruros	67,65 ± 7,27 b	67,15 ± 8,78 b
			P-value	6,64	9,40
			F-ratio	0,0000	0,0000

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

El porcentaje de extractibilidad de los antocianos es inversamente proporcional a la capacidad de los hollejos para desprender antocianos, por tanto cuanto más bajo más extraíbles

son. En nuestro estudio observamos que los antocianos de las uvas de secano son ligeramente más extraíbles que las de riego, pero estas diferencias no son significativas ya que hay variabilidad en la capacidad de extracción en función del agua utilizada. Vemos que las uvas regadas con agua con cloruros son las que tienen menor capacidad de extracción de sus antocianos, tal como observamos en su baja concentración de antocianos extraíbles. No se observan diferencias en la extractibilidad de antocianos entre las uvas de secano, y las regadas con agua de buena calidad y con agua con sulfatos.

Lo mismo sucede con el porcentaje de maduración polifenólica de las pepitas, que al ser también inversamente proporcional al grado de madurez de las pepitas, es menor en las uvas regadas con agua con cloruros, no observándose diferencias entre las uvas de secano, y las regadas con agua de buena calidad y con agua con sulfatos.

Con relación al secano, podemos establecer que sus uvas tienen mayor color y mayor concentración de polifenoles, antocianos y taninos, aunque el estrés hídrico sufrido no afectó a la extractibilidad de sus antocianos ni a la maduración de sus pepitas. En cambio, el riego con aguas salinas ricas en cloruros disminuye la acumulación de polifenoles en la uva y también su extractibilidad, por lo que aún obtendremos en el vino concentraciones más bajas que las esperadas, y también dificulta la maduración polifenólica de las pepitas.

Teniendo en cuenta estos resultados, podemos decir que el riego deficitario aplicado incrementa el rendimiento pero disminuye la concentración de polifenoles en las uvas, pero con respecto a la calidad de la uva, es posible sustituir el riego con agua de buena calidad por el riego con aguas con una conductividad eléctrica (CE) de 4,0 dS/m de sulfato básico, por lo que la utilización de aguas salinas con sulfatos podría ser una herramienta interesante en climas cálidos.

4.2. Efecto del riego y de la calidad del agua utilizada en la composición de los vinos de la variedad Monastrell

Al mismo tiempo que se muestrearon las parcelas para determinar los índices de madurez de las uvas, se vendimiaron estas para elaborar con cada una de las parcelas dos vinos, vinificándose un total de 32 vinos, en los cuales se determinó su composición una vez concluidas las fermentaciones alcohólica y maloláctica.

4.2.1. Efecto del riego y de la calidad del agua utilizada en los parámetros convencionales de los vinos de la variedad Monastrell

Tabla 11. Medias, desviación estándar y ANOVA de los parámetros convencionales de los vinos en función del riego

Tratamiento	°Alcohólico (vol/vol)	pH	AT (g/L ex. ac. tartárico)	AV (g/L ac. acético)	Azúcar residual (g/L)
Secano	12,61 ± 0,69 a	3,52 ± 0,12 a	5,65 ± 0,56 a	0,43 ± 0,06 a	1,65 ± 0,32 a
Riego Deficitario	12,72 ± 0,55 a	3,59 ± 0,12 a	5,76 ± 0,44 a	0,39 ± 0,09 a	1,40 ± 0,19 a
P-value	0,2	2,31	0,32	0,67	1,65
F-ratio	0,6567	0,1387	0,5750	0,3258	0,2345

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

En la tabla 11 se recogen los parámetros convencionales de los vinos. Vemos que al igual que observamos en las uvas, no hay diferencias en la composición convencional de los vinos de secano y considerando conjuntamente los tres tratamientos de riego.

En la tabla 12 podemos observar que tampoco hay diferencias en función de la calidad del agua en el grado alcohólico de los vinos, pH, acidez total, acidez volátil y azúcares residuales, a diferencia de las uvas, en las que encontramos algunas diferencias en su acidez en función de la calidad del agua, correspondiendo a las uvas regadas con agua de buena calidad los valores más elevados de acidez total. Pero estas diferencias, que no eran muy elevadas, se minimizaron en los vinos, ya que aunque la mayor media corresponde a los vinos procedentes de uvas regadas con agua de buena calidad, la elevada desviación estándar observada entre parcelas del mismo tratamiento hace que estas diferencias no sean significativas.

Tabla 12. Medias, desviaciones estándar y ANOVA de los parámetros convencionales de los vinos en función de la calidad del agua de riego

Tratamiento	°Alcohólico (vol/vol)	pH	AT (g/L ex. ac. tartárico)	AV (g/L ac. acético)	Azúcar residual (g/L)
Secano	12,61 ± 0,69 a	3,52 ± 0,12 a	5,65 ± 0,56 a	0,43 ± 0,06 a	1,65 ± 0,32 a
Agua buena calidad	12,98 ± 0,51 a	3,59 ± 0,12 a	5,97 ± 0,52 a	0,41 ± 0,07 a	1,16 ± 0,26 a
Agua con sulfatos	12,85 ± 0,61 a	3,64 ± 0,15 a	5,51 ± 0,46 a	0,44 ± 0,09 a	1,54 ± 0,17 a
Agua con cloruros	12,34 ± 0,31 a	3,56 ± 0,07 a	5,80 ± 0,18 a	0,32 ± 0,11 a	1,51 ± 0,18 a
F-ratio	2,10	1,00	1,86	1,48	1,86
P-value	0,1226	0,4069	0,1596	0,2560	0,1596

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

4.2.2. Efecto del riego y de la calidad del agua utilizada en los parámetros polifenólicos de los vinos de la variedad Monastrell

Las tablas 13 y 14 muestran los valores de los parámetros relacionados con el color en los vinos elaborados, tales como la componente amarilla, roja y azul, la Intensidad Colorante y el Tono.

Tabla 13. Medias, desviación estándar y ANOVA de los parámetros del color de los vinos en función del riego

Tratamiento	A420	A520	A620	IC	TONO
Secano	2,58 ± 0,54 a	3,30 ± 0,75 b	0,69 ± 0,20 b	6,56 ± 1,41 b	78,82 ± 6,59 a
Riego Deficitario	2,32 ± 0,47 a	2,29 ± 0,80 a	0,29 ± 0,23 a	4,90 ± 1,26 a	109,26 ± 34,30 b
F-ratio	3,27	19,56	39,81	19,68	12,31
P-value	0,0755	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

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

Tabla 14. Medias, desviaciones estándar y ANOVA de los parámetros del color de los vinos en función de la calidad del agua de riego

Tratamiento	A420	A520	A620	IC	TONO
Secano	2,58 ± 0,54 b	3,30 ± 0,75 c	0,69 ± 0,20 c	6,56 ± 1,41 c	78,82 ± 6,59 a
Agua buena calidad	2,07 ± 0,49 a	2,55 ± 1,02 b	0,51 ± 0,27 b	5,13 ± 1,75 b	85,88 ± 14,44 ab
Agua con sulfatos	2,47 ± 0,44 b	2,67 ± 0,53 b	0,22 ± 0,08 a	5,36 ± 0,95 b	93,90 ± 13,17 b
Agua con cloruros	2,43 ± 0,38 b	1,66 ± 0,20 a	0,13 ± 0,04 a	4,21 ± 0,45 a	147,98 ± 29,52 c
F-ratio	3,55	15,19	35,81	9,71	49,96
P-value	0,0196	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

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

Se puede observar que el tratamiento de secano da lugar a los vinos más coloreados, correspondiendo los valores inferiores a los vinos obtenidos de uvas regadas, tal como observamos en las uvas al determinar su madurez fenólica.

Si comparamos los vinos en función de la calidad de agua aplicada en el riego, vemos que existen ciertas diferencias, ya que el agua de buena calidad mantiene bajo el componente amarillo y el Tono, lo que nos indica que estos vinos tienen menos tendencia a la oxidación, los vinos procedentes de agua con sulfatos mantienen mejor los tonos rojos y la intensidad colorante que los procedentes de riego con otras aguas, y las uvas regadas con agua con cloruros son los que más perjudican al color del vino, ya que tienen muy disminuido el componente rojo y proporcionalmente muy elevado el amarillo, lo que ocasiona un Tono muy alto, que indica que en esos vinos ya se han producido fenómenos de oxidación. Esta oxidación precoz ocasionada por la presencia de cloruros, se puede atribuir al efecto fito-tóxico que se aprecia en las plantas cuando hay una acumulación importante de cloruros, que puede afectar a la composición en metales de los vinos, y estos intervenir en reacciones de oxidación precoz (Bonet y Ricardo, 2011).

La tabla 15 muestra la concentración de polifenoles en los vinos elaborados. Se puede observar que para todos ellos, el tratamiento de secano da lugar a los vinos más concentrados, tal como observamos en las uvas y como puso de manifiesto López (2019) en un estudio realizado en la misma parcela durante el año 2019.

Tabla 15. Medias, desviación estándar y ANOVA de los parámetros relacionados con la concentración polifenólica de los vinos en función del riego

Tratamiento	Antocianos (mg/L)	Polifenoles (mg/L)	IPT	Taninos totales (mg/L)	Taninos condensados (mg/L)
Secano	227,96 ± 34,13 b	2059,20 ± 85,87 b	13,89 ± 1,61 b	1277,50 ± 85,91 b	1116,07 ± 107,04 b
Riego Deficitario	181,92 ± 24,41 a	1757,40 ± 235,72 a	12,56 ± 1,62 a	1185,27 ± 128,31 a	1029,37 ± 100,57 a
F-ratio	54,16	39,49	12,48	10,99	14,08
P-value	0,0000	0,0000	0,0006	0,0013	0,0003

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

En la tabla 16 se recoge el impacto de los diferentes tratamientos de riego aplicados a la vid en los polifenoles, mostrando que todos los tratamientos de riego aplicados dan lugar a vinos con menor concentración polifenólica, correspondiendo los valores inferiores de polifenoles totales y taninos totales a los vinos obtenidos de uvas regadas con agua con cloruros. En cuanto a la calidad del agua, no hay diferencias significativas en la concentración de antocianos, alcanzando valores superiores en secano.

Tabla 16. Medias, desviaciones estándar y ANOVA de los parámetros relacionados con la concentración polifenólica de los vinos en función de la calidad del agua de riego

Tratamiento	Antocianos (mg/L)	Polifenoles (mg/L)	IPT	Taninos totales (mg/L)	Taninos condensados (mg/L)
Secano	227,96 ± 34,13 b	2059,20 ± 85,87 c	13,89 ± 1,61 b	1277,50 ± 85,91 c	1116,07 ± 107,04
Agua buena calidad	190,20 ± 25,68 a	1912,20 ± 70,75 b	12,85 ± 1,42 a	1212,36 ± 89,71 b	998,15 ± 78,00
Agua con sulfatos	169,25 ± 27,35 a	1871,40 ± 149,00 b	12,62 ± 1,78 a	1265,34 ± 132,59 bc	1060,09 ± 95,68
Agua con cloruros	184,56 ± 11,61 a	1473,36 ± 134,78 a	12,18 ± 1,63 a	1074,27 ± 72,31 a	1022,18 ± 113,54 a
F-ratio	22,05	114,17	4,88	21,77	6,41
P-value	0,0000	0,0000	0,0034	0,0000	0,0025

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

Las tablas 17 y 18 muestran los valores de los parámetros relacionados con la calidad polifenólica. No se observan diferencias entre los vinos de uvas en secano y las uvas irrigadas consideradas conjuntamente ni en la concentración de catequinas y ortohidroxifenoles, ni en los

índices que valoran la calidad de los taninos. En cambio, podemos observar que la concentración de catequinas y ortodifenoles, compuestos relacionados con la oxidación de los vinos, es superior en los vinos procedentes de uvas regadas con agua con cloruros, quizás por su potencial toxicidad (Bonet y Ricardo, 2011), pudiendo relacionarse esto con los valores elevados de A420 y Tono observados en estos vinos.

Tabla 17. Medias, desviación estándar y ANOVA de los parámetros relacionados con la calidad de los polifenoles de los vinos en función del riego

Tratamiento	Catequinas (mg/L)	Ortodioxifenoles (mg/L)	Índice de PVPP (%)	Índice de DMACH (%)	Índice de Etanol (%)
Secano	37,54 ± 8,27 a	344,86 ± 66,66 a	35,85 ± 5,44 a	35,93 ± 8,47 a	43,30 ± 11,33 a
Riego Deficitario	40,06 ± 8,60 a	325,28 ± 64,41 a	35,89 ± 10,08 a	32,02 ± 6,61 a	43,34 ± 8,25 a
F-ratio	0,46	0,43	0,75	1,98	0,18
P-value	0,5039	0,5177	0,8451	0,0618	0,9814

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

Tabla 18. Medias, desviaciones estándar y ANOVA de los parámetros relacionados con la calidad de los polifenoles de los vinos en función de la calidad del agua de riego

Tratamiento	Catequinas (mg/L)	Ortodioxifenoles (mg/L)	Índice de PVPP (%)	Índice de DMACH (%)	Índice de Etanol (%)
Secano	37,54 ± 8,27 b	344,86 ± 66,66 a	35,85 ± 5,44 a	35,93 ± 8,47 a	43,30 ± 11,33 a
Agua buena calidad	34,83 ± 9,00 ab	321,59 ± 74,67 a	37,53 ± 11,47 a	32,28 ± 8,12 a	44,62 ± 8,42 a
Agua con sulfatos	32,16 ± 4,18 b	301,35 ± 33,72 a	34,24 ± 6,33 a	32,89 ± 5,60 a	46,97 ± 9,10 a
Agua con cloruros	38,78 ± 10,92 c	352,71 ± 94,08 a	32,24 ± 5,71 a	30,81 ± 6,06 a	38,49 ± 5,89 a
F-ratio	3,86	1,87	1,91	2,16	2,38
P-value	0,0374	0,1198	0,6659	0,0977	0,0750

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

Con respecto al Índice de PVPP, que valora la combinación de antocianos con taninos, y al Índice de Etanol, que valora la unión de taninos con polisacáridos, los valores más bajos se encuentran en los vinos procedentes de uvas regadas con agua con cloruros, tal como observó López (2019), aunque esas diferencias no son significativas debido a las grandes diferencias entre los vinos de las parcelas del mismo tratamiento. Este menor grado de polimerización de los taninos y antocianos en las uvas de aguas con cloruros puede estar relacionada con la extractabilidad de los antocianos, que es inferior en las uvas regadas con agua con cloruros, y esto puede ocasionar una dificultad inicial para combinarse con los taninos. En cuanto al Índice de Dmach y Etanol, que valora la unión de taninos entre sí y de polisacáridos y taninos, puede estar relacionado con la menor madurez de las pepitas observada en las uvas, y esta menor madurez implica menor grado de polimerización de los taninos de pepita y menor facilidad para combinarse con polisacáridos y antocianos.

Por todo ello, viendo los resultados obtenidos en los vinos, podemos afirmar que en esta cosecha, el secano favoreció la acumulación de polifenoles en la uva y su presencia en el vino, aunque disminuyó la producción el número de racimos por cepa y el peso medio de racimos y uvas. Pero si se pretende mejorar el rendimiento, aún a expensas de una menor concentración polifenólica, la sustitución de agua de buena calidad por agua salinizada con sulfatos no tendría repercusión en la calidad de la uva. En cambio, no sería recomendable la utilización de agua con cloruros, no solo por su efecto negativo en los polifenoles, si no también por su fitotoxicidad inmediata y a largo plazo, por acumulación de estas sales en el suelo, tanto en la composición como en la productividad de los viñedos.

5. CONCLUSIONES

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

1. Los valores más bajos de producción, número de racimos/cepa, peso de los racimos y peso medio de la uva se obtienen en secano, incrementándose significativamente el aporte de riego deficitario, especialmente la producción cuando el riego se realiza con agua con cloruros.
2. No hay diferencias en densidad, grado Brix, pH y acidez total de las uvas en el momento de la vendimia, entre los tratamientos en secano, y los de riego deficitario. Considerando la calidad del agua de riego, solo la acidez total presenta diferencias, siendo las uvas procedentes de los tratamientos de riego con agua de buena calidad las de mayor acidez.
3. Con relación al secano, podemos establecer que sus uvas tienen mayor color y mayor concentración de polifenoles, antocianos y taninos, aunque el estrés hídrico sufrido no afectó a la extractibilidad de sus antocianos ni a la maduración de sus pepitas. En cambio, el riego con aguas salinas ricas en cloruros disminuye la acumulación de polifenoles en la uva y también su extractibilidad, y también dificulta la maduración polifenólica de las pepitas.
4. Teniendo en cuenta estos resultados, podemos decir que el riego deficitario aplicado incrementa el rendimiento pero disminuye la concentración de polifenoles en las uvas, pero con respecto a la calidad del agua, es posible sustituir el riego con agua de buena calidad por el riego con agua con una conductividad eléctrica (CE) de 4,0 dS/m de sulfato básico, por lo que la utilización de aguas salinas podría ser una herramienta interesante en climas cálidos.
5. Los vinos obtenidos con estas uvas muestran un comportamiento similar al observado en la composición fenólica de las uvas, correspondiendo el mayor color y la mayor concentración polifenólica a los vinos de secano.
6. El riego deficitario con aguas salinas con cloruros da lugar a vinos ligeramente oxidados, con un mayor valor de A420, mayor tono, mayor concentración de catequinas y ortohidroxifenoles y menor concentración de polifenoles totales. El riego deficitario con agua de buena calidad o con sulfatos disminuye la concentración polifenólica en menor medida que el agua rica en cloruros.
7. La sustitución de agua de riego de buena calidad por agua de riego con sulfatos no tiene una repercusión negativa en la calidad de la uva y del vino, y en cambio permitiría el aprovechamiento de estas aguas procedentes de las depuradoras.
8. Dado que la bibliografía existente sobre el efecto de la salinidad del agua en las uvas es casi inexistente, las conclusiones de trabajo deben ser avaladas durante varias añadas, para poder confirmar los resultados obtenidos.
9. Como estos resultados se limitan a una sola variedad de uva, la Monastrell, solo pueden tomarse como base de la investigación para esta variedad, dada la gran variabilidad en las respuestas de los viñedos a diferentes variedades de uva.
10. Para establecer conclusiones definitivas en este estudio, es necesario 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 y en las bayas.

6. BIBLIOGRAFÍA

Adams, D.O., Chassy, A.W., Laurie, V.F., Waterhouse, A.L. 2012. Tracing phenolic biosynthesis in *Vitis vinifera* via in situ C-13 labeling and liquid chromatography–diode-array detector–mass spectrometer/mass spectrometer detection. *Anal. Chim. Acta* 747, 51–57.

Aragués, R., Medina, E.T., Claveria, I., Martinez-Cob, A., Faci, J. 2014. Regulated deficit irrigation, soil salinization and soil sodification in atable grape vineyard drip-irrigated with moderately saline waters. *Agricultural Water Management* 13484-93.

Barbieri G., De Pascale S., 1992. Salinità dell'acqua di irrigazione e colture ortofloricole. *Colture Protette* n.2.

Bartolomé, M.C. 1993. Respuestas de la vid (*Vitis vinifera* L.) a condiciones de estrés hídrico: efectos sobre las relaciones agua-planta, el crecimiento, la producción y localidad (cv. Tempranillo). Tesis Doctoral del Dto. de Producción Vegetal: Fitotecnia. Universidad Politécnica de Madrid. 443 p.

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).

Blouin, J. 1977. Manuel pratique d'analyse des moûts et des vins. *Chambre d'Agriculture de la Gironde*.

Blouin, J., Guimberteau, G., & Vidal Ragoût, J. 2004. Maduración y madurez de la uva. Madrid [etc.]: Mundi-Prensa.

Bonet, C., Ricardo, M. 2011. Quality of irrigation water and its possible effect in the agricultural yields in Sierra Cubitas Crop Enterprise. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20 (3), 19-23.

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.

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.

Castellarin, S.D., Matthews, M.A., Gaspero, G.D., Gambetta, G.A., 2007. Water deficits accelerate ripening and induce changes in gene expression regulating flavonoid biosynthesis in grape berries. *Planta* 227 (1), 101–112.

Chapman DM, Roby G, Ebeler SE, Guinard JX, Matthews MA. 2005. Sensory attributes of Cabernet Sauvignon wines made from vines with different water status. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2005;11:339–347.

- Chassy, A.W., Adams, D.O., Laurie, V.F., & Waterhouse, A.L. 2012. Tracing phenolic biosynthesis in *Vitis vinifera* via in situ C-13 labeling and liquid chromatography-diode array detector-mass spectrometer/mass spectrometer detection. *Acta, Anal. Chim.*
- Coombe, B.G. 1976 The development of fleshy fruits. *Annual Review of Plant Physiology* 27, 207-228.
- Costa, J.M., Vaz, M., Escalona, J., Egipto, R., Lopes, C. 2016. Modern viticulture in southern Europe: vulnerabilities and strategies for adaptation to water scarcity. *Agric. Water Manag.* 164 (1), 5-18.
- Cramer, G.R., Ergül, A., Grimplet, J., Tillett, R.L., Tattersall, E.A.R., Bohlman, M.C., Vincent, D., Sonderegger, J., Evans, J., Osborne, C., 2011. Water and salinity stress in grapevines: early and late changes in transcript and metabolite profiles. *Funct. Integr. Genom.* 7, 111-134.
- Deluc, L.; Quilici, D.; Decendit, A.; Grimplet, J.; Wheatley, M.; Schlauch, K.; Merillon, J.-M.; Cushman, J.; Cramer, G. 2009. Water deficit alters differentially metabolic pathways affecting important flavor and quality traits in grape berries of cabernet sauvignon and chardonnay. *BMC Genomics*, 10, 212-219.
- Dry, P.R., B.R. Loveys, M.G. McCarthy, M. Stoll 1998 Strategic irrigation management in Australian vineyards. *J. Int. Sci. Vigne Vin* 35: 129-139.
- Dry, P.R., B.R. Loveys, M.G. McCarthy, and M. Stoll. 2001. Strategic irrigation management in Australian vineyards. *J. Int. Sci. Vigne Vin* 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.
- Fisarakis, I., Chartzoulakis, K., and Stavarakas, D. 2001 Response of Sultana vines (*V. vinifera* L.) on six root stocks to NaCl salinity exposure and recovery. *Agricultural Water Management*, 51, 13–27.
- Flanzy, M. Aubert, S. 1969. Evaluation of phenolic compounds in white wines. A comparative study of some wines from *Vitis vinifera* and from interspecific direct producer hybrids. *Ann. Technol. Agric.*, 18, 27-44.
- Garrido, Jorge; Borges, Fernanda Wine and grape polyphenols. A chemical perspective. 2013. *Food Research International*, Vol. 54(2), 1844-1858.
- Giner Gonzalbez, J. F., M. Giménez, S. García, M. A. Oltra, M. Ferrandez, J. Niñerola, L. Arciniega y C. Martín. 2007. Efecto del estrés hídrico aplicado en distintos periodos de desarrollo de la vid cv. Cabernet Sauvignon en la producción y calidad del vino.
- Glories, Y. 1978. Recherches sur la matière colorante des vins rouges. Thèse à L'Université de Bordeaux II.
- Gories, Y. 1984. La couleur des vins rouges. 2^a Partie: Mesure, origine et interpretation. *Conn. Vigne Vin*, 18, 4, 253-271.

- Gutiérrez, D. 2002. Necesidades de riego en la vid. Tesis Doctoral. Escuela Universitaria Ingeniería Técnica Agrícola de Madrid.
- Hanlin R.L., Downey M.O. 2009. Condensed tannin accumulation and composition in skin of Shiraz and Cabernet Sauvignon grapes during berry development. *Am. J. Enol. Vitic.*, (60:1), 13-23.
- Hardie, W.J., Considine, J.A. 1976. Response of Grapes to Water-Deficit Stress in Particular Stages of Development. *Am J Enol Vitic.*, 27: 55-61.
- He, F., Mu, L., Yan, G. -L., Liang, N. -N., Pan, Q. -H., Wang, J., et al. 2010. Biosynthesis of anthocyanins and their regulation in colored grapes. *Molecules*, 15(12), 9057–9091.
- Hidalgo, J. 2003. Tratado de enología, tomo I. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Intrigliolo Molina, D.S.; Castel Sánchez, J.R.. 2007. Efectos del riego sobre la producción y calidad del vino en la vid cv. "Tempranillo" en Utiel-Requena. *Agrícola vergel: Fruticultura, horticultura, floricultura*, ISSN 0211-2728, 305, 265-269.
- Keller, M., Smithyman, R.P., Mills, L.J. 2005, Interactive effects of deficit irrigation and crop load on Cabernet Sauvignon in an arid climate. *Am. J. Enol. Vitic.* 59, 221–234.
- 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. FoodSci. Nutr.* 50, 620–643.
- Koundouras S., Hatzidimitriou E., Karamolegkou M., Dimopoulou E., Kallithraka S., Tsiatas 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.
- 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>.
- 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.
- Lissarrague, J.R. 1986. Estudio de los efectos del riego en la producción, desarrollo vegetativo, calidad del mosto y nutrición mineral en la vid. Tesis Doctoral. Dpto. Producción Vegetal. Universidad Politécnica de Madrid. 223 p.

- Lisarrague, J.R. 2008. El control del riego en la calidad del vino. Fundación para la cultura del vino (Ed.). Control del viñedo en los vinos de calidad. V Encuentro Enológico, Madrid, 155-163.
- López Huerta, P. 2019. Influencia de la calidad del agua de riego en la composición polifenólica de los vinos Monastrell. TFG Universidad Politécnica de Valencia.
- Matthews, M.A.; Anderson, M.M.; Schultz, H.R. 1988. Phenologic and growth responses to early and late season water deficits in Cabernet franc. *Vitis*, 26: 147-160.
- McCarthy, M.G. 1997. Irrigation management to improve winegrape quality-nearly 10 years on. *Aust. N.Z. GrapegrowerWinemaker*, 414, 65-71.
- Mol J., Jenkins G.I., Schaefer E., Weiss D. 1996. Signal perception, trasduction, and gene expression involved in anthocyanin biosynthesis. *Crit. Rev. Plant Sci.*, 15:525-557.
- Mori K., Goto-Yamamoto N., Kitayama M., Hashizume K. 2007. Loss of anthocyanins in red wine grape under high temperature. *J. of Experimental Botany*, 58 (8), 1935-1945.
- Munns, R., 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environ*, 25:239–250.
- Netzer, Y., Shenker, M. and Schwartz, A. 2014 Effects of Irrigation Using Treated Wastewater on Table Grape Vineyards: Dynamics of Sodium Accumulation in Soil and Plant. *Irrigation Science*, 32, 283-294.
- Pérez Bartolomé, M.A. 2002. Densidad de plantación y riego: aspectos ecofisiológicos, agronómicos y calidad de la uva en cv. Tempranillo (*vitis vinifera* L.). Tesis Doctoral, Universidad politécnica de Madrid, pg. 284.
- Pompei, C. and Peri, C. 1971. Determinations of catechins in wines. *Vitis*, 9, 312-316.
- Rentzsch, M, Wilkens, A, & Winterhalter, P. 2009. Non-flavonoid Phenolic Compounds. (L. Springer Science+Business Media, Éd.) *Wine Chemistry and Biochemistry*, 509-529.
- Ribereau-Gayon, P. 1979. Le dosage des anthocyanes dans le vins rouge. *Bull. Soc.Chim.*, 9, 2649-2653.
- Roby, G., Harbertson, J.F., Adams, D.A., Matthews, M.A. 2004. Berry size and vine water deficits as factors in winegrape composition: Anthocyanins and tannins. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 10, 100–107.
- 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.
- Saint-Cricq De Gaulejac N., Vivas N., Glories Y., 1999. Maduración fenólica de la suvas tintas. Relación con la calidad de los vinos. Comparación entre los vidueños Merlot y Tempranillo (II). *La Semana Vitivinícola*, 2748, 1126-1136.
- Vivas, N.; Glories, Y. 1995. Racking of red wine matured in barrels. A tentative classification of racking techniques. *Australian and New Zealand Wine Industry Journal*, 10, 241-243.

Walker, R.R., Blackmore, D.H., Clingeleffer, P.R., Iacono, F. 1997. Effect of salinity and Ramsey rootstock on ion concentrations and carbon dioxide assimilation in leaves of drip-irrigated, field-grown grapevines (*Vitis vinifera* L. cv. Sultana). *Australian Journal of Grape and Wine Research* 3, 66–74.

Williams, L.E. and Matthews, M.A. 1990. Grapevine, 1019-1055. In, *Irrigation of Agricultural Crops*. B.A. Stewart and D.R. Nielsen (Eds.), *Agronomy Monograph*.

Williams L.E., Baeza P. 2007. Relationships among ambient temperature and vapor pressure deficit and leaf and potentials of fully irrigated, field-grown grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.* 58(2):173-180.

Yuste, J. 1995. Comportamiento fisiológico y agronómico de la vid (*Vitis vinifera* L.) en diferentes sistemas de conducción en secano y regadío. Tesis Doctoral, Dpto. Producción vegetal: Fitotecnia. Universidad Politécnica de Madrid. 280 p.