



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica
y del Medio Natural

EFFECTOS DE LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO
USADO EN EL VIÑEDO SOBRE LA COMPOSICION
AROMÁTICA DE VINOS DE LA VARIEDAD
MONASTRELL

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Ingeniería Agronómica

AUTOR/A: Sánchez Giménez, Jaime

Tutor/a: García Esparza, M^a José

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓ-
MICA Y DEL MEDIO NATURAL**

MÁSTER EN INGENIERÍA AGRONÓMICA

**EFFECTOS DE LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO USADO EN
EL VIÑEDO SOBRE LA COMPOSICION AROMÁTICA DE VINOS
DE LA VARIEDAD MONASTRELL**

Trabajo final de máster

Presentado por:
Jaime Sánchez Giménez

Director Académico:
D^a. M^a José García Esparza

Valencia, Octubre 2019-2022

Título: EFECTOS DE LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO USADO EN EL VIÑEDO SOBRE LA COMPOSICION AROMÁTICA DE VINOS DE LA VARIEDAD MONASTRELL

Resumen:

El riego es utilizado para paliar el déficit hídrico, sin embargo, dicha irrigación a largo plazo puede producir la salinidad del suelo. 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. Por consiguiente, con el paso del tiempo las raíces de la vid se verán enfrentadas a un aumento de la salinidad y un déficit hídrico que frenará su crecimiento dificultando el rendimiento de la vid y, por tanto, la sostenibilidad del viñedo.

La reutilización del agua puede considerarse como una alternativa rentable en la agricultura. Esta práctica consiste en mezclar "agua de buena calidad" con una de otras características, un poco inferiores como puede ser que tengan un porcentaje de sales elevado.

El objetivo del trabajo es estudiar el efecto de la utilización de 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, sobre la composición aromática de los vinos elaborados a partir de estas uvas procedentes de los distintos protocolos de riego.

Palabras clave: Monastrell, riego, salinidad, efecto osmótico, secano, composición aromática, vino

Title: EFFECTS OF THE QUALITY WATER IRRIGATION USED IN THE VINEYARD ABOUT THE AROMATIC COMPOSITION OF WINES OF THE MONASTRELL VARIETY

Abstract

The irrigation is used to palliate the water deficit, but this irrigation in the long term could result in an excessive soil salinity. An overconcentration of salt in the irrigation water inhibits the plant to grow in two ways: firstly, by limiting the absorption of water, causing an osmotic effect or water deficit causing an osmotic effect or water deficit that is caused by the increase in the concentration of solutes in the soil; and the second by limiting the ionic absorption which damages the cells and results in an ionic stress. Consequently, in the long run, the roots of the vine will face an increase on their salinity levels and a water deficit that will eventually slow down and reduce its growth, worsening the vine's performance and therefore the sustainability of the vineyard.

Reusing water can be considered as a profitable alternative in agriculture. This practice consists in mixing "high quality water" with another one of worse characteristics, could be for example with a higher salts percentage.

The objective of the dissertation is to study the effect of the use of unconventional waters from the purification of municipal discharges to reduce the water deficit of the soil from which dry vineyards are affected on the wines aromatic composition made out of these grapes from the different irrigation protocols.

Key words: Monastrell, irrigation, salinity, osmotic effect, rainfed, aromatic composition, wine.

Agradecimientos

Quiero dar las gracias a mis padres y a mis hermanos, por su esfuerzo y cariño, por haberme apoyado, aconsejado y guiado, incondicionalmente, cuando lo he necesitado. Por todo ello y porque por ellos soy quien soy y estoy donde estoy.

A mis amigos, por haberme echado una mano cuando la he necesitado, además de todo el apoyo recibido.

A Doña M^a José García Esparza, tutora de este proyecto, por sus consejos, ayuda y paciencia conmigo.

Gracias a todos.

ÍNDICE GENERAL

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	LA VID	1
1.2	LA VARIEDAD MONASTRELL.....	1
1.3	CICLO VEGETATIVO DE LA VID.....	2
1.4	EL RIEGO EN LA VID	3
1.5	LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO EN LA VID Y EFECTOS SOBRE EL AROMA DE LOS VINOS.....	4
2.	MATERIALES Y MÉTODOS	7
2.1	LOCALIZACIÓN	7
2.2	MATERIALES.....	7
2.3	DISEÑO EXPERIMENTAL	8
2.4	VINIFICACIÓN.....	10
2.5	DETERMINACIÓN DE LA MADUREZ TECNOLÓGICA.....	11
2.6	DETERMINACIÓN DE LOS COMPUESTOS VOLÁTILES.....	12
2.7	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.....	12
3.	OBJETIVOS.....	12
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
4.1	EFECTO DEL RIEGO DEFICITARIO Y DE LA CALIDAD DEL AGUA UTILIZADA EN LOS PARÁMETROS CONVENCIONALES DE LOS VINOS DE LA VARIEDAD MONASTRELL	14
4.2	EFECTOS DE LA APLICACIÓN DE RIEGO DEFICITARIO Y DE LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO SOBRE LOS PRINCIPALES COMPUESTOS AROMÁTICOS DE LAS UVAS.	14
4.3	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	17
4.4	ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES.....	24
5.	CONCLUSIONES	27
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	28

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. Fases correspondientes a las del clima de la región de Jumilla (Hidalgo et al, 2002)	2
Tabla 2. Clasificación del agua de riego de la vid respecto su uso y la conductividad eléctrica. (Fuente: Hidalgo, 2011I).....	5
Tabla 3. Tipos de tratamiento realizados.	9
Tabla 4. Tratamientos aplicados y agrupación de los mismos para la realización del estudio.	13
Tabla 5. Medias, desviación estándar y ANOVA de los parámetros convencionales de los vinos en función del riego.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 6. Medias, desviaciones estándar y ANOVA de los parámetros convencionales de los vinos en función de la calidad del agua de riego.	14
Tabla 7. Valores medios, desviación estándar y ANOVA de los compuestos volátiles de los vinos de Monastrell en función de la irrigación de las uvas (mg/L).....	15
Tabla 8. Valores medios, desviación estándar y ANOVA de los compuestos volátiles de los vinos de Monastrell en función de la calidad del agua utilizada para regar las uvas (mg/L)	16

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Ciclo vegetativo de la vid (Fuente: Blouin et al., 2004).	3
Figura 2. Fracción de requerimientos hídricos según el período del ciclo de la Vid (Hidalgo, 2006).....	3
Figura 3. Situación de la parcela.	7
Figura 4. Sistema de cultivos de las cepas.	8
Figura 5. Croquis del diseño experimental.	8
Figura 6. Proceso de elaboración de los vinos.	10
Figura 7. Proceso de cromatografía de papel.	11
Figura 8. Concentración de Ác. Isobutírico, Ác. Isopentanoico, Ác Hexanoico, Ác. 2-Etil-Hexanoico, Ác. Octanoico y Ác. Decanoico en uvas con los distintos tratamientos de riego (mg*L-1).....	18
Figura 9. Concentración de 1-Propanol, Alcohol Isoamílico, Cis-3-Hexanol, 1 Heptanol, 2-3 Butanodiol, Alcohol Bencílico y 2-Feniletanol en uvas con los distintos tratamientos de riego (mg*L-1).....	20
Figura 10. Concentración de Acetaldehído en uvas con los distintos tratamientos de riego (mg*L-1).	20
Figura 11. Concentración de Acetato de isobutilo, Butirato de etilo, Isovaleriato de etilo, Hexanoato de etilo, Acetato de hexelio, Acetato de metilo, Decanoato de etilo, Acetato de etilo, 2-Feniletacetato en uvas con los distintos tratamientos de riego (mg*L ⁻¹).....	22
Figura 12. Concentración de α -Ionona en uvas con los distintos tratamientos de riego (mg*L ⁻¹).	23
Figura 13. Concentración de Benzaldehído en uvas con los distintos tratamientos de riego (mg*L ⁻¹).	23
Figura 14. Análisis de Componentes principales (Componente 1 frente a 2) realizado sobre los compuestos volatiles identificados en los vinos procedentes de diferentes estrategias de riego:secano y riego deficitario. a) gráfico de puntuaciones (scores), b) gráfico de cargas (loadings).	25

Figura 15. Análisis de Componentes principales (Componente 1 frente a 2) realizado sobre los compuestos volátiles identificados en los vinos procedentes de riego con agua de buena calidad y aguas salinas a base de sulfatos y cloruros. a) gráfico de puntuaciones (scores), b gráficos de cargas (loadings)..... 26

1. INTRODUCCIÓN

1.1 La Vid

La vid, también conocida como cepa o parra, es una planta trepadora, leñosa, de la especie '*Vitis vinifera*' cuyo fruto es la uva y a partir del cual se elabora el vino. Llamamos viña o viñedo al grupo de estas claramente delimitado por una finca o parcela. Es una planta perenne de carácter caducifolio anual, que no entra en producción hasta el tercer o cuarto año después de la plantación y que puede permanecer en el terreno hasta 100 años.

La planta de vid consta de dos partes claramente diferenciadas: una subterránea y una aérea.

La primera está formada por el sistema radicular donde las raíces aseguran el anclaje de la planta al suelo y se encargan de nutrir a la planta con la absorción del agua y los elementos minerales. La parte aérea está formada por el tronco, brazos y sarmientos, los cuales portan a su vez las hojas, yemas, frutos y zarcillos.

El tallo está originado por la actividad de las yemas, encargadas de la renovación y perennidad de la vid; y entre sus funciones destacan el soporte y distribución de los órganos aéreos y la acumulación de sustancias de reserva.

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

1.2 La Variedad Monastrell

Es una cepa de origen español, que se encuentra extendida por todo el litoral mediterráneo. Es una variedad de gran rusticidad, elevada resistencia a la sequía y necesita buena insolación (D.O. Jumilla)

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

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

Esta variedad es muy resistente a la sequía, y es capaz de sobrevivir en condiciones de déficit hídrico. El exceso de lluvia o riego provocan un gran desarrollo vegetativo en la vid, asociado a un mayor rendimiento por el gran tamaño de las bayas, pero con una calidad baja por ralentizar la maduración, reducción del contenido de sólidos solubles totales, elevación del pH del mosto y reducción de las antocianinas y polifenoles en general. Sin embargo, el estrés hídrico severo puede ser perjudicial para conseguir una producción aceptable, tanto en cantidad como en calidad de uva. En las situaciones de estrés

hídrico severo, la planta tiende a disminuir fuertemente la actividad fotosintética, produciendo una reducción del peso de la baya, de los sólidos solubles totales y de otros parámetros, retrasando así la maduración de las uvas (Barreales et al., 2018).

1.3 Ciclo vegetativo de la Vid

El ciclo vegetativo anual de la vid se puede dividir en 4 fases principales, características de la zona donde se desarrolla. A continuación, y en la Tabla 1, se muestran las fases correspondientes a las del clima de la región de Jumilla (Hidalgo, 2002), seguido de la Figura 1 donde se muestra el ciclo vegetativo de la vid (Blouin et al., 2004):

Tabla 1. Fases correspondientes a las del clima de la región de Jumilla (Hidalgo et al, 2002)

Nº de fase	% del Ciclo Vegetativo	Descripción
Fase I. Inicio de la brotación a cuajado.	20%	El producto de la fotosíntesis va principalmente a la formación de los sarmientos, hojas, raíces e inflorescencias. La restricción hídrica en esta fase no es recomendable.
Fase II. De cuajado a enverado.	50%	La materia seca, sirve para la reserva de madera vieja, raíces, agostamiento de los sarmientos y la constitución de las pepitas. Durante el transcurso de esta fase, el estrés hídrico moderado, reduce la actividad y por tanto el crecimiento de los sarmientos.
Fase III. De enverado a maduración	20%	Tiene lugar la formación de los racimos. Durante esta fase es de gran importancia detener la actividad de crecimiento de la vid con el objetivo de que no se produzca una competencia directa con la formación de los racimos. Por ello es imperativo controlar los aportes de agua generando un leve estrés hídrico sin afectar a la fotosíntesis.
Fase IV. De vendimia a agostado.	10%	Tras la vendimia la planta continua con la actividad fotosintética hasta que las condiciones medioambientales lo permiten, acumulando así las reservas en la madera de la vid. Estas son de gran importancia para la brotación en el siguiente año y por ello en este período no deben padecer ningún estrés hídrico.

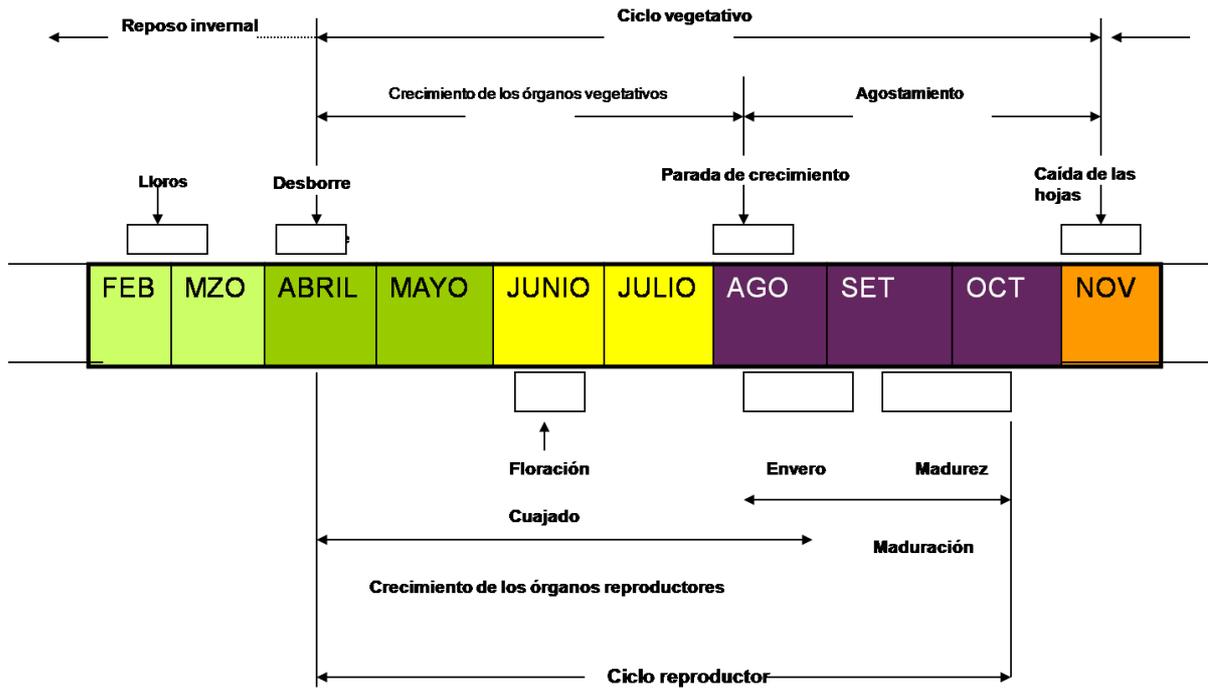


Figura 1. Ciclo vegetativo de la vid (Fuente: Blouin et al., 2004).

1.4 El riego en la Vid

Para el control del vigor en la vid uno de los factores clave es el riego. Esta herramienta solo se debe usar para favorecer el desarrollo cualitativo de las bayas y no para favorecer el aumento de la cosecha, lo que provocaría una disminución de la calidad de la uva.

La vid presenta la capacidad de desarrollarse con niveles de pluviometría anual de 300 a 800 mm anuales, consumiéndose de acuerdo con el siguiente reparto (Figura 2).

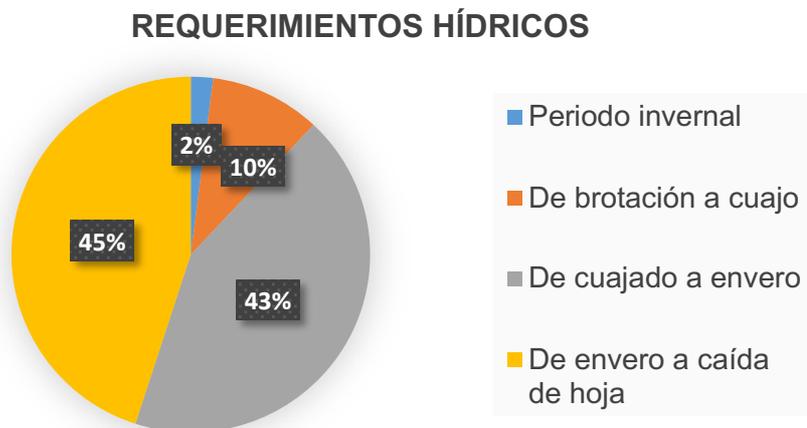


Figura 2. Fracción de requerimientos hídricos según el período del ciclo de la Vid (Hidalgo, 2006).

El período de mayores requerimientos hídricos comprende desde el cuajado hasta el envero con un requerimiento del 75% del agua de riego total. El 25% del agua restante es aplicada de manera prorrogada en los demás periodos en pequeñas cantidades. Una elevada aplicación de agua produciría un elevado aumento en la producción de uva y con ello una disminución de la calidad de la misma. Por ello el momento de aplicación del riego es importante ya que el estrés hídrico en las etapas previas al envero induce modificaciones metabólicas importantes en la baya que pueden mantenerse incluso después de volver a regar (Mirás-Avalos et al., 2017).

Para que no se dé esa superproducción se utiliza la técnica de “regulación del déficit hídrico (RDI: Regulated Deficit Irrigation)” con el objetivo de maximizar la actividad fotosintética a partir de la aplicación de la menor cantidad de agua posible y con ello se limita la disponibilidad de agua por parte de la planta a lo imprescindible. Por ello debe haber un buen equilibrio entre el desarrollo vegetativo y productivo (Chaves et al., 2010)

El empleo del déficit hídrico moderado en el cultivo de la vid mejora el carácter aromático de las bayas y las antocianinas (Estefanos et al., 2009). Además, altera la madurez de la uva y su composición, disminuyendo los compuestos C6 que son los responsables de los aromas herbáceos y aumenta los norisoprenoides C-13 que son compuestos que contribuyen al aroma en el vino (Song et al., 2012). Los principales compuestos afectados por el estrés hídrico son las proantocianidinas y los flavonoles, las cuales disminuyen (Zarrouk et al., 2012). Las cepas con un riego mínimo producen vinos con más aromas frutales comparado con aquellas que han sido regadas con mayor cantidad de agua, las cuales producen más aromas vegetales (Chapman et al., 2005).

Tras la cosecha, el riego del viñedo es de gran importancia ya que en este momento se forman las reservas en la madera antes de la parada invernal.

La magnitud de la mejora del riego deficitario y la respuesta al estrés hídrico depende de muchos factores, tanto de la propia planta y la variedad de uva, como el periodo fenológico en que se encuentra. También las ajenas a esta, ya sean las prácticas de cultivo o las condiciones ambientales (Matthews et al., 2015, Medrano et al., 1999, Fuentes et al., 2010).

1.5 La calidad del agua de riego en la Vid y efectos sobre el aroma de los vinos

La vid, excepto en los suelos salinos, puede vegetar en cualquier tipo de terreno. Tiene una mayor capacidad de desarrollo cuando la Conductividad Eléctrica (CE) es inferior a $0,8 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ y presenta una baja tolerancia a partir de una $\text{CE} < 2 \text{ a } 3 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$. Esto es debido al elevado potencial osmótico del suelo producido por las sales y con ello el aumento de su actividad respiratoria para la obtención de la energía necesaria.

Las plantas de vid son moderadamente sensibles a la salinidad y la disminución de rendimientos es de 0% a $1,75 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$; 25% a $2,7 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ y 50% a $4,5 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$. El efecto del estrés salino en vides incluye reducción de la tasa fotosintética, disminución del vigor de tallos y raíces, márgenes foliares necróticos o muerte de la hoja, disminución de los rendimientos y eventualmente la muerte de la planta (Munns et al.; 1986; Prior et al., 1992a; Prior et al., 1992b; Shani et al., 1993; Stevens et al., 1995; Fisarakis et al., 2001; Walker et al., 2002).

La vid es una especie sensible a la salinidad, por lo que debe cultivarse manteniendo los niveles de salinidad bajos (Osorio et al., 2000) ya que, si no se produce una disminución del vigor, perjudicando a la biomasa del tronco, pulgares y hojas, así como a la fertilidad de las yemas, causando una maduración precoz, acompañada de una disminución de la cosecha. También provoca una disminución de la acidez, de potasio y de magnesio, y un aumento en calcio y cloro, procedente de las sales. (Hidalgo et al., 2011).

La salinidad de las 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 a la sal Cloruro Sódico (NaCl) (Fisarakis et al, 2001), el daño que produce a la vid depende de la concentración, así como el tiempo de exposición y el genotipo del cultivo.

Cuando se riegan viñedos por goteo con aguas salinas, es conveniente añadir una cantidad adicional de agua para el lavado de sales o fracción de lixiviación (FL) (Hidalgo et al., 2011). En el riego de los viñedos por goteo, las aguas pueden clasificarse de la siguiente forma según su conductividad eléctrica:

Tabla 2. Clasificación del agua de riego de la vid respecto su uso y la conductividad eléctrica. (Fuente: Hidalgo, 2011)

Conductividad Eléctrica (CE)(dS m-1)	Calidad del agua de riego
0 a 2 dS m-1	BUENA , se puede utilizar sin reservas.
2 a 4 dS m-1	REGULAR , se puede emplear sin problemas, aplicando un 10 a 20 por ciento más de agua para lavar las sales. Reducción de vendimia esperada del 10 a 15 por ciento.
4 a 6 dS m-1c	MALA , no debe utilizarse de forma permanente. Aplicar un 20 a 30 por ciento más de agua de lavado. Reducción de cosecha esperada del 15 al 25%.
> 6 dS m-1	NO UTILIZABLE

Los principales factores del agua de riego son la cantidad y la calidad de agua aplicada al cultivo, es por ello que ambos factores son de gran importancia para el estudio y la optimización de la producción de uva.

La cantidad de agua y calidad de esta, son factores de estudio, ya que comprenden la vida y desarrollo de la planta para una óptima producción. La planta absorbe el agua y los minerales en disolución del suelo. Mediante las reacciones químicas y fotosintéticas, elabora sus propios nutrientes, es por ello que, a mayor calidad de agua, mayor calidad

en los nutrientes (Jackson y Lombard, 1993; Dai et al., 2011). Este fenómeno depende de factores ambientales, endógenos y de las técnicas de cultivo utilizadas.

Los efectos negativos de la salinidad sobre las plantas y el suelo se deben al fenómeno osmótico de las sales disueltas, a los efectos del sodio absorbido por las plantas y también a la toxicidad producida por la abundancia de algunos iones. En el primer caso, cuanto mayor es la concentración salina del agua del suelo, mayor es la presión osmótica que las plantas han de vencer, llegando un momento que se cesa la absorción del agua por el sistema radicular.

El momento de aplicación del “estrés hídrico”, nombrado anteriormente, resulta crucial en etapas previas a envero. Se consigue una mayor concentración de antocianos en los hollejos.

Los aromas de las bayas de la uva son influenciados por la concentración y tipo de sal del agua del riego, ya que los precursores aromáticos son metabolizados en la planta y pertenecen al grupo de los aromas primarios o varietales (Blindon et al., 2013).

Los aromas varietales, o también conocidos como aromas primarios, son aquellos que resultan del propio metabolismo de la uva. Dependiendo de la variedad, las condiciones climáticas y edafológicas, las prácticas culturales y en general de las características de la zona donde se cultivan las viñas, cada variedad de uva aporta unos aromas característicos, no solo por la propia variedad de uva, sino también por las condiciones en que se han desarrollado dichos compuestos aromáticos.

Los compuestos responsables del aroma de la uva, constituyen un grupo muy complejo. Pueden ser sustancias en forma libre, como moléculas volátiles y por lo tanto olorosas; o en forma ligada y que no huelen. Estos compuestos son los llamados precursores aromáticos. Cabe destacar que los ligados o no volátiles, no tienen carácter odorante durante la maduración de la uva, pero se hidrolizan y forman compuestos volátiles durante la fermentación del vino o el almacenamiento en botella, siendo aromas secundarios y terciarios.

Estos precursores aromáticos se pueden clasificar atendiendo a si son específicos o no del aroma. El grupo de los que se considera no específicos suelen ser los ácidos grasos, carotenoides y aminoácidos. Su perfil es característico de la variedad. Por el contrario, los compuestos específicos del aroma, son los que pueden originar volátiles olorosos mediante una o dos fragmentaciones de la molécula, quedando aun reconocible la estructura del precursor. Los específicos, no se encuentran en todas las viníferas y requieren de actividades específicas enzimáticas por parte las levaduras, siendo muy inestables y fácilmente oxidables.

Los aromas de los vinos se pueden clasificar en tres tipos, atendiendo al momento de su formación, en la evolución de la uva y en el vino. (Cacho, 2003; Riu-Aumatell, 2005).

Aromas primarios, son los correspondientes a la cepa, los que depende del lugar del cultivo de esta. Son característicos de cada uno, ya que dependen del clima, suelo, zona riego y todo el conjunto de prácticas culturales. Los aromas característicos de este tipo son frutales, vegetales y florales. Los Aromas secundarios aparecen tras los procesos

de fermentación del vino, tales como la fermentación alcohólica y maloláctica. Por último, los Aromas terciarios, o también conocidos como “bouquet”, son los que se desarrollan durante la crianza en la barrica y posterior maduración en botella.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Localización

La experiencia fue llevada a cabo en la parcela 5006 (Figura 3), con una superficie de 3,865 hectáreas en la Finca Las Venas, en el municipio albaceteño de Fuente-Álamo en la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha, España.

Las coordenadas geográficas de la parcela son: Latitud: 38° 43' 43,03'' N y Longitud: 1° 28' 12,6'' W. O bien según las coordenadas UTM ETRS89 30N: X:38,729009 Y: -1,471153.

La subparcela donde se encuentra el viñedo en el que se lleva a cabo el estudio tiene un área total de 1,147 hectáreas. La Figura 3 muestra la situación geográfica en la que se encuentra esta parcela.



Figura 3. Situación de la parcela.

2.2 Materiales

La uva utilizada para el presente trabajo era procedente de un viñedo de la variedad Monastrell injertado sobre el patrón SO₄ que fue plantado en el año 2007.

El marco de plantación es de 1,5 metros de distancia entre las cepas y 3 metros de distancia entre las calles, con una densidad de plantación de 2.222 cepas por hectárea con un estilo de conducción de cordón doble. Las filas se orientan en el eje Norte-Sur. En la Figura 4 se puede observar una imagen de una de las parcelas del estudio, así como la disposición de las cepas de Monastrell en espaldera junto con el sistema de riego.



Figura 4. Sistema de cultivos de las cepas.

La parcela en la que se encuentra el viñedo está a una altura media de 820 m por encima del nivel del mar, con una pendiente del 5% y a 95 km de la costa.

Todas las prácticas culturales del cultivo han sido aplicadas por igual en toda la parcela para el correcto funcionamiento del conjunto.

Climatológicamente se caracteriza por ser de tipo mediterráneo, donde la temperatura media durante este ciclo de producción fue de 13,7°C. La precipitación promedio es de 430 mm.

En cuanto a las características edafológicas, se trata de un suelo de textura franco arenosa con un pH ligeramente alcalino. Presenta una composición de arenas, limos y arcillas de 55,64%, 27,73% y 16,63% respectivamente.

2.3 Diseño experimental

Este viñedo se estableció para poner a prueba las tasas de riego de diferentes calidades de los años 2016, 2017, 2018 y 2019.

Para ello se han puesto en marcha 4 estrategias de riego (T1, T2, T3 y T4). La parcela está dividida en 4 bloques de prueba, a su vez divididas en 6 zonas, de las cuales se emplearon 4, haciendo 192 cepas por tratamiento tal y como se muestra en la Figura 5. Con ello cada una de las parcelas tiene un total de 1125 viñas con un área de 5184 m².

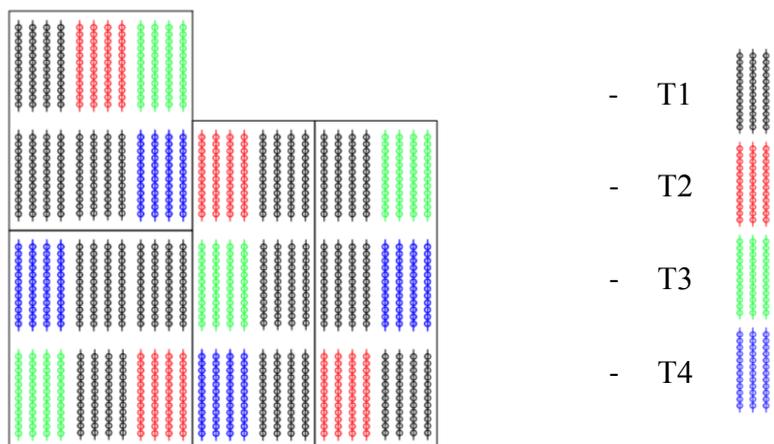


Figura 5. Croquis del diseño experimental.

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

A partir de la ET_c calculada se obtuvo el total de las necesidades hídricas y con ello el riego a demanda, por tanto, no obtendríamos un riego deficitario. Como el objetivo es someter el viñedo a riego deficitario, se estableció que las aportaciones de agua reemplazarían un 35% de las necesidades óptimas del cultivo (ET_c).

El cálculo de las dosis de riego de cada tratamiento se realizó semanalmente en función de los valores de evapotranspiración de referencia, obtenidos de la estación de Montesa del Servicio de Tecnología para el Riego del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). Todo ello considerando las precipitaciones durante el periodo, para minorar las dosis de riego conforme el riego deficitario establecido. Como en el año 2019 llovió durante este periodo, se utilizaron los datos de la propia estación agroclimática situada en la parcela.

Los 4 tipos de tratamientos que se realizaron fueron:

Tabla 3. Tipos de tratamiento realizados.

TRATAMIENTO	mm	TIPO DE RIEGO	CALIDAD DEL AGUA
T1	0	Secano, sin riego.	
T2	111	Riego deficitario, toda la campaña	Agua de buena calidad, sin efecto osmótico.
T3	114	Riego deficitario, toda la campaña.	Agua con una conductividad eléctrica de 4 dS/m con base de sulfatos (Efecto osmótico)
T4	115	Riego deficitario, toda la campaña	Agua con una conductividad eléctrica de 4 dS/m con base de cloruros (Efecto osmótico + fitotoxicidad de los cloruros)

2.4 Vinificación

En la Figura 6 se resume el proceso por el que se elaboraron los vinos.

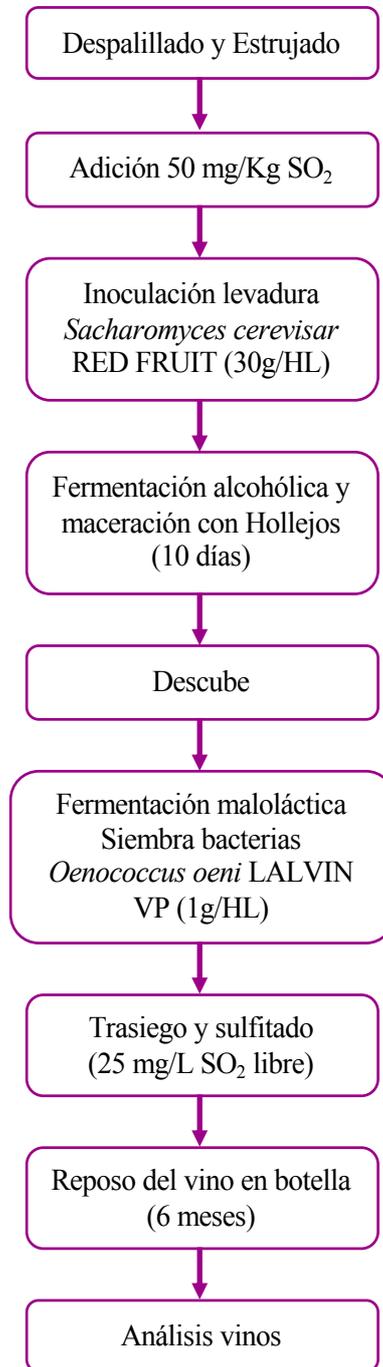


Figura 6. Proceso de elaboración de los vinos.

Se eligieron 20 cepas representativas de cada unidad experimental de los diferentes tratamientos (subparcelas) y se colocaron en cajas de 18 Kg. Las cepas de las cuales se obtuvo el producto de la vendimia, estaban distribuidas en distintas filas para asegurar la obtención de unos resultados lo más representativos posible. Seguidamente la uva se

llevó a la planta piloto del Instituto de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo, donde se procedió a los diferentes procesos de vinificación.

El despalillado se realizó mecánicamente y para el estrujado se utilizó una pequeña estrujadora de rodillos. El encubado se realizó en 36 frascos de cristal de 2 kg de capacidad, ya que se realizaron las microvinificaciones de cada subparcela por duplicado.

Se sulfitó con dosis de 50 mg/kg SO₂, y se sembraron 30 g/hL de levadura *Saccharomyces cerevisiae* RED FRUIT (Enartis) en cada frasco a los que diariamente en cada vinificación se hicieron bazuqueos. La fermentación alcohólica duró 10 días. 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 tal y como se ve en la Figura 7.

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 determinar los compuestos aromáticos.



Figura 7. Proceso de cromatografía de papel.

2.5 Determinación de la madurez tecnológica

La determinación de la madurez tecnológica en vendimia (grado Brix, pH, acidez total y acidez volátil) 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 Ácido tartárico) se determinó mediante una valoración ácido-base con hidróxido sódico 0.1 N, hasta pH de 7,0, con el pH-metro anterior.
- La Acidez Volátil (g/L Ácido acético) se determinó con el método Mathieu (Blouin, 1992), destilando el vino y posteriormente valorando con NaOH y fenoltaleina hasta viraje.

2.6 Determinación de los compuestos volátiles

La metodología utilizada para la extracción de los componentes volátiles del vino fue la propuesta por Ortega et al., (2001) con las modificaciones especificadas por Hernández-Orte et al., (2007).

Para la preparación de las muestras se llevó a cabo el siguiente proceso:

- 4.05 gramos de sulfato de amonio
- 2.7 mL de vino
- 6.3 mL de agua miliQ
- 0.25 mL diclorometano
- 20 μ L del patrón interno (2-butanol, 4-metil-2-pentanol y 2-octanol en 100 mL de etanol)

Se prepararon las muestras en tubos de 15 mL con tapón de rosca y se agitaron con un agitador horizontal con un baño con agua a 15 °C durante 120 minutos a 75 rpm. A continuación, se realizaron las siguientes operaciones, donde todas las extracciones se realizaron por searado:

- Centrifugar en una Centrifuga Himac CT6E VWR con capacidad para 16 tubos, durante 15 minutos a 45 rpm.
- Extraer el disolvente de debajo de la capa de sal del tubo mediante una aguja, y depositarlo en un vial de 2 mL con microinserto.

Para la determinación de los compuestos volátiles en los vinos elaborados, se utilizó un Cromatógrafo de gases HP-6890 dotado de detector de ionización de llama, equipado con una columna capilar HP-INNOWax (Crosslinked Polyethylene Glycol) de 60 m de longitud, 0,25 mm de diámetro interno y como gas portador H₂.

Las condiciones de trabajo fueron: temperatura del inyector y detector de 300 °C, la relación Split de 1:75, que es la cantidad de muestra que se va a introducir en la columna. El flujo de hidrógeno de 40 mL/min, y el flujo de aire de 450 mL/min, presión de nitrógeno en cabeza de inyector de 15 p.s.

2.7 Tratamiento estadístico

El análisis estadístico de los resultados obtenidos se realizó mediante el análisis de la varianza (ANOVA). Se calcularon las diferencias mínimas significativas (LSD) con un nivel de significación $P < 0.05$. Para ello se empleó el programa estadístico con el software STATGRAPHICS XVII.

El análisis de Componentes Principales (PCA) se realizó con el programa SIMCA. El PCA es una herramienta que permite explicar gráficamente la mayor parte de la variación existente entre datos.

3. OBJETIVOS

El cambio climático constituye una gran amenaza medioambiental a la cual el ser humano debe adaptarse. Con el paso de los años se observa que plantea restricciones en el agua disponible y obliga a desarrollar nuevas técnicas y formas de utilizar los recursos. Por ello que uno de los retos a los que deberá hacer frente el sector vitivinícola es el

aumento de la sequía y salinidad de los suelos, en especial en aquellas regiones áridas y semiáridas.

Una alternativa para la agricultura es la reutilización del agua, consiste en mezclar agua “de buena calidad” con otra de características inferiores, como pueden ser las aguas con un porcentaje de sales elevado para el cultivo de interés. Por lo tanto, muchas regiones vitivinícolas han implementado prácticas que involucran agua salina (Cao et al., 2016; Liu et al., 2020; Walker et al., 2019)

El objetivo del trabajo es estudiar el efecto de la utilización de 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, sobre la composición aromática de los vinos procedentes de los distintos protocolos de riego, así como sobre los parámetros convencionales del vino de la variedad Monastrell.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la obtener los resultados estadísticos sobre el estudio se han realizado dos análisis de la varianza simples para evaluar el efecto de la irrigación y de la calidad del agua sobre la composición aromática del vino.

El primer ANOVA corresponde con la aplicación de riego realizado en las parcelas de estudio. Este engloba 2 tratamientos. El primero (T1) que está en secano y es el testigo, mientras que el segundo (T2) con irrigación con agua de buena calidad. Se ha realizado un análisis de la varianza para comprobar la correlación que puede haber entre estos tratamientos y los compuestos aromáticos de los vinos.

El segundo ANOVA se ha realizado con el objetivo de observar como afecta la calidad del agua aportada a los compuestos aromáticos del vino. El agua utilizada es de tipo salina con una Conductividad Eléctrica (CE) de 4.0 dS*m-1 con base de cloruros y sulfatos respectivamente. Para este análisis la primera parcela (T1) no está incluida, ya que corresponde al secano. El tratamiento (T2) corresponde a las parcelas regadas con agua de buena calidad, se toma como testigo. La correspondiente al agua con una Conductividad Eléctrica (CE) de 4.0 dS*m-1 con base de sulfatos son las parcelas(T3), y las correspondientes al agua con una Conductividad Eléctrica (CE) de 4.0 dS*m- 1 con base de cloruros son las parcelas (T4).

Tabla 4. Tratamientos aplicados y agrupación de los mismos para la realización del estudio.

Tratamientos	
Análisis 1: Regadío y secano	
Testigo (secano)	T1
Regadío	T2
Análisis 2: Calidad del agua de riego	
Buena	T2
Sulfatos	T3
Cloruros	T4

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

En la tabla 5 se presentan los resultados de los parámetros convencionales analizados en los vinos. No se han encontrado diferencias significativas en función de la aplicación o no de riego deficitario, así como con la calidad del agua de riego aplicada en los tres tratamientos de riego. Esto puede ser debido a la elevada desviación estándar de los resultados obtenidos de las diferentes parcelas pertenecientes al mismo tratamiento. En estudios realizados por Hidalgo et al. (2011) se observó que el riego con agua salinas provocó un aumento de acidez en los vinos.

Tabla 5. 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	2,12	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 Efectos de la aplicación de riego deficitario y de la calidad del agua de riego sobre los principales compuestos aromáticos de las uvas.

La existencia en la uva de una fracción no volátil e inodora, capaz de ser revelada por vías químicas o enzimáticas fue demostrada por primera vez por (Cordonnier et al., 1974). Posteriormente, varios investigadores han mostrado que los principales terpenoles y polioles terpénicos están presentes en las uvas Moscatell en forma de glicósidos (Williams et al., 1982; Gunata et al., 1985; Strauss et al., 1988; Voirin et al., 1992).

Los azúcares que constituyen estos precursores son glucosa, arabinosa, ramnosa y apiosa. Todas las variedades de uva poseen este tipo de precursores, pero los Moscatell son los más ricos, teniendo en general mayor cantidad de precursores glicosilados que aromas libres.

Estos precursores se van sintetizando durante la maduración. Sin embargo, el momento óptimo de la vendimia, así como las prácticas culturales más adecuadas para conseguir una mayor concentración de estos compuestos, no se conoce con exactitud.

Los hollejos contienen cantidades considerables de sustancias aromáticas y sus precursores. Los métodos y el tiempo de contacto con los hollejos y el mosto influirán en la extracción final de aromas de las uvas al vino. Esto caracteriza cada tipo de vino y el fin por el que ha sido elaborado.

Los compuestos orgánicos volátiles dentro de los que se encuentran los aromas, se ven afectados negativamente por el déficit hídrico, probablemente debido a la menor disponibilidad de recursos biosintéticos o su modulación a través de diferentes vías metabólicas (Degu et al. 2019, Gambetta et al. 2020).

La Tabla 6 muestra las diferencias significativas entre las concentraciones de los compuestos aromáticos de los vinos elaborados con las uvas procedentes de los tratamientos en los que se han aplicado diferentes estrategias de riego (T1 o Testigo: secano, T2: riego deficitario a partir de la floración). Se han analizado 27 compuestos volátiles, de los cuales se han detectado 23.

Se observa que en los vinos elaborados con las uvas procedentes de secano el contenido total de ácidos, alcoholes, y ésteres es mayor que en los vinos elaborados con las uvas en las que se aplicó riego deficitario (Tabla 6). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Sanchez et al. (2014), que observaron una tendencia al aumento de concentración de los compuestos volátiles en los vinos de los tratamientos no regados.

Tabla 6. Valores medios, desviación estándar y ANOVA de los compuestos volátiles de los vinos de Monastrell en función de la irrigación de las uvas (mg/L).

Grupo	Compuestos aromáticos	Umbral percepción (mg/L)	Aroma descriptor	Secano	R. deficitario	Razón-F	Valor-P
Ácidos	Ac.isobutírico	2,3	Rancio, queso	2,684±0,148 a	1,852±0,085 b	23,41	0,0000
	Ac.isopentanoico	No	No	2,484±0,196 a	2,740±0,113 a	1,28	0,2624
	Ac.hexanoico	0,42	Rancio, queso, graso	1,947±0,096 a	0,756±0,055 b	115,08	0,0000
	Ac.2 etil hexanoico	No	Herbáceo	0,648±0,063 a	0,523±0,036 a	2,93	0,0918
	Ac.octanoico	0,5	Queso	0,051±0,089a	1,222±0,051 a	0,1	0,7583
	Ac.decanoico	1	Rancio, queso	4,367±0,198 a	1,710±0,114 b	134,8	0,0000
	Total	-	-	12,181	9,326		
Alcoholes	1 propanol	306	Alcohol, fruta madura	7,653±0,857 a	6,136±1,243 b	20,46	0,0000
	Alcohol isoamílico	30	Alcohol, whiskey	552,534±70,286 a	505,30±97,705 a	3,17	0,0797
	cis-3hexenol	0,4	Herbáceo	0,379±0,026 a	0,326±0,015 a	2,94	0,0912
	1-heptanol	1	Frutal, dulce	0,283±0,017 a	0,313±0,010 a	2,23	0,1406
	2,3-butanodiol	120	Mantequilla	1,902±0,084 a	1,976±0,048 a	0,58	0,4498
	Alcohol benzílico	10	Almendra	0,858±0,070 a	1,019±0,040 a	3,9	0,0526
	2-fenil etanol	14	Rosa, lila, polen	163,493±9,493 a	133,012±5,480 a	7,73	0,0072
	Total	-	-	727,102	441,66		
Aldehídos	Acetaldehido	0,5	Manzana, herbáceo	1,363±0,351 a	1,355±0,278 a	0,01	0,9241
	Total	-	-	0,2	0,16		
Ésteres	Acetato de metilo	No	No	1,189±0,452 a	1,046±0,272 a	2,34	0,1314
	Acetato de etilo	7,5	Frutal, disolvente	0,402±0,105 a	0,458±0,140 a	2,14	0,1485
	Acetato de isobutilo	No	Disolvente	2,029±0,211 a	1,675±0,287 b	20,39	0
	Butirato de etilo	0,02	Manzana, fresa	0,394±0,136 a	0,614±0,157 b	24,82	0
	Isovalierato de etilo	No	No	0,365±0,155 a	0,548±0,090 b	33,37	0
	Hexanoato de etilo	0,014	Manzana, fresa, piña	0,050±1,449 a	0,838±0,029 b	135,65	0
	Acetato de hexilo	0,67	Manzana, pera	0,541±0,066 a	0,669±0,038 a	2,77	0,1009
	Octanoato de etilo	0,005	Piña, floral,, fresa	1,040±0,033 a	0,492±0,019 b	201,61	0
	Decanoato de etilo	0,2	Fruta, miel	1,397±0,052 a	0,566±0,030 b	190,96	0
	Succinato de dietilo	200	Caramelo	0,607±0,028 a	0,410±0,016 b	36,61	0
	Dietil glutarato	No	No	0,297±0,038 a	0,306±0,021 a	0,04	0,8483
	Total	-	-	8,31	7,622		
Lactonas	α ionona	0,0026	Violeta	0,265±0,013 a	0,268±0,007 a	0,03	0,8696
	Total	-	-	0,265	0,268		
Bencenos	Benzaldehido	0,5		0,341±0,038 a	0,577±0,022 b	28,39	0
	Total	-	-	0,599	0,601		

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

En la Tabla 7 se muestran los resultados del efecto de la calidad del agua sobre la composición volátil de los vinos de Monastrell (T2: agua de buena calidad, T3: agua salina con una Conductividad Eléctrica (CE) de 4.0 dS*m-1 con base de cloruros y T4: agua salina con una Conductividad Eléctrica (CE) de 4.0 dS*m-1 con base de cloruros), es decir, para analizar el efecto de la fitotoxicidad de sulfatos y cloruros en la composición volátil de los vinos.

Los resultados muestran que los vinos elaborados a partir del riego con agua de buena calidad presentan un contenido total de ácidos mayor, en los vinos elaborados con uvas regadas con agua a base de cloruros, el contenido total de esterres es mayor y por ultimo cuando se utiliza agua a base de sulfatos para el riego, aumenta el contenido total de alcoholes (Tabla 7).

Tabla 7. Valores medios, desviación estándar y ANOVA de los compuestos volátiles de los vinos de Monastrell en función de la calidad del agua utilizada para regar las uvas (mg/L)

Grupo	Compuesto aromático	Umbral percepción (mg/L)	Aroma descriptor	BUENA	CLORUROS	SULFATOS	Razón-F	Valor-P
Ácidos	Ac.isobutírico	2,3	Rancio, queso	2,154±0,116 a	1,368±0,116 b	2,032±0,116 a	13,25	0
	Ac.isopentanoico	NO	NO	3,012±0,208 a	2,596±0,208 a	2,613±0,208 a	1,27	0,291
	Ac.hexanoico	0,42	Rancio, queso, graso	0,756±0,051 a	0,774±0,051 a	0,739±0,051 a	0,12	0,889
	Ac.2 etil hexanoico	NO	Herbáceo	0,615±0,045 a	0,257±0,045 b	0,697±0,045 a	26,14	0
	Ac.octanoico	0,5	Queso	1,358±0,082 a	1,049±0,082 b	1,258±0,082 ab	3,66	0,033
	Ac.decanoico	1	Rancio, queso	2,315±0,174 a	1,512±0,174 b	1,302±0,174 b	9,41	0
	Total	-	-	10,21	7,825	8,641		
Alcoholes	1 propanol	306	Alcohol, fruta madura	6,101±0,316 a	6,277±0,316 a	6,031±0,316 a	0,16	0,851
	Alcohol isoamílico	30	Alcohol, whiskey	491,628±24,55 a	494,363±24,55 a	529,915±24,55 a	0,76	0,475
	cis-3hexenol	0,4	Herbáceo	0,281±0,028 a	0,366±0,028 b	0,330±0,028 ab	2,28	0,114
	1-heptanol	1	Frutal, dulce	0,332±0,018 a	0,284±0,018 a	0,323±0,018 a	1,9	0,161
	2,3-butanodiol	120	Mantequilla	1,953±0,091 a	1,922±0,091 a	2,054±0,091 a	0,57	0,568
	Alcohol benzílico	10	Almendra	1,128±0,077 a	0,891±0,077 b	1,037±0,077 ab	2,37	0,105
	2-fenil etanol	14	Rosa, lila, polen	142,666±8,789 a	106,345±8,789 b	150,025±8,789 a	7,08	0,002
	Total	-	-	644,09	610,721	689,715		
Aldehídos	Acetaldehido	0,5	Manzana, herbáceo	1,306±0,059 a	1,560±0,059 b	1,199±0,059 a	9,74	0
	Total	-	-	1,306	1,56	1,199		
Ésteres	Acetato de metilo	NO	NO	1,119±0,068 a	1,025±0,068 a	0,993±0,068 a	0,92	0,404
	Acetato de etilo	7,5	Frutal, disolvente	0,397±0,027 a	0,394±0,027 a	0,583±0,027 b	15,43	0
	Acetato de isobutilo	NO	Disolvente	1,727±0,063 a	1,814±0,063 a	1,484±0,063 b	7,14	0,002
	Butirato de etilo	0,02	Manzana, fresa	0,463±0,027 a	0,735±0,027 b	0,644±0,027 c	25,09	0
	Isovalierato de etilo	NO	NO	0,581±0,022 a	0,528±0,022 a	0,534±0,022 a	1,72	0,19

	Hexanoato de etilo	0,014	Manzana, fresa, piña	0,748±0,034 a	0,866±0,034 b	0,899±0,034 b	5,26	0,008
	Acetato de hexilo	0,67	Manzana, pera	0,549±0,549 a	0,854±0,549 b	0,605±0,549 a	5,58	0,006
	Octanoato de etilo	0,005	Piña, floral, fresa	0,500±0,023 a	0,499±0,023 a	0,477±0,023 a	0,29	0,751
	Decanoato de etilo	0,2	Fruta, miel	0,628±0,033 a	0,491±0,033 b	0,579±0,033 ab	4,16	0,022
	Dietil glutarato	NO	NO	0,408±0,027 a	0,451±0,027 a	0,372±0,027 a	2,02	0,145
	2-fenilacetato	0,25	Rosa, miel	0,475±0,031 a	0,260±0,030 b	0,182±0,030 b	25,47	0
	Total	-	-	7,595	7,917	7,352		
Norisoprenoides	α ionona	0,0026	Violeta	0,253±0,009 a	0,247±0,009 a	0,303±0,009 b	11,89	0,0001
	Total	-	-	0,253	0,247	0,303		
Bencenos	Benzaldehído	0,5		0,601±0,040 a	0,599±0,040 a	0,532±0,040 a	0,95	0,3932
	Total	-	-	0,601	0,599	0,532		

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

4.3 Discusión de resultados

Con el objetivo de visualizar mejor los resultados y sus diferencias significativas se han representado estos mediante diagramas de barras. Para ello se han agrupado los diferentes compuestos aromáticos que se encuentran en las uvas según su familia: ácidos (Figura 8), alcoholes (Figura 9), aldehídos (Figura 10), ésteres (Figura 11), norisoprenoides (Figura 12), bencenos (Figura 13).

Para cada compuesto se han representado los dos factores objeto del estudio: aplicación o no de agua de riego y calidad del agua aportada en el riego.

Ácidos

Los ácidos son deseables cuando se encuentran por debajo de su umbral de percepción, puesto que contribuyen a la complejidad del vino al esterificarse con los alcoholes dando lugar a ésteres afrutados (Englezos et al., 2018).

Los resultados muestran que las concentraciones de los ácidos isobutírico, hexanoico y decanoico son mayores significativamente en los vinos obtenidos con el tratamiento testigo de secano en comparación a los tratamientos con riego deficitario (Figura 8).

Respecto al tratamiento con diferente calidad del agua, se observa que en la vid regada con “Agua Salina” con una Conductividad Eléctrica (CE) de 4.0 dS*m⁻¹ con base de cloruros para analizar el efecto de la fitotoxicidad, tiene un efecto significativo sobre la concentración de todos los ácidos analizados reduciendo la concentración de estos, excepto en el ácido isopentanoico y hexanoico, en los cuales no se observa efecto significativo.

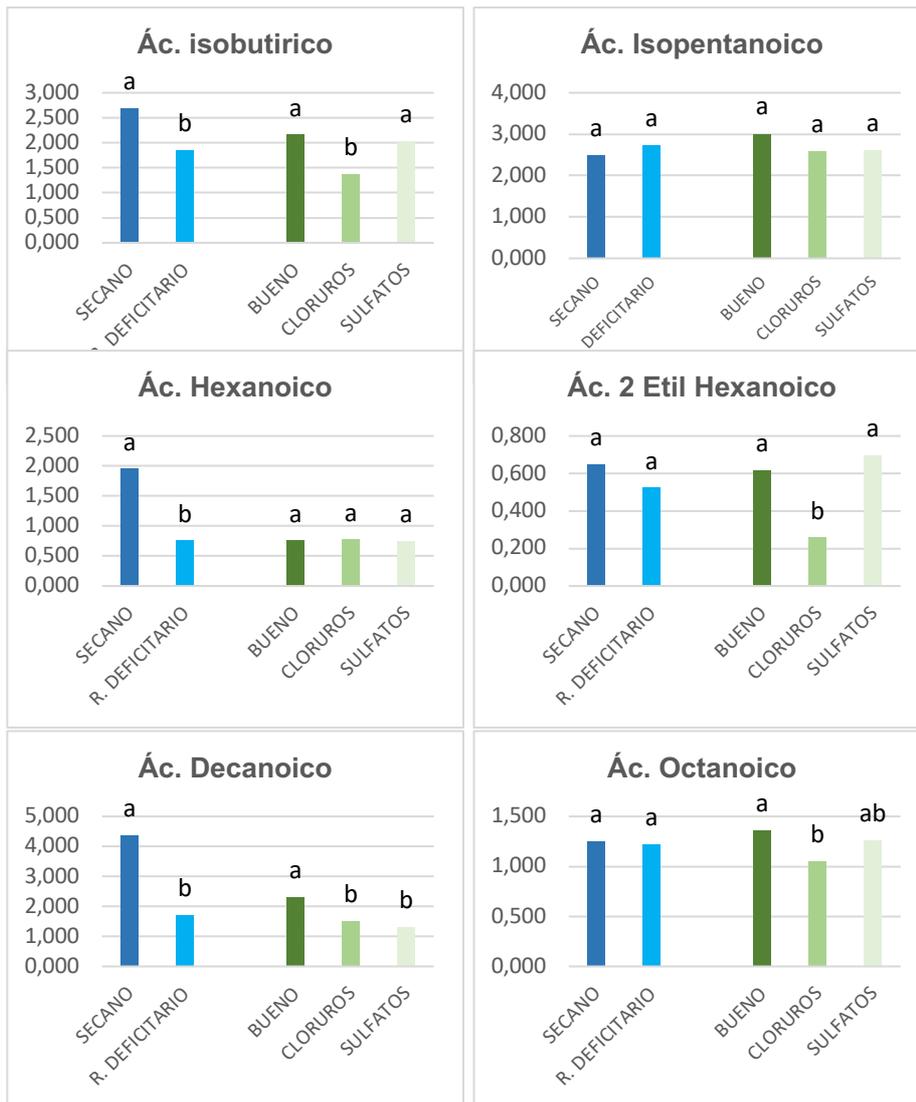


Figura 8. Concentración de Ác. Isobutírico, Ác. Isopentanoico, Ác Hexanoico, Ác. 2-Etil-Hexanoico, Ác. Octanoico y Ác. Decanoico en uvas con los distintos tratamientos de riego (mg*L-1).

Alcoholes

Los alcoholes son los compuestos resultantes de la fermentación alcohólica de los azúcares del mosto en su proceso de transformación en vino. Sus precursores se encuentran en los hollejos de las uvas (Loscos et al. 2007), las levaduras. Son constituyentes prefermentativos, obtenidos a partir de los fenómenos bioquímicos de oxidación e hidrólisis durante la extracción del mosto y durante la maceración. Son responsables de aromas herbáceos (Belancic et al. 2002).

En los alcoholes analizados (Figura 9), se observa que el único compuesto que presenta un efecto significativo en su concentración por el riego deficitario es el 1-propanol, siendo su concentración mayor en los vinos procedentes de secano, al igual que observó Romero et al. (2019) donde estudiaron vides de Monastrell con riego deficitario y

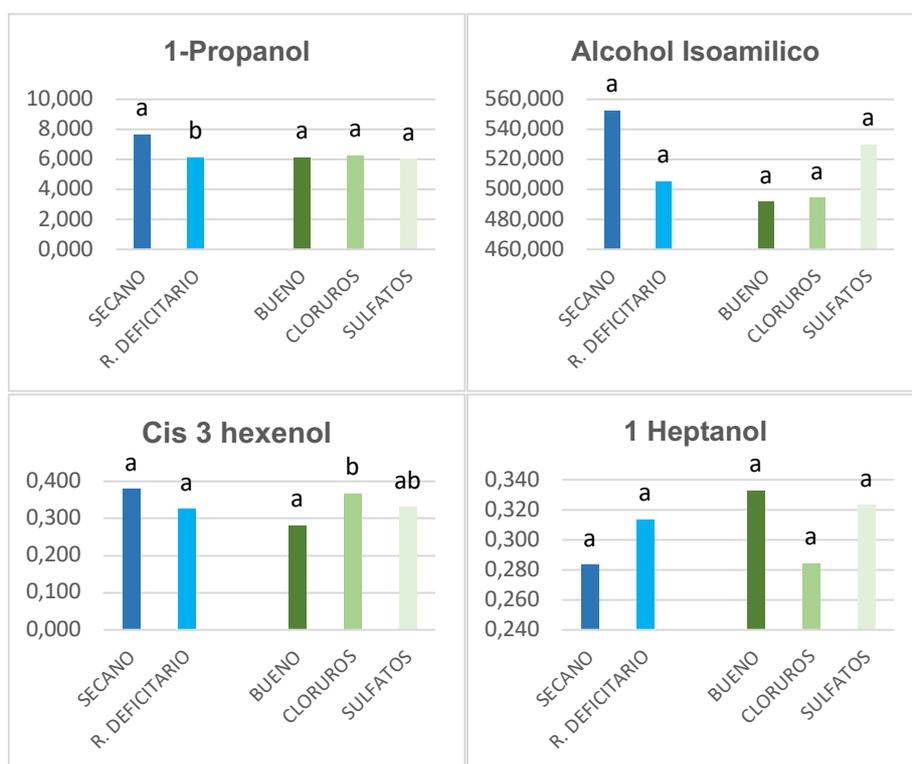
obtuvieron una mejora en la calidad del vino, debido a una concentración significativamente menor de compuestos orgánicos volátiles desagradables (por ejemplo, propanol, 3-metil-etil-butanoato, dietil succinato, 2-octanono).

La calidad del agua de riego afecta significativamente a la concentración de Cis-3-Hexanol, Alcohol Bencílico y 2-Feniletanol en las uvas. Las aguas salinas con sulfatos dan uvas con mayor cantidad de alcoholes frente a las aguas con cloruros.

El Cis-3-Hexanol aumenta su concentración significativamente en las uvas regadas con “Agua Salina” con una Conductividad Eléctrica (CE) de 4.0 dS*m-1 con base de cloruros pese a la tendencia general de disminuir.

El 2-Feniletanol es un alcohol fenético primario aromático. Aporta aromas frutales dulces, como a rosas. Está presente en las partes más superficiales de los hollejos (García et al., 2011).

Según Palai et al. (2022) el alcohol isoamílico fue fuertemente potenciado por el riego deficitario antes del envero en Sangiovese, al contrario de lo observado en la presente experiencia. La concentración de alcoholes depende del cultivar de la uva, además de las posibles variaciones según la etapa de maduración (López-Tamames, 1997).



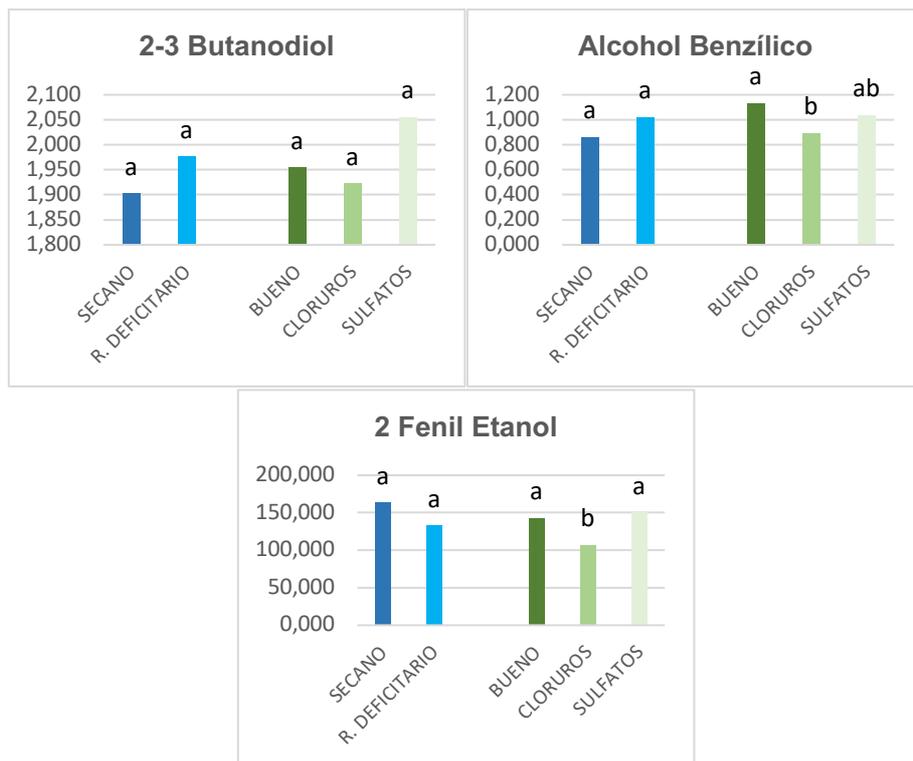


Figura 9. Concentración de 1-Propanol, Alcohol Isoamílico, Cis-3-Hexanol, 1 Heptanol, 2-3 Butanodiol, Alcohol Benzílico y 2-Feniletanol en uvas con los distintos tratamientos de riego (mg*L-1).

Aldehídos

De la familia de los aldehídos el único compuesto analizado ha sido el acetaldehído. Esta molécula, al igual que el resto de los aldehídos es de carácter reductor. Contribuye al sabor y la complejidad de los vinos, pero en cantidades elevadas puede tener un impacto negativo en el vino, con un olor similar a manzana madura. Los resultados revelan (Figura 10) que la calidad del agua de riego ha tenido un efecto significativo en su concentración en los vinos, aumentando cuando se riega con el agua salina a base de cloruros. Las concentraciones alcanzadas varían bastante y están sujetas a las condiciones de fermentación y a la levadura dominante involucrada (Ebeler y Spaulding, 1999; Cheraiti et al., 2010).



Figura 10. Concentración de Acetaldehído en uvas con los distintos tratamientos de riego (mg*L-1)

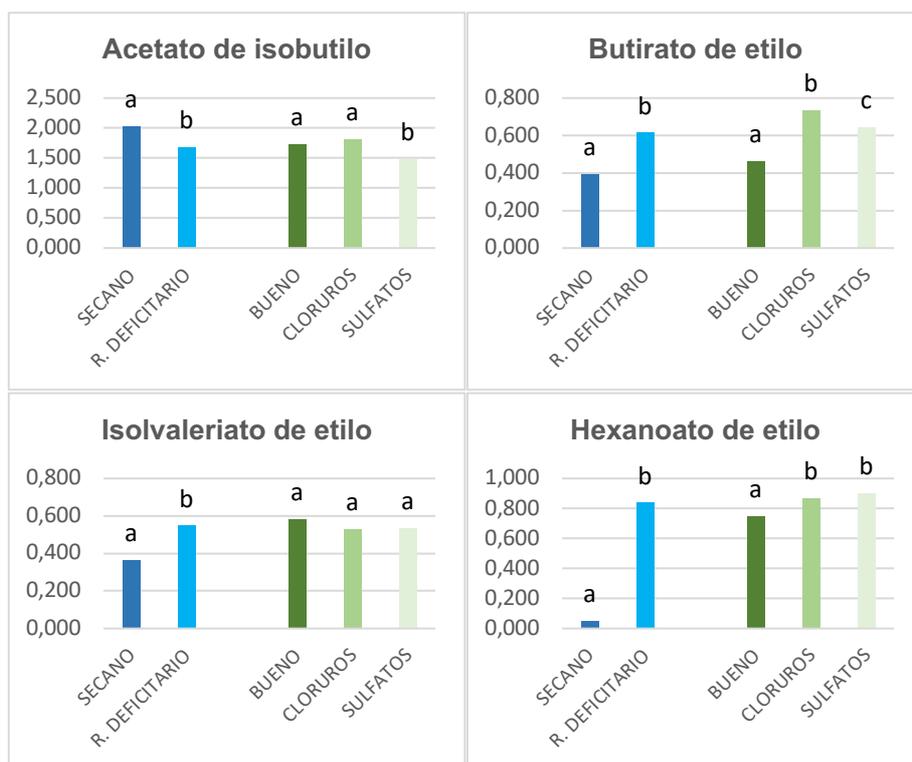
Ésteres

Los ésteres son una de las familias más importantes del aroma de los vinos. Son formados a partir de reacciones químicas producto de la interacción entre los ácidos y los alcoholes presentes en el vino. Cuando un ácido reacciona frente al alcohol, como resultado se forma un éster y como subproducto agua.

Como muestra la Figura 11, la aplicación de riego deficitario ha tenido un efecto significativo aumentando la concentración de butirato de etilo, isolvaleriato de etilo y hexanoato de etilo. En cambio, en las concentraciones de acetato de isobutilo y decanoato de etilo el efecto significativo de la aplicación de riego deficitario ha producido una disminución de las concentraciones de estos compuestos.

La calidad del agua utilizada en el riego ha tenido un efecto significativo sobre el acetato de etilo, acetato de isobutilo, butirato de etilo, hexanoato de etilo, acetato de hexilo, decanoato de etilo y 2-feniletacetato.

El agua salina a base de cloruros, produce un aumento de las concentraciones de butirato de etilo, hexanoato de etilo y acetato de hexilo, mientras que ha producido un descenso en decanoato de etilo y 2-feniletacetato. El agua salina a base de sulfatos, produce un aumento el acetato de etilo, butirato de etilo y hexanoato de etilo, mientras que ha producido un descenso en acetato de isobutilo, decanoato de etilo y 2-feniletacetato.



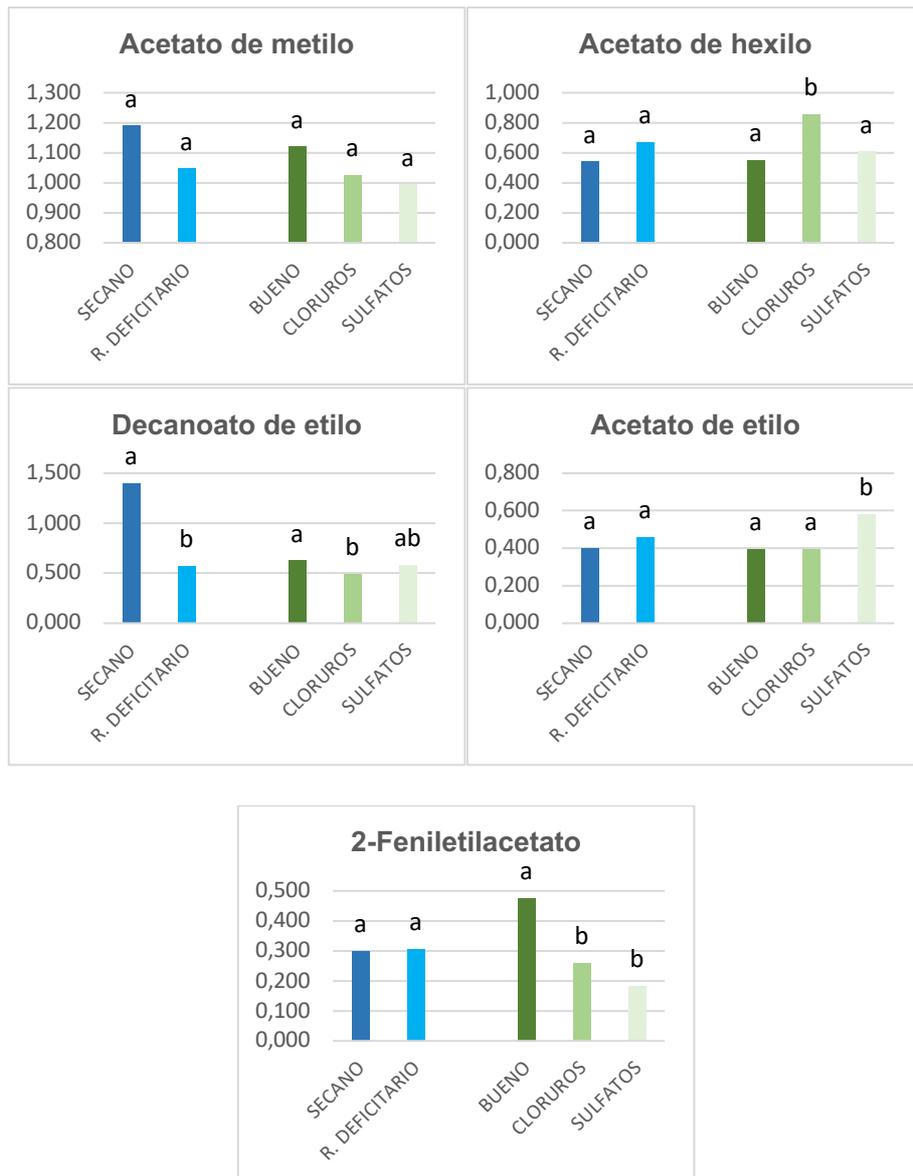


Figura 11. Concentración de Acetato de isobutilo, Butirato de etilo, Isolvaleriato de etilo, Hexanoato de etilo, Acetato de hexilo, Acetato de metilo, Decanoato de etilo, Acetato de etilo, 2-Feniletilacetato en uvas con los distintos tratamientos de riego (mg*L⁻¹)

Norisoprenoides

Los norisoprenoides, al igual que los terpenos son compuestos liberados por hidrólisis. Se encuentran en la parte sólida de la pulpa y en los hollejos, ya que son compuestos que proceden de los carotenoides de las uvas (Ristic, 2010). Hay una evidencia creciente que sugiere que la división específica de los carotenoides produce los Norisoprenoides, reduciendo así la probabilidad de su formación por degradación a través de la acción de oxidasas y/o reacciones químicas. La inducción de este fenómeno ocurre en el envero, que coincide con la disminución característica en el contenido total de carotenoides y el aumento de la formación de precursores de Norisoprenoides en esta etapa de la baya en desarrollo (Bindon et al. 2007).

Los carotenoides se sintetizan desde la primera etapa de formación del fruto hasta el envero. A partir de este momento se degradan para dar norisoprenoides siendo los más abundantes, β -damascenona y α -ionona, compuestos responsables de los sabores afrutados.

Como muestra la Figura 12, se han encontrado diferencias significativas en la concentración de α -ionona en los vinos procedentes del riego de las uvas con diferentes calidades de agua siendo mayor en las uvas regadas con “Agua Salina” con una Conductividad Eléctrica (CE) de 4.0 dS*m-1 con base de sulfatos. En relación con presencia o no de riego no se ha encontrado un efecto significativo en la concentración de α -ionona.

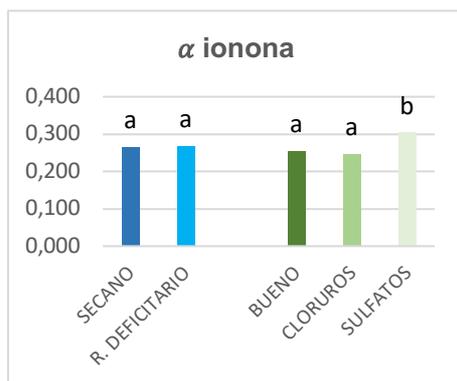


Figura 12. Concentración de α -Ionona en uvas con los distintos tratamientos de riego (mg*L⁻¹).

Bencenos

Los compuestos que forman la familia de los Bencenos se caracterizan por tener un anillo aromático de Benceno en su formulación. Los Bencenos son hidrocarburo aromático de fórmula molecular C₆H₆. Originalmente sus derivados se le denominan compuestas aromáticos debido a la característica forma que poseen. La mayor parte de los compuestos aromáticos se encuentran en forma glicosilada. Estos precursores pueden liberarse mediante hidrolisis ácida o enzimática (Hernandez-Orte et al. 2007).

Los resultados muestran (Figura 13) que la concentración de benzaldehído aumenta significativamente en los vinos procedentes del tratamiento con riego deficitario frente a los de secano. En cuanto a la calidad del agua, no existen diferencias significativas en las concentraciones de benzaldehído en los vinos de los diferentes tratamientos con agua de buena calidad y aguas salinas.

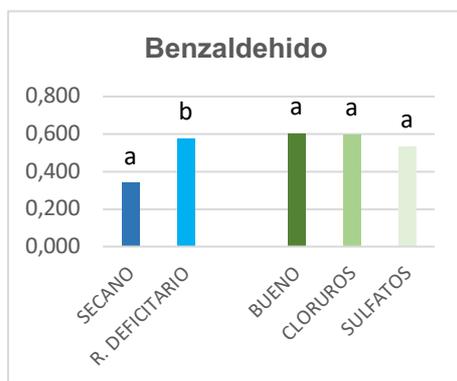


Figura 13. Concentración de Benzaldehído en uvas con los distintos tratamientos de riego (mg*L⁻¹).

4.4 Análisis de componentes principales

Se ha realizado un análisis de componentes principales (PCA) con la finalidad de evaluar el efecto que, sobre la fracción volátil total, tiene la estrategia de riego (presencia de irrigación y calidad del agua).

Es uno de los métodos pioneros del análisis multivariante. Consiste en una reducción de la información disponible sobre el conjunto de individuos, en este caso las uvas de la variedad Monastrell objeto de estudio. El método condensa la matriz de correlaciones entre las variables en unos “componentes principales” de la variabilidad total. Es decir, permite transformar un conjunto de variables intercorrelacionadas con otro conjunto de variables no correlacionadas (componentes principales) que son combinación lineal de las variables originales.

En las Figuras 14 y 15 se muestra la disposición de los compuestos aromáticos en el plano, en función de los dos primeros ejes principales (Componente 1 y 2). Dichos compuestos se sitúan aleatoriamente a lo largo de los ejes principales, tanto en su parte positiva como en su parte negativa. En el primer caso, se trata del análisis de los componentes principales para la presencia o no de irrigación (Figura 14). En el segundo, se tiene en cuenta la calidad del agua utilizada (Figura 15). Se realiza por separado debido a que no se tiene en cuenta el tratamiento 1 en lo que se refiere a la calidad del agua utilizada en el riego y, tal y como se observa, la distribución de los compuestos aromáticos varía.

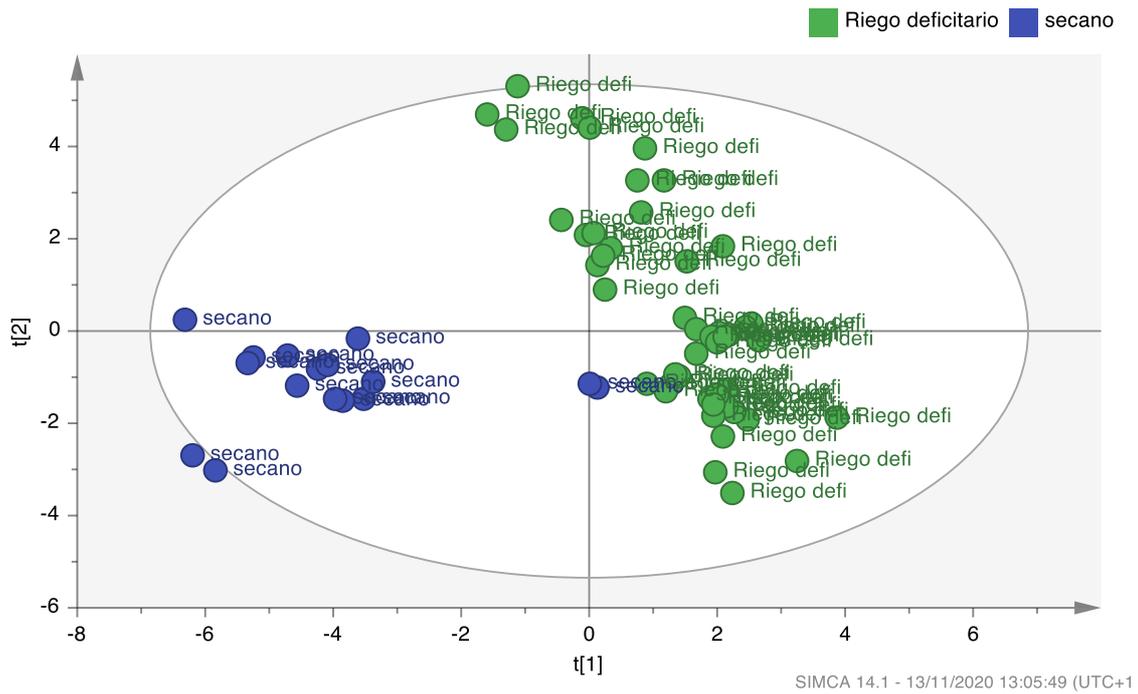
La figura 14 muestra los resultados del PCA de los vinos con diferente estrategia de riego, secano y riego deficitario. En el gráfico de puntuaciones (scores) la PC1 que es la que mejor explica la varianza total, permite diferenciar los procedentes de las parcelas de secano, de los procedentes de las parcelas regadas con riego deficitario.

Observando el gráfico de cargas (loadings) de la Figura 14, se aprecia que los vinos de secano se relacionan con un mayor contenido en ácido decanoico, octanoato, decanoato y hexanoato de etilo, dietil glutarato, ácido hexanoico, 1 propanol. Los vinos procedentes de riego deficitario se relacionan con compuestos como ácido isopentanoico, Benzilalcohol, butirato y acetato de etilo, α -ionona.

La figura 15 muestra los resultados del PCA correspondiente a los vinos con diferente estrategia de riego, respecto a la calidad del agua. En el gráfico de puntuaciones (scores) la PC1 que es la que mejor explica la varianza total, no permite diferenciar los vinos procedentes de uvas regadas con agua de buena calidad de los vinos procedentes de uvas regadas con agua salina a base de sulfatos y cloruros. La PC2 separa ligeramente los vinos elaborados con uvas regadas con agua a base de cloruros de las regadas con agua buena y con agua a base de sulfatos.

Observando el gráfico de cargas (loadings) en la Figura 15, se aprecia que los vinos procedentes del riego con agua a base de cloruros contienen más ácido butírico, butirato y acetato de etilo, cis 3 hexenol, ácido hexanoico, 2 feniletanol.

a)



b)

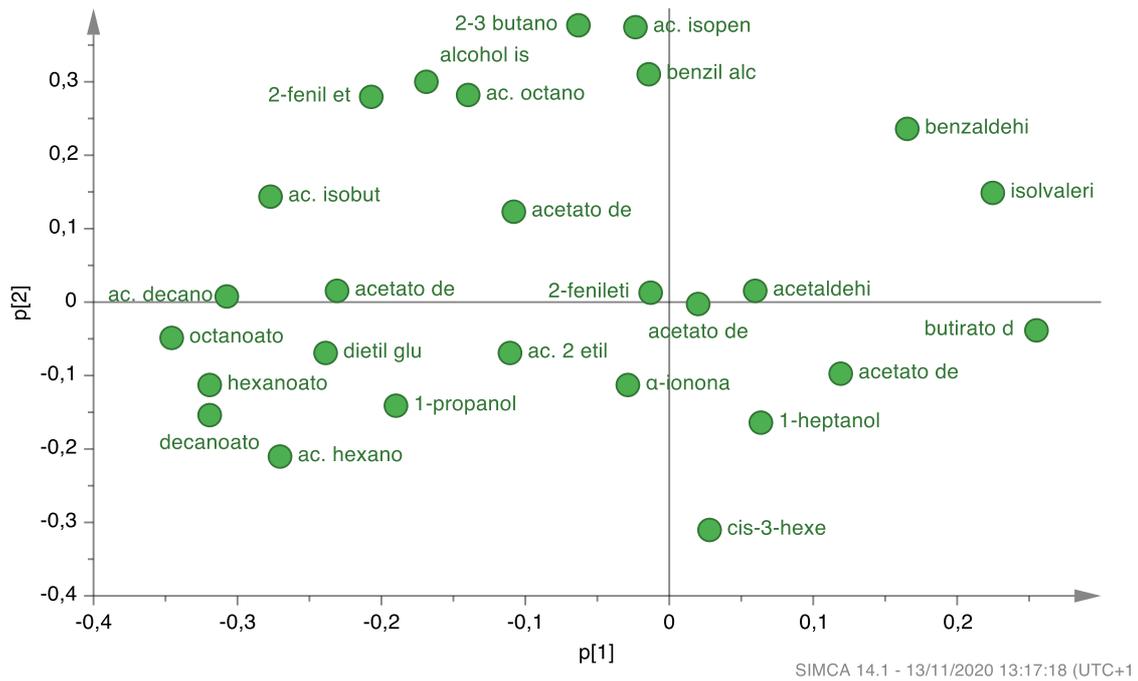
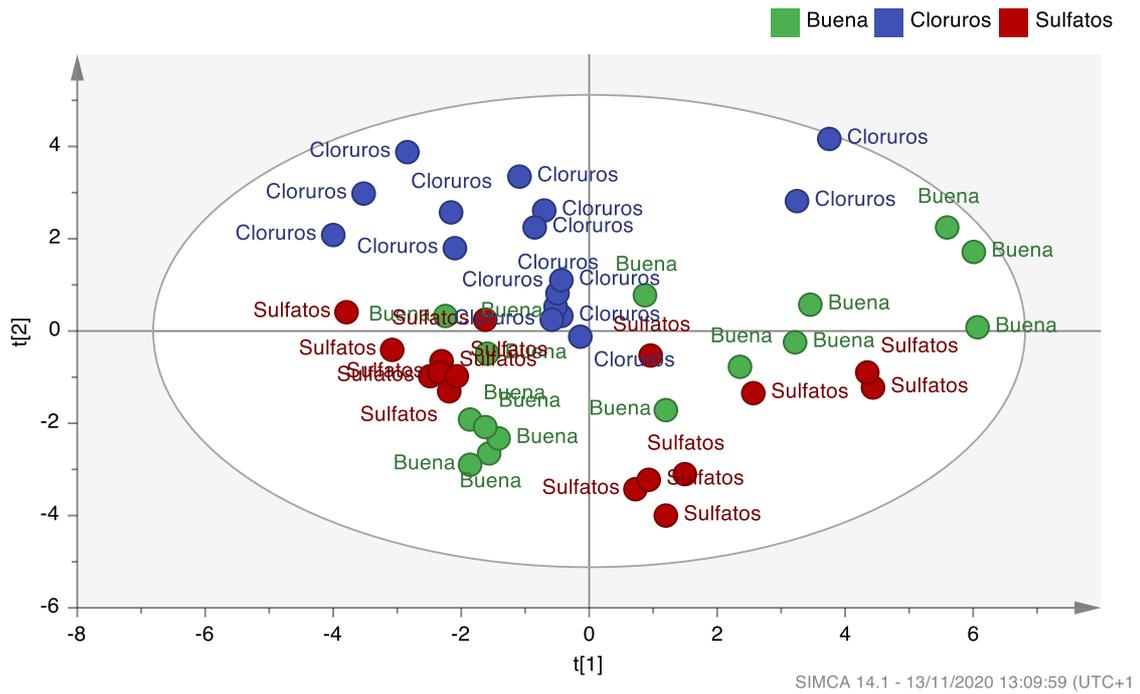


Figura 14. Análisis de Componentes principales (Componente 1 frente a 2) realizado sobre los compuestos volátiles identificados en los vinos procedentes de diferentes estrategias de riego:secano y riego deficitario. a) gráfico de puntuaciones (scores), b) gráfico de cargas (loadings).

a)



b)

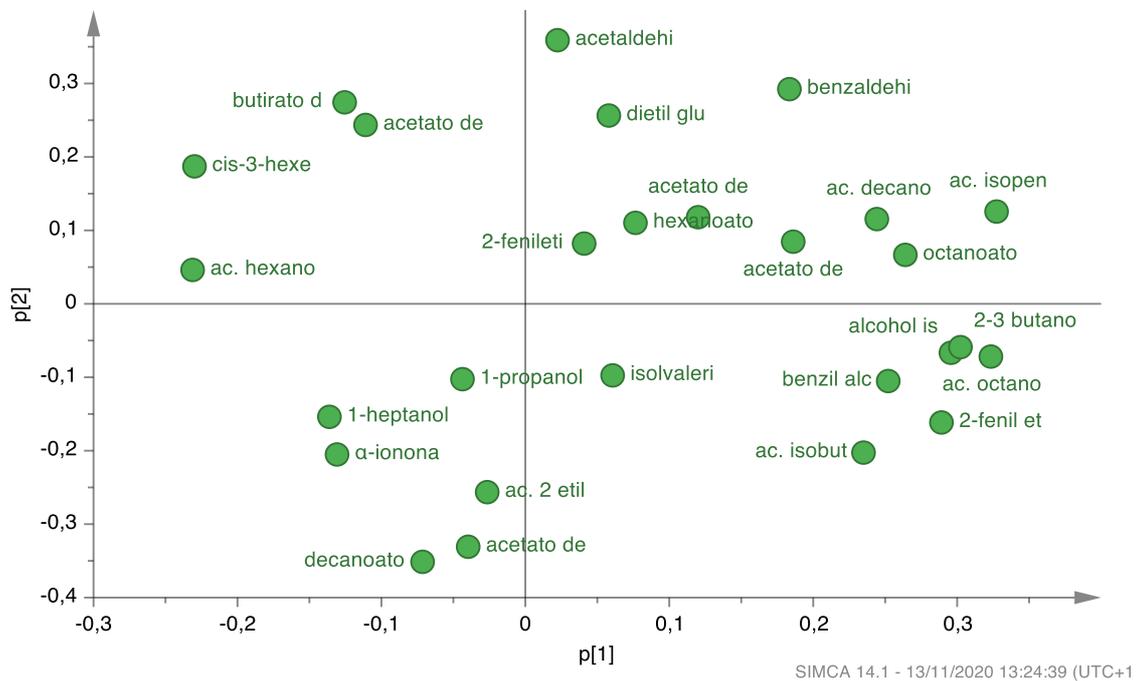


Figura 15. Análisis de Componentes principales (Componente 1 frente a 2) realizado sobre los compuestos volátiles identificados en los vinos procedentes de riego con agua de buena calidad y aguas salinas a base de sulfatos y cloruros. a) gráfico de puntuaciones (scores), b) gráficos de cargas (loadings).

5. CONCLUSIONES

El riego deficitario y la calidad del agua utilizada no afecta significativamente a los parámetros convencionales analizados en los vinos de la variedad Monastrell. Esto puede ser debido a la elevada desviación estándar de los resultados obtenidos de las diferentes parcelas pertenecientes al mismo tratamiento.

Las estrategias de riego utilizadas afectan significativamente a muchos de los compuestos volátiles analizados en los vinos. De forma general, se puede concluir que en los vinos elaborados con las uvas procedentes de secano el contenido total de ácidos, alcoholes, y esteroides es mayor que en los vinos elaborados con las uvas en las que se aplicó riego deficitario.

Los vinos elaborados a partir del riego con agua de buena calidad presentan un contenido total de ácidos mayor. El riego con agua a base de cloruros, permite obtener vinos con el contenido total de esteroides mayor. Por último, cuando se utiliza agua a base de sulfatos para el riego, aumenta el contenido total de alcoholes en los vinos.

El PCA permite diferenciar los vinos de Monastrell procedentes del tratamiento de secano con el tratamiento de riego deficitario, según su composición volátil. Sin embargo, no permite diferenciar los vinos procedentes de uvas regadas con agua de buena calidad de los vinos procedentes de uvas regadas con agua salina a base de sulfatos y cloruros.

El riego es una práctica útil y necesaria en casos en que las condiciones climáticas sean adversas. Los resultados obtenidos sobre la calidad del agua de riego para la mayor parte de los compuestos volátiles analizados, muestran que en general, no se observa un efecto negativo sobre la composición volátil de los vinos elaborados a partir de uvas regadas con aguas salinas, esto tiene una implicación enológica importante.

6. BIBLIOGRAFÍA

- BARREALES, D.; VERDIAL, J.; FELICIANO, M.; CASTRO, J.; RODRIGUES, M.; BLANCO-WARD, D., (2018). Effect of deficit irrigation in the cultivars Touriga Nacional and Touriga Franca (*Vitis vinifera* L.) in the Douro Demarcated Region (Portugal).
- BELANCIC, A.; AGOSIN, E., (2002). Aromas Varietales: Influencia de ciertas prácticas vitícolas y enológicas. Centro Tecnológico de Aromas, Escuela de Ingeniería, Depto. Ingeniería Química y Bioprocesos, Pontificia Universidad Católica de Chile, Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago, Chile.
- BINDON, K.; DRY, P.; LOVEYS, B., (2007). Influence of plant water status on the production of C13-norisoprenoid precursors in *Vitis vinifera* L. Cv. cabernet sauvignon grape berries. *Journal of agricultural and food chemistry*, 55(11), 4493–4500.
- BLINDON, K.; VARELA V.; KENNEDY, J.; HOLT, H.; HERDERICH, M., (2013). Relationship between harvest time and wine composition in *Vitis Vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon. *Grape and wine chemistry. Food Chemistry*, 138, 1696-1705
- BLOUIN J.; GUIMBERTEAU, G., (2004). Maduración y madurez de la uva. Mundi-Prensa. Madrid. 157.
- CACHO, J.F., (2003). El vino, su composición y nuestros sentidos. Discurso de ingreso en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas, Químicas y Naturales de Zaragoza.
- CAO Y.; TIAN Y.; GAO H.; CHEN Q., (2016) Atenuación de los efectos negativos del riego con agua salina en pepino (*Cucumis sativus* L.) mediante aplicación de paja agrícola *Gestión de agua*, 163, págs. 169 - 179
- CHAPMAN, D.M.; ROBY, G.; EBELER, S.E.; GUINARD, J.X.; MATTHEWS, M.A., (2005). Sensory attributes of Cabernet Sauvignon wines made from vines with different water status. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 11, 339–347.
- CHAVES, M.M.; ZARROUK, O.; FRANCISCO, R.; COSTA, J.M.; SANTOS, T.; REGALADO, A.P.; RODRÍGUES, M.L.; LOPEZ, C.M., (2010). Grapevine under

- deficit irrigation hints from physiological and molecular data. *Ann Bot*, n° 105, 661–676.
- CHERAITI, N.; GUEZENEC, S.; SALMON, J. M., (2010). Very early acetaldehyde production by industrial *Saccharomyces cerevisiae* strains: a new intrinsic character. *Appl Microbiol Biotechnol.*, 86, 693-700.
- CORDONIER, R.; BAYONOVE, C., (1974). Mise en évidence dans la baie de raisin, variété Muscat d'Alexandrie, de monoterpènes liés révélables par une ou plusieurs enzymes du fruit. *C.R. Acad.Sci. Paris*, 278, 3397-3390.
- DAI, Z.W.; OLLAT, N.; GOMÈS, E.; DECROOCQ, S., (2011). Ecophysiological, genetic, and molecular causes of variation in grape berry weight and composition: a review. *American Journal of Enology and Viticulture.*, 62, 413–425.
- DEGU, A.; HOCHBERG, U.; WONG, DCJ.; ALBERTI, G.; LAZAROVITCH, N.; PETERLUNGER, E.; CASTELLARIN, SD.; HERRERA, JC.; FAIT, A., (2019) Swift metabolite changes and leaf shedding are milestones in the acclimation process of grapevine under prolonged water stress. *BMC Plant Biology.*, 19, 69.
- EBELER, S.E.; SPAULDING, R.S., (1999). Characterization and measurement of aldehydes in wine. In *Chemistry of Wine Flavor* ed. Waterhouse, A.L. and Ebeler, S.E., 166-179.
- ENGLEZOS, V.; RANTSIOU, K.; CRAVERO, F.; TORCHIO, F.; POLLON, M.; FRACCASSETTI, D.; ORTIZ-JULIEN, A.; GERBI, V.; ROLLE, L.; COCOLIN, L. 2018. Volatile profile of white wines fermented with sequential inoculation of *Starmmerella bacillaris* and *Saccharomyces cerevisiae*. *Food Chemistry*, 257: 350-360.
- FISARAKIS, I.; CHARTZOULAKIS, K.; STAVRAKAS, D., (2001). Response of Sultana vines (*V. vinifera L.*) on six rootstocks to NaCl salinity exposure and recovery. *Agricultural Water Management*, 51, 13–27.
- FUENTES, S.; ACEVEDO, C.O.; FARIAS, S.O., (2010). Effects of grapevine (*Vitis vinifera L.*) water status on water consumption, vegetative growth and grape quality: An irrigation scheduling application to achieve regulated deficit irrigation. *Agricultural Water Management Journal*. 97, 956–964.
- GAMBETTA, GA.; HERRERA, JC.; DAYER, S.; FENG, Q.; HOCHBERG, U.; CASTELLARIN, SD., (2020) The physiology of drought stress in grapevine: towards

- an integrative definition of drought tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 71, 4658 – 4676.
- GARCÍA, E.; IZQUIERDO, P.; CASTILLO, N.; GARCÍA, L., (2011). Contenido de Lactonas en los vinos. Instituto de la Vid y el Vino de Castilla-La Mancha. IVCM/2011/GLACTON.
- GUNATA ET AL., (1985); STRAUSS ET AL., (1988); VOIRIN ET AL., (1992). Hydrolysis of terpenyl glycosides in grape juice and other fruit juices: a review. *Applied microbiology and biotechnology*, 67, 322–335.
- HERNANDEZ-ORTE, N.; LOSCOS, P.; CACHO, J.; FERREIRA, V., (2007). Release and formation of varietal aroma compounds during alcoholic fermentation from nonfloral grape odorless flavor precursors fractions. *Journal of agricultural and food chemistry*, 55(16), 6674–6684.
- HIDALGO TOGORES, J., (2006). *La calidad del vino desde el viñedo*. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. 389.
- HIDALGO TOGORES, J.; HIDALGO, L., (2011). *Tratado de viticultura. TOMO I y II*. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. 2065 pp.
- HIDALGO, L., (2002). *Tratado de Viticultura General (3a ed.)*. Ed. Mundi-Prensa S.A., Madrid.
- JACKSON, D.I.; LOMBARD, P.B., (1993). Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality. *American Journal of Enology and Viticulture.*, 44 (4), 409-430.
- LAURENSEN, 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.
- LIU, W.; YE, W.; ZHIHAO, Z.; HONG, Z.; LINGGANG, K.; SHIYUAN, M.; CHENG-DONG, S.; HUATIAN, W.; FENGYUN, M., (2020). Irrigation with magnetically treated saline water influences the growth and photosynthetic capability of *Vitis vinifera* L. seedlings. *Sci. Hortic.*, 262, Article 109056
- LÓPEZ-TAMAMES, E.; CARRO-MARIN, N.; ZIYA, Y.; SAPIS, C.; BAUMES, R.; BAYONOVE, C., (1997). Potential Aroma in Several Varieties of Spanish Grapes. Institut National de la Recherche Agronomique.
- LOSÇOS, N.; HERNANDEZ-ORTE, P.; CACHO, J.; FERREIRA, V., (2007). Release and formation of varietal aroma compounds during alcoholic fermentation from

- nonfloral grape odorless flavor precursors fractions. *Journal of agricultural and food chemistry*, 55(16), 6674–6684.
- MATTHEWS, M.A.; ANDERSON, M.M.; SCHULTZ, H.R., (2015). Phenologic and growth responses to early and late season water deficits in Cabernet franc. *Journal of Grapevine Research*, 26, 147-160.
- MEDRANO, H.; ESCALONA, J.M.; FLEXAS, J., (1999). “Contribution of different levels of plant canopy to total carbon assimilation and intrinsic water use efficiency of Manto Negro and Tempranillo grapevines”, *Acta Hort.* 493, 260-262.
- MIRÁS-ÁVALOS, J.M.; INTRIGLIOLO, D.S., (2017). Grape Composition under Abiotic Constraints: Water Stress and Salinity. *Front. Plant Sci.* 8:851.
- MUNNS, R.; TERMAAT, A., (1986). Whole plant responses to salinity. *Australian Journal of Plant Physiology*, 13, 143–160.
- NETZER, Y.; SHENKER, M.; SCHWARTZ, A., (2014). Effects of irrigation using treated wastewater on table grape vineyards: dynamics of sodium accumulation in soil and plant *Irrig Sci* 32: 283.
- ORTEGA, C.; LÓPEZ, R.; CACHO, O.; FERREIRA, V., (2001). Fast analysis of important wine volatile compounds, Development and validation of a new method based on gas chromatographic–flame ionisation detection analysis of dichloromethane microextracts. *Journal of Chromatography*.
- OSORIO, A.; CÉSPED, R., (2000). Efecto de métodos de riego localizado en la salinidad del perfil de suelo en vid de mesa.: conductividad eléctrica, sodio, cloro y boro en distintos puntos del perfil. *Agricultura Técnica*, 60(2), 178-194.
- PALAI, G.; CARUSO, G.; GUCCI, R.; D'ONOFRIO, C., (2022). Deficit irrigation differently affects aroma composition in berries of *Vitis vinifera L.* (cvs Sangiovese and Merlot) grafted on two rootstocks. *Australian Journal of Grape and Wine Research*.
- PASCUAL, O.; GONZÁLEZ-ROYO, E.; GIL, M.; GÓMEZ-ALONSO, S.; GARCÍA-ROMERO, E.; CANALS, J. M.; ZAMORA, F., (2016). Influence of Grape Seeds and Stems on Wine Composition and Astringency. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64 (34), pp 6555–6566.
- PRIOR, L.D.; GRIEVE, A.M.; SLAVICH, P.G.; AND CULLIS, B.R., (1992b). Sodium chloride and soil texture interactions in irrigated field grown Sultana grapevines.

- III. Soil and root system effects. *Australian Journal of Agricultural Research*, 43, 1085–1100.
- PRIOR, L.D.; GRIEVE, A.M.; SLAVISH, P.G.; GULLIS, P.R., (1992). Sodium chloride and soil texture interactions in irrigated field grown Sultana grapevines. II. Plant mineral content, growth and physiology. *Aust. J. Agric. Res.* 43, 1067–1084.
- RISTIC, R., (2010). ‘Flavonoids and C13-norisoprenoids in *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz: relationships between grape and wine composition, wine colour and wine sensory properties’, *Australian journal of grape and wine research.*, 16(3).
- ROMERO, P.; BOTÍA, P.; DEL AMOR, FM.; GIL-MUÑOZ, R.; FLORES, P.; NAVARRO, JM., (2019) Interactive effects of the rootstock and the deficit irrigation technique on wine composition, nutraceutical potential, aromatic profile, and sensory attributes under semiarid and water limiting conditions *Agricultural Water Management*, 225, 105733.
- RIU-AUMATELL M., (2005). New strategies for enhancing the organoleptic quality of sparkling wine AGL2011-23872.
- SÁNCHEZ, M. E. V., CRESPO, J. V., & SÁNCHEZ, J. R. C. (2014). Influencia de diferentes tratamientos de riego sobre la composición volátil de vinos elaborados con las variedades blancas “Cigüente” y “Verdejo”. In *I Jornada del Grupo de Viticultura y Enología: Comunicaciones, Logroño, 19 y 20 de noviembre, 2014* (pp. 297-302). SECH (Sociedad Española de Ciencias Hortícolas).
- SHANI, U.; WAISEL, Y.; ESHEL, A.; XUE, S.; ZIV, G., (1993). Responses to salinity of grapevine plants with split root system. *New Phytologist*, 124, 695–701
- S, R.M.; HARVEY, G., (1995). Effects of waterlogging, rootstock and salinity on Na, Cl and K concentrations of the leaf and root, and shoot growth of Sultana grapevines. *Australian Journal of Agricultural Research*, 46, 541–551.
- SONG, J.; SHELLIE, KC.; WANG, H.; Y QIAN, MC., (2012) Influencia del riego deficitario y la película de partículas de caolín en la composición de la uva y los compuestos volátiles en la uva Merlot (*Vitis vinifera* L.). *Química alimentaria* 134, 841 – 850.
- WALKER, R.R.; BLACKMORE, D.H.; CLINGELEFFER, P.R.; CORRELL, R.L., (2002). Rootstock effects on salt tolerance of irrigated field-grown grapevines (*Vitis vinifera* L. cv. sultana). I. Yield and vigour inter-relationships. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 8, 3–14.

- WALKER, R.R.; BLACKMORE, D.H.; CLINGELEFFER, P.R.; HOLT, H.; PEARSON, W.; FRANCIS, I.L., (2019). Effect of rootstock on yield, grape composition and wine sensory attributes of Shiraz grown in a moderately saline environment. *Aust. J. Grape Wine Res.*, 25, 414-429.
- ZARROUK, O., (2012). Impact of irrigation regime on berry development and flavonoids composition in Aragonez (*Syn. Tempranillo*) grapevine. *Agricultural Water Management*, 114, 18– 29.